

UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS.

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.



Trabajo de Diploma

Título: Acciones de mejora para la mitigación de riesgos en el proceso de Gestión de mantenimiento en el UEB Combinado Cubanacan de Villa Clara.

Autora: Yesenia Goya Rodríguez

Tutor: Dr. Aramis Alfonso Llanes.

Santa Clara, 2017

Pensamiento

“Por más difícil que se nos presente una situación, nunca dejemos de buscar la salida, ni de luchar hasta el último momento. En momentos de crisis, sólo la imaginación es más importante que el conocimiento”.

Albert Einstein

Dedicatoria

*A mi mama y mi papa por estar siempre a mi lado apoyándome y dándome
todo su amor.*

*A mis abuelos, a mi tía Glendy y mi hermana Glenmary que entregaron
todo su cariño sin nada a cambio.*

A mi hermano Johan por creer en mí y apoyarme en todo momento.

A mi novio Waldo por su amor y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a:

Alguien que sin él no hubiera podido cumplir mis sueños, Dios

Mi tutor: Aramis Alfonso Llanes por toda su dedicación y atención, sin él éste trabajo no sería posible.

Mi familia, principalmente a mis padres, mis hermanos y mis abuelos, por su amor, dedicación y apoyo en todo momento

Mi novio y su familia que sin su ayuda no hubiera podido terminar mi tesis de pregrado

Mis tías Pastora y Glendy por brindarme todo su apoyo y su amor.

Mi familia que, aunque estén tan lejos de una forma u otra me ha apoyado y me han dado todo su amor

Mi otro papá Yusik por brindarme todo su amor y cariño en todos momentos

Todo el personal de la Empresa de Bebidas y Refrescos de Camajuaní por entregarme con mucho esmero toda la información y su apoyo para lo que hiciera falta

Mis amistades en especial Roxana y Beatriz que de una forma u otra tuvieron que ver con mi tesis

Resumen

RESUMEN

La selección de las acciones encaminadas a la mitigación de los riesgos existentes en los diferentes procesos desarrollados en las empresas ha sido un tema de estudio que ha tomado mucho auge en la actualidad. Por tanto, la presente Tesis muestra un procedimiento que permite definir acciones de mejora en el proceso de gestión de mantenimiento en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Combinado Cubanacan, perteneciente al Empresa de Bebidas y Refrescos de Villa Clara, en función de la combinación de los elementos característicos del análisis de riesgo. La tesis contiene, también, una revisión bibliográfica que aborda las generalidades sobre la gestión de mantenimiento y el análisis de riesgo, así como las técnicas más utilizadas para estos fines. Finalmente, la aplicación práctica de la propuesta, en el proceso de gestión de mantenimiento de la entidad objeto de estudio práctico de la investigación, permitió definir las acciones preventivas a aplicar para mitigar el riesgo asociado a cada modo de fallo, el responsable de su realización y la frecuencia de la ejecución de las mismas. Todo ello ofrece solución al problema de la investigación.

Abstract

ABSTRACT

The selection of actions aimed at mitigating the existing risks in the different processes developed in companies has been a topic of study that has taken a lot of momentum at the present time. Therefore, the present thesis shows a procedure that allows to define actions of improvement in the process of maintenance management in the Business Unit of Base (UEB) Combined Cubanacan, pertaining to the Company of Drinks and Refreshments of Villa Clara, depending on the combination of the characteristic elements of the risk analysis. The thesis also contains a bibliographic review that addresses the generalities about maintenance management and risk analysis, as well as the techniques most used for these purposes. Finally, the practical application of the proposal, in the process of maintenance management of the entity object of a practical study of the investigation, allowed to define the preventive actions to be applied to mitigate the risk associated to each mode of failure, the person responsible for its realization and the frequency of execution thereof. All this offers a solution to the research problem.

Índice

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.1 Generalidades sobre el mantenimiento	6
1.1.1 Evolución histórica del mantenimiento	8
1.2 Gestión del mantenimiento	12
1.3 Políticas de mantenimiento. Sus filosofías	14
1.3.1 La selección de la política de mantenimiento a aplicar en la empresa	17
1.3.2 Aspectos generales sobre la selección del tipo de mantenimiento en Cuba	19
1.4 Generalidades sobre el Análisis de riesgos	19
1.4.1 Análisis de riesgo y definiciones matemáticas	22
1.4.2 Técnicas para la identificación y/o evaluación de riesgos	24
1.5 Mantenimiento basado en el riesgo	29
1.5.1 Mantenimiento basado en el riesgo en Cuba	30
1.6. Conclusiones parciales	30
CAPÍTULO 2: PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORAS EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL ANÁLISIS DE RIESGO	32
2.1 Caracterización del procedimiento general para la toma de decisiones vinculada a la definición de acciones de mejora en el proceso de Gestión de mantenimiento	32
2.2 Caracterización de la empresa objeto de estudio	47
2.2.1 Caracterización del área de mantenimiento	48
2.2.2 Deficiencias principales del sistema de mantenimiento actual	49
2.3 Aplicación práctica del procedimiento seleccionado	49
2.3.1 Fase 1. Inicio o preparación	50
2.3.2 Fase 2. Realizar el desglose de los procesos	50
2.3.3 Fase 3. Realizar el análisis de riesgo	50
2.3.4 Fases 4 y 5. Evaluación de riesgos y determinación de las acciones de mejora	53
2.4 Conclusiones parciales	54

Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Referencias bibliográficas	56
Anexos	69

Introducción

INTRODUCCIÓN

El mundo empresarial de hoy, depende de un continuo y eficiente desarrollo de sus recursos humanos, para que sean portadores de una alta profesionalidad en su desempeño. Teniendo en cuenta que para obtener un buen servicio se necesita cumplir con una serie de factores fundamentales, que los cuales facilitan la reanimación y modernización de la producción nacional y se encuentra urgida en el perfeccionamiento de su gestión de mantenimiento como parte de la formación de un sistema de calidad total, que le permita satisfacer las exigencias de la sociedad y los consumidores para enfrentar los retos de la competencia. Por lo tanto, es necesario mantener todos los activos fijos en condiciones óptimas de explotación cumpliendo los estándares establecidos para satisfacer los clientes.

El mantenimiento es una de las actividades más destacadas en las empresas, por lo que han ocurrido disímiles de cambios en ella que quizás más que cualquier otra disciplina gerencial, ya que en su desarrollo se observa una creciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan la seguridad y el medio ambiente, la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto y la presión por alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener limitado el costo. Es por eso que varios autores (Batista Rodríguez, 2000; Dunn, 2002; Torres, 2005; Cuartas Pérez, 2008; Mora Gutiérrez, 2009; Pérez Borrajo, 2014; Broche Hernández, 2015; Castellanos López, 2015; Pérez González, 2016; Troya Jorge, 2016), coinciden en que el objetivo del mantenimiento se caracteriza por ser medible y cuantificable; el mismo garantiza la competitividad de la empresa por medio de: asegurar la máxima disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones, cumpliendo con los requisitos del sistema de calidad de la empresa y con todas las normas de seguridad y medio ambiente, al óptimo costo-eficaz o máximo beneficio global.

Según De la Paz Martínez (2015), mantenimiento no es más que la integración de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad durante su ciclo de vida.

La naturaleza de los procesos industriales y operacionales, donde se incluye la función de mantenimiento, implican riesgos de accidentes, que deben identificarse y evaluarse para implantar las medidas que eviten la ocurrencia de los mismos o que minimicen las consecuencias asociadas a dichos riesgos. El constante incremento del costo de equipos, primas de seguros, además de posibles pérdidas humanas por incidentes, ha aumentado el ímpetu de la industria hacia objetivos de prevención de riesgos (Chapman y Ward, 2003; Romeral y Torres Gallego,

2008; Herazo Aguas, 2009; Hu y otros, 2009; Seyedshohadaie y otros, 2010; Enciso y Casares, 2011; Kumar y Maiti, 2012; Ospino Ibarra y Sabogal Valdez, 2012; Brennan, 2013; Diamantoulaki y Angelides, 2013; Pérez Borrajo, 2014; Broche Hernández, 2015; Jamshidi y otros, 2015; Dickerson y Ackerman, 2016; Pérez González, 2016).

El análisis de riesgos es uno de los elementos fundamentales a tomar en cuenta en las empresas ya que puede traer consecuencias dañinas al entorno empresarial, a la comunidad y al planeta. Siendo ya identificado y clasificados los riesgos, pasamos a realizar el análisis de los mismos, es decir, se estudia la posibilidad y las consecuencias de cada factor de riesgo con el fin de establecer el nivel de riesgo de nuestro proyecto. El mismo determinará cuáles son los factores de riesgo que potencialmente tendrían un mayor efecto sobre nuestro proyecto y, por lo tanto, deben ser gestionados por el emprendedor con especial atención (De la Paz Martínez y Espinosa Pedraja, 2006; Ospino Ibarra y Sabogal Valdez, 2012; Brennan, 2013; Giraldo y Augusto, 2014; Hu y Zhang, 2014; Broche Hernández, 2015; Pérez González, 2016).

El mantenimiento basado en el análisis de riesgo, es una técnica cuantitativa de análisis basado en la economía, establece el valor relativo de las distintas tareas de mantenimiento y sirve como herramienta de mejora continua. El mismo determina las oportunidades de mejora incremental, eliminando las tareas de bajo valor e introduciendo tareas dirigidas a los aspectos de alto riesgo comercial. El mantenimiento basado en el análisis de riesgo evalúa el riesgo comercial actual y analiza los costos y beneficios de las medidas para mitigar los fallos, además de su mayor sencillez de aplicación, lo que hace que se aplique con éxito (Fernández Llanes, 2011; Aguilar del Oro, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Betancourt Montero, 2016; Mariani, 2016).

El mantenimiento en Cuba actualmente, ha sido considerado como una actividad auxiliar, postergado a un segundo plano y aislado del resto de las áreas estratégicas de la empresa; además se ha minimizado su efecto decisivo en variables que definen la competitividad empresarial como el costo, el tiempo de entrega y la calidad. El Perfeccionamiento Empresarial ha buscado introducir procesos de cambio en todas las esferas de actuación de las organizaciones y bajo estas condiciones emerge el mantenimiento industrial como un proceso con potencialidades para influir positivamente en la competitividad de las empresas (Alfonso Llanes, 2009; Rodríguez Díaz, 2014) .

Desde del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba en mayo del 2011, se ponen en vigor los lineamientos que regirán la política económica y social del país, donde se trata el mantenimiento en 16 de ellos. Los lineamientos 15, 16, 59, 81, 110, 117, 198, 209 y 218 proponen como objetivos fundamentales (PCC, 2011):

- ✓ Priorizar la actividad del mantenimiento en el país.
- ✓ Aumentar la fabricación y recuperación de piezas de repuesto.
- ✓ Potenciar los servicios de reparación y mantenimiento.
- ✓ Vincular el mantenimiento y las reparaciones con el uso eficiente de la energía.
- ✓ Cumplir con los planes y metas con eficiencia.
- ✓ Mostrar sostenidamente sus balances financieros eliminando sus pérdidas.
- ✓ Garantizar las actividades previstas sin afectar la calidad.
- ✓ Planificar y ejecutar con prioridad las inversiones hacia los equipos más importantes.
- ✓ Fomentar una adecuada infraestructura técnica.
- ✓ Potenciar la capacidad de diseño del equipamiento.

En el año 2016 a partir del VII Congreso del PCC, se presentan el Proyecto de Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y el Proyecto Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030, en el cual se aborda sobre el mantenimiento lo siguiente (PCC, 2016):

- ✓ Materializar un eficiente funcionamiento mediante el mantenimiento a los medios de producción.
- ✓ Planificar la actividad de mantenimiento para la disponibilidad de los equipos.
- ✓ Realizar el control, en especial de tipo preventivo para posibilitar la corrección de desviaciones, efectuar oportunamente los reajustes necesarios y la adopción de las medidas pertinentes.
- ✓ Recuperar, preservar, modernizar y ampliar en general la infraestructura.
- ✓ Estimular la participación de la inversión extranjera y nacional en el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura del país.
- ✓ Fomentar el desarrollo de reparación y mantenimiento de forma tal que contribuya a la competitividad, la calidad y a la reducción de costos.

Luego de haber ocurrido lo mencionado anteriormente se ha logrado que las empresas cubanas sean más competitivas y capaces de adaptarse a cualquier cambio que pueda ocurrir en su entorno. Los servicios de mantenimiento funcionan con resultados falsos y a un costo elevado incluyendo el dinero, el esfuerzo del personal, las horas extras realizadas, la mayor cantidad de materiales y repuestos, en fin, la falta de objetivos estables, despejados y conocidos encarece la gestión del área (Rodríguez Díaz, 2014; Velazquez Pérez, 2014; De la Paz Martínez, 2015; Sosa Martínez, 2016) .

El sector empresarial de alimento está inmerso en un proceso de crecimiento acelerado en la satisfacción del cliente. Por otra parte, se debe tener en cuenta que la economía nacional se

encuentra urgida en el perfeccionamiento de su gestión de mantenimiento, como parte de la implantación de un sistema de calidad total. Lo anterior permitirá satisfacer las exigencias de la sociedad y los consumidores para enfrentar los retos de la competencia.

En la UEB Combinado “Cubanacan” (tomada como objeto de estudio y localizado en el municipio de Camajuaní), donde se conoce que se encuentra inmersa en un proceso de perfeccionamiento empresarial desde el año 2002, el cual le permite gestionar de una forma más rigurosa sus procesos productivos y por ende mantener sus producciones con un nivel de calidad requerido. A pesar de ello, se conoce un grupo de limitaciones que conduce a la necesidad del planteamiento de una nueva propuesta que supere estas restricciones y contenga sus fortalezas. A continuación, se presentan las limitantes fundamentales presentadas en el área de mantenimiento de la empresa:

- ✓ Incumplimiento del plan de mantenimiento que se planifica mensualmente ya que existe la carencia de algunas de las piezas de repuestos para eso equipos que son de tecnología obsoleta, reconociéndose que los mismos son atendidos solo cuando presentan fallas considerables, sin analizarlos de forma independiente.
- ✓ Debido a la naturaleza de los productos elaborados en la empresa los problemas con el mantenimiento generan riesgos para la salud humana y el medio ambiente. En el último año se han producido dos accidentes y se ha generado un escape de sustancias tóxicas (amoníaco) al medio ambiente por encima de los niveles establecidos como consecuencia de fallas en el equipamiento.
- ✓ Aumento de los costos de mantenimiento en un 10% con respecto al año anterior debido a la ineficacia del sistema de mantenimiento implantado en la empresa.

Lo expuesto anteriormente provoca una disminución de la disponibilidad de sus recursos, disminución en el estímulo de los trabajadores del área de mantenimiento, demoras en los plazos de entrega de los pedidos, y deterioro de la relación con sus clientes tanto interno y como externos, debido a que se reduce la reputación de la organización.

Siendo lo anterior la **situación problemática** identificada en la organización, que permite fundamentar la investigación a desarrollar y conduce al **problema de investigación** siguiente: ¿Cómo contribuir al mejoramiento del proceso de Gestión de mantenimiento en la UEB Combinado Cubanacan?

El **objetivo general** de la investigación consiste en: proponer las acciones de mejora al proceso de Gestión de mantenimiento en la UEB Combinado “Cubanacan”, a través de la metodología del Análisis de riesgos.

De la misma se derivan los **objetivos específicos** siguientes:

1. Identificar el procedimiento a emplear para definir las acciones de mejora al proceso de Gestión de mantenimiento, a partir del estudio de los elementos principales sobre esta función y el Análisis de riesgo, tratados en el marco teórico-referencial de la investigación.
2. Implementar el procedimiento seleccionado para definir las acciones de mejora del proceso Gestión de mantenimiento en la empresa objeto de estudio.

El **valor social** de la investigación radica en su contribución al cubrimiento de los compromisos sociales de la empresa (aseguramiento a centros educacionales, instituciones asistenciales de salud y la sociedad en su conjunto), y a la disminución del número de accidentes laborales y de las afectaciones medioambientales resultantes de mantenimientos deficientes realizados al equipamiento. El **aporte práctico** radica en la factibilidad y pertinencia demostrada de poder implementar el procedimiento propuesto, con resultados satisfactorios y de perspectiva alentadora para su continuidad, en el objeto del estudio práctico seleccionado. El **valor económico** radica en la reducción de los costos de mantenimiento, aumentar la liquidez de la empresa, y además proporcionar las herramientas de gestión que permita aumentar la movilidad y comercialización de piezas de repuesto y tecnologías que no son utilizados para acometer los planes constructivos actualmente.

El trabajo se encuentra estructurado de la forma siguiente: el Capítulo 1 recoge toda la fundamentación teórica de la investigación para llegar a una conceptualización de las definiciones, elementos y tendencias principales del campo objeto de estudio y en el Capítulo 2 se ilustra la caracterización general de la Empresa de Refrescos y Bebidas de Villa Clara y la aplicación de la propuesta en la empresa objeto de estudio; además, se incluyen un grupo de conclusiones y recomendaciones que resaltan los principales resultados obtenidos en la investigación y que contribuye al desarrollo de trabajos futuros. Finalmente se expone un grupo de anexos de necesaria inclusión para fundamentar, destacar y facilitar la comprensión de los aspectos de mayor complejidad tratados en el cuerpo del documento.

Capítulo 1

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo fundamental realizar una revisión bibliográfica de los aspectos relacionados con la Gestión de Mantenimiento y el Análisis de riesgos, para así crear una base que sustente teóricamente el desarrollo de la investigación y facilitar una mejor comprensión de los temas que se tratarán. Para cumplir con este objetivo se elaboró el hilo conductor que se muestra en la Figura 1.1 lo que permitirá hacer un análisis explícito del estado del arte en la investigación y de la factibilidad de manifestación de la práctica sobre la gestión del mantenimiento. Este capítulo enfatiza el valor y el significado en lo teórico-práctico que tiene la determinación de los sistemas de mantenimiento que se le pueden dar a los diferentes equipamientos de la organización teniendo en cuenta un análisis de los riesgos y fallos.

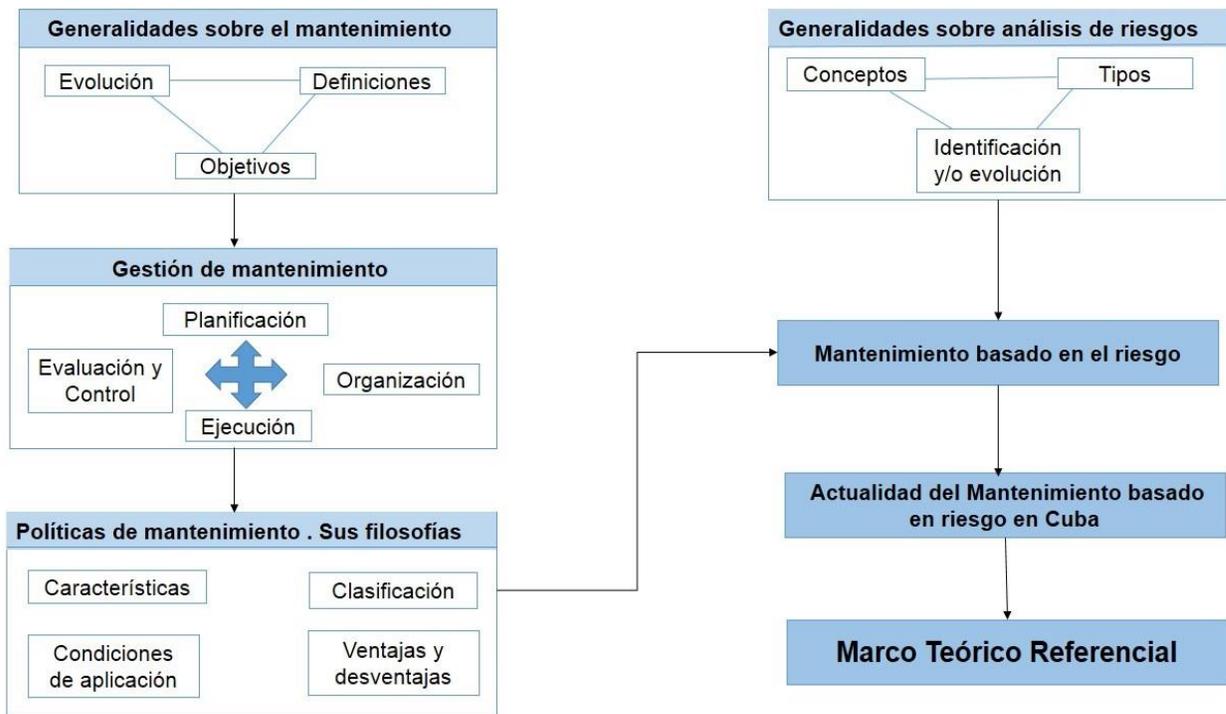


Figura 1.1. Estrategia seguida para la construcción del marco teórico referencial de la investigación.

1.1 Generalidades sobre el mantenimiento

El mantenimiento tiene como misión implementar y mejorar en forma continua la estrategia del mismo para asegurar el máximo beneficio a los clientes mediante prácticas innovadoras y seguras. El mismo se basa en una serie de principios como: respeto para todos los empleados y funcionarios, buen liderazgo, trabajo en equipo compartiendo responsabilidades, compromiso con la seguridad y medio ambiente, propiciar ambiente de responsabilidad donde se desarrolle

conocimientos y habilidades. La finalidad del mantenimiento es mantener operable el equipo e instalación y restablecer el equipo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para alcanzar la máxima productividad; por lo tanto, incide en la calidad y cantidad de la producción. En resultado, la finalidad del mantenimiento es ofrecer la máxima capacidad de producción a la planta, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones.

El término mantenimiento ha sido expresado en diferentes libros, revistas y otros documentos con puntos de vista similares y pequeñas diferencias o adaptaciones al caso de la empresa u organización de que se trate. Dentro del concepto de mantenimiento, se han hecho investigaciones durante el pasado y presente siglo, que han determinado distintos estilos o filosofías de mantenimiento, las cuales han proporcionado y determinado como debe ser la aplicación y la administración de procesos básicos como la reparación, inspección y monitoreo de equipos y componentes.

La definición del término mantenimiento ha sido expresada en diferentes publicaciones impresas y electrónicas con puntos de vista similares y pequeñas diferencias o adaptaciones al caso de la empresa u organización de que se trate. Varios son los estudios realizados (De La Paz Martínez, 1996; Sánchez Sánchez, 1999; Batista Rodríguez, 2000; Aguilera Martínez, 2001; Dunn, 2002; Alkaim, 2003; Fabro, 2003; García González-Quijano, 2004; Borroto Pentón, 2005) en los cuales se hace una caracterización del largo camino recorrido en el desarrollo del concepto de mantenimiento, en los que se definen las particularidades y elementos comunes de cada propuesta, así como sus objetivos, tareas y funciones.

Independientemente de la definición que se utilice, se percibe que los conceptos citados utilizan las expresiones “mantener”, “restablecer”, “conservar”, “restaurar” o “preservar” la función pretendida del activo hasta el estándar de funcionamiento deseado por sus usuarios. La autora se identifica con el concepto presentado por De la Paz Martínez (2015) que proporciona una visión más integral de esta actividad, en consonancia con la dimensión que ha alcanzado esta función en la actualidad y con su impacto en el entorno empresarial, dígase: mantenimiento es la integración de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad durante su ciclo de vida.

El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y a la vez utilizando las mejores condiciones técnica, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del contexto operacional en el que se encuentra el sistema. Por lo que, en cualquiera empresa, el mantenimiento debe cumplir dos objetivos fundamentales: reducir costos de producción y garantizar la seguridad industrial. De acuerdo con varios autores (Torres, 2005; Chusin, 2008; De la Paz Martínez, 2015; Céspedes Hernández, 2016; Heredia Almaguer, 2016) se han definido los objetivos de mantenimiento que se pueden concretar de forma general en:

1. Garantizar la máxima disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones.
2. Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
3. Cumplir todas las normas de seguridad para evitar accidentes y mantener la conservación del medio ambiente.
4. Maximizar la productividad y eficiencia.
5. Prolongar la vida útil económica de los activos fijos.
6. Conseguir estos objetivos a un costo razonable.

Estos objetivos son los más probables dentro de una industria, estarían asegurando la disponibilidad de equipo y las instalaciones con una mayor confiabilidad de la misma y con el menor costo posible.

1.1.1 Evolución histórica del mantenimiento

A partir de la historia del mantenimiento como parte estructural de las empresas, viene desde la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos (Mora Gutiérrez, 2012). Durante los últimos veinte años, el mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben principalmente al enorme aumento en número y variedad de los activos físicos que deben ser mantenidos en todo el mundo, a la elaboración de diseños más complejos, al uso de nuevos métodos de mantenimiento, y a la existencia de una óptica cambiante en la organización de esta actividad y sus responsabilidades (Mora Gutiérrez, 2009; Wang, 2010; Kennedy, 2015; Marín y otros, 2015). Se hace necesario el análisis del papel protagónico que desempeña en una organización, incidiendo en diversos factores como costo de producción, calidad del producto o servicio, capacidad operacional, capacidad de la empresa como un ente organizado, seguridad e higiene industrial, calidad de vida del personal y útil del equipo e imagen y seguridad ambiental.

El desarrollo vertiginoso de la tecnología ha planteado la necesidad de cambiar las filosofías tradicionales de trabajo, y ha propiciado la aparición de una visión que pondera los resultados

del mantenimiento en logro de la competitividad empresarial. Varios autores (Moubray, 1997; Alkaim, 2003; Cardoso de Morais, 2004; Jaramillo y otros, 2004; Amaris Arias, 2006) consideran los cambios acontecidos a través de tres generaciones, las cuales representan cómo han venido creciendo las expectativas respecto al desempeño del mantenimiento, la visión de la naturaleza de los fallos, del equipamiento y las mejores prácticas utilizadas en una época determinada; sin embargo, existe un grupo de autores (García González-Quijano, 2004; González Fernández, 2007) referenciados en Alfonso Llanes (2009) y Rodríguez Díaz (2014) que plantean que a los desarrollos en la tercera generación del mantenimiento se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías, de tal forma que ya se podía relacionar como una cuarta generación del mantenimiento; mientras que otros autores (García Garrido, 2010; López García, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Castellanos López, 2015; Pérez González, 2016; Sosa Martínez, 2016; Céspedes Hernández, 2016) ya hablan de una quinta generación. A continuación, se detallan las características fundamentales de cada una de las generaciones a través de las cuales se ha venido desarrollando el mantenimiento.

Primera generación

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

Segunda generación

La Segunda Guerra Mundial provocó un fuerte aumento de la demanda de toda clase de bienes. Este cambio, unido al acusado descenso en la oferta de mano de obra que causó la guerra, aceleró el proceso de mecanización de la industria. Conforme aumentaba la mecanización, la industria comenzaba a depender de manera crítica del buen funcionamiento de la maquinaria. Esta dependencia provocó que el mantenimiento se centrara en buscar formas de prevenir los fallos y, por tanto, de evitar o reducir los tiempos de parada forzada de las máquinas. Con este nuevo enfoque del mantenimiento, apareció el concepto de mantenimiento preventivo. En la década de los 60, éste consistía fundamentalmente en realizar revisiones periódicas a la maquinaria a intervalos fijos. Además, se comenzaron a implementar sistemas de control y

planificación del mantenimiento con el objetivo de controlar el aumento de los costos de mantenimiento y planificar las revisiones a intervalos fijos.

La segunda generación perseguía como objetivos: mayor disponibilidad de la planta, mayor vida de los equipos, y menor costo. Todo ello generó la planificación del mantenimiento, sistemas de control para el mantenimiento y la incorporación de la informática al mantenimiento a través de grandes ordenadores.

Tercera generación

Esta generación se inicia a mediados de la década de los setenta, cuando se aceleraron los cambios, a raíz del avance tecnológico y de las nuevas investigaciones. La mecanización y la automatización siguieron aumentando, se operaba con volúmenes de producción muy elevados, cobraban mucha importancia los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción, alcanzó mayor complejidad la maquinaria y aumentó nuestra dependencia de ellas, se exigían productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolidó el desarrollo del mantenimiento preventivo.

La tercera generación centralizó sus tareas en los objetivos siguientes: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al medio ambiente, mayor vida de los equipos y eficiencia de costos, dando lugar a técnicas como: monitoreo de condición, diseño basado en fiabilidad y mantenibilidad, estudios de riesgo, utilización de ordenadores pequeños y rápidos, análisis de los modos de fallos y sus efectos y análisis de los modos de fallos y sus efectos críticos (FMEA y FMECA, respectivamente), sistemas expertos, polivalencia y trabajo en equipo.

Cuarta generación

En los últimos años se vivió un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión del mantenimiento. El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallos utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias del fallo, sino que se debe encontrar la causa de ese fallo para eliminarlo y evitar así que se repita. Así mismo, existe una preocupación creciente de la importancia de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estas propiedades desde la fase de diseño del proyecto. Otro punto importante es la tendencia a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento.

La cuarta generación tiene definidos como objetivos: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al medio ambiente, mayor vida de los equipos, eficiencia de costos, mayor mantenibilidad, relación patrones de fallos y eliminación de los fallos.

Para sustentar estos objetivos las técnicas utilizadas son las siguientes: monitoreo de condición, utilización de ordenadores pequeños y rápidos, Modos de Fallo y Causas de Fallo (FMEA, FMECA), polivalencia, relación trabajo en equipo y mantenimiento autónomo, estudio de fiabilidad y mantenibilidad durante el proyecto, gestión del riesgo, sistemas de mejora continua, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, relación mantenimiento proactivo y eliminación del fallo, grupos de mejora y seguimiento de acciones.

Quinta generación

Esta generación está centrada en la Terotecnología. Esta palabra, derivada del griego, significa el estudio y gestión de la vida de un activo o recurso desde el mismo comienzo (con su adquisición) hasta su propio final (incluyendo formas de disponer del mismo, desmantelar, etc.). Integra prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los activos físicos buscando costos de ciclo de vida (CCV) económicos. Es aplicable en todo tipo de industria y proceso. El objetivo principal de su aplicación es mejorar y mantener la efectividad técnica y económica de un proceso o equipo a lo largo de todo su ciclo de vida. Combina experiencia y conocimiento para lograr una visión holística del impacto del mantenimiento sobre la calidad de los elementos que constituyen un proceso de producción, y para producir continuamente mejoras tanto técnicas como económicas. En la Tabla 1-1 se detallan algunas características de las generaciones analizadas anteriormente.

Tabla 1-1. Características principales de las generaciones de mantenimiento

Generación	Época en que aparece	Principales fundamentos
Primera generación	Desde el inicio de la Revolución Industrial	Mantenimiento correctivo puro
Segunda generación	A partir de la Segunda Guerra Mundial	Mantenimiento preventivo sistemático
Tercera generación	Década de los 80	Mantenimiento predictivo o por condición, Análisis de fallo, RCM, y TPM
Cuarta generación	Década de los 90	<u>World Class Management</u> y la eficiencia en la gestión
Quinta generación	Siglo XXI	Terotecnología. Visión técnico económica de los activos y del costo del ciclo de vida

Fuente: García Garrido (2010).

1.2 Gestión del mantenimiento

El concepto de gestión involucra la conducción o dirección aplicada por diferentes personas a través de la organización, en las empresas formales está dispersada en todos los niveles de la estructura y se ejerce en todas las divisiones de ella, no es propia de algo, incluye personas o grupos de personas.

En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación, la primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento (Mora Gutiérrez, 2012) .

En una empresa la gestión se refiere a su administración y está relacionada con el proceso administrativo las cuales se sintetizan abruptamente en general con las escuelas modernas de gestión. En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación. La primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio del mantenimiento. El esquema moderno de mantenimiento implica la vinculación de herramientas propias de la gestión. Y el concepto integral se maneja desde la base de utilizar en forma eficaz y eficiente los factores productivos en forma individual y conjunta.

La gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. A partir de estas definiciones se puede entender que para desarrollar una buena gestión es preciso conocer y haber definido el objetivo u objetivos a alcanzar (ISO 9000, 2015). Dado que en la actualidad el mantenimiento está destinado a ser el pilar fundamental de toda empresa que considere ser competitiva, se hace necesario utilizar técnicas y métodos para la planificación, organización, ejecución y control de actividades que garanticen el buen desempeño del equipamiento e instalaciones. Lo anterior resulta imposible sin una eficiente estrategia y organización de esta disciplina en cada empresa, sobre todo por la estrecha relación que existe entre producción y mantenimiento. A continuación, se describen las etapas que componen la gestión de mantenimiento.

Planificación

La planificación del mantenimiento es el alma de todos los esfuerzos desarrollados en esta función (Tavares, 1999; Tomlinsón, 2009). En ella se le debe dar respuesta a las preguntas: ¿cuándo hacerlo?, ¿con qué hacerlo? y ¿con quién hacerlo? En esta fase se definen: las acciones de mantenimiento (preventivo, correctivo) a realizar en los equipos o instalaciones, los recursos necesarios (materiales y humanos), y se establece el balance de las cargas de trabajo con las capacidades de medios y hombres para llevarlas a cabo (Hernández Milia, 2010; León Márquez, 2010; Fernández Llanes, 2011; Rivero Rodriguez, 2016; Troya Jorge, 2016).

Organización

La organización del mantenimiento debe dar respuesta a las preguntas: ¿qué hacer? y ¿cómo hacerlo? Para ello se vale de dos fases: la fase organizativa donde se determina la estructura de trabajo, las funciones dentro de esta, las relaciones externas e internas, los procedimientos para el flujo y registro de información y documentación; y la fase preparatoria donde se define la preparación de los recursos (materiales y humanos), la documentación y las instalaciones (Hernández Milia, 2010; León Márquez, 2010; Fernández Llanes, 2011; Rodríguez Díaz, 2014; Pérez González, 2016).

Es de destacar que en muchas organizaciones, en el contexto empresarial cubano, aunque no dejan de considerarse muchos de los elementos mencionados anteriormente, la planificación y organización del mantenimiento han tendido a depender de la experiencia y la percepción de los operadores y a ser manejada sensorialmente; se ha centrado en inspecciones cualitativas del estado de los equipos, debido a la dificultad para determinar cuantitativamente el nivel de deterioro de los mismos, además de no ser constante el considerable número de información que se ha de procesar (Alfonso Llanes, 2009). Esto trae consigo un sinnúmero de problemas que se necesitan enfrentar para el mejoramiento de la confiabilidad y eficiencia de los equipos.

Ejecución

La esencia de la ejecución es realizar las actividades de mantenimiento de forma efectiva y eficiente, para aumentar la productividad en la gestión y cumplir exitosamente con los programas establecidos (Hernández Milia, 2010). La ejecución del mantenimiento puede realizarse por medios propios, por contratación de los trabajos a terceros o por la combinación de ambas. La tendencia general es hacia organizaciones de tipo mixto, descentralizadas por sectores (Jeira y Gibson, 2004; Mobley y otros, 2008; Manzini y otros, 2010; Norman, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Rivero Rodríguez, 2016; Troya Jorge, 2016). Para ejecutar el mantenimiento por medios propios la empresa debe disponer de los recursos (materiales y humanos) que se necesitan para desarrollar las labores y asegurar una adecuada utilización de los mismos (Borroto Pentón, 2005).

Evaluación y control

Cada sistema de mantenimiento incluye un método de control, por lo general expresado en función de tasas, cuotas y razones o índices, para determinar cómo marchan las cosas y por qué marchan, a fin de que permita tomar decisiones (Leong y otros, 2012; Norman, 2012; Brown, 2014; Yssaad y otros, 2014; Céspedes Hernández, 2016; Rivero Rodríguez, 2016). La autora de la presente investigación coincide con Larralde Ledo (1994), referenciado en Alfonso Llanes (2009), al plantear que existen diversas formas para realizar la evaluación de la gestión del

mantenimiento. Todas ellas pueden resumirse en dos grandes grupos: medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores de mantenimiento (Borroto Pentón y otros, 2015; Castellanos López, 2015; Adams y Srinivasan, 2016), y valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorías (ISO:31010, 2015; Mena Sánchez, 2016; Troya Jorge, 2016).

En la literatura existe un grupo de procedimientos propuestos para realizar auditorías de mantenimiento (Borroto Pentón, 2005; ISO:31010, 2015; Mena Sánchez, 2016; Troya Jorge, 2016) que desarrollan, en el aspecto relacionado con el alcance de la misma, los elementos que debe contener todo estudio que se realice sobre la gestión del mantenimiento. En este sentido, se considera adecuado, teniendo en cuenta los objetivos de la presente investigación, considerar estos elementos como punto de partida al definir los posibles riesgos que puedan presentarse en el proceso de gestión del mantenimiento. La propuesta presentada por Borroto Pentón y otros (2015) se considera acertada dado que se desarrolla a partir del análisis de un grupo considerable de trabajos anteriores y, además, ha sido aplicada en un número considerable de empresas del país.

1.3 Políticas de mantenimiento. Sus filosofías

En la actualidad, en aras de lograr una mejora significativa en la gestión integral del mantenimiento en las empresas, se ha desarrollado una amplia variedad de sistemas y filosofías sobre la base de los resultados y experiencias obtenidas a partir de la aplicación de los sistemas tradicionales. La selección e implementación del sistema de mantenimiento más efectivo en las organizaciones, se convierte en la base para la aplicación a nivel táctico u operativo de las políticas o tipos de mantenimiento más adecuadas (Mora Gutiérrez, 2012; Norman, 2012; López García, 2013; Aragón Dávila y otros, 2016; Céspedes Hernández, 2016; Heredia Almaguer, 2016; Valle García, 2017).

Mantenimiento correctivo o basado en el fallo: es una técnica de la ingeniería que consiste en realizar una serie de trabajos de restauración, que son necesarios cuando la maquinaria, aparatos o instalaciones se estropean, y es necesario recuperarlos. Comprende la compensación de los daños sufridos por fallas incipientes, a una maquinaria o un equipo, y todos los trabajos que resulten pertinentes para su reparación; su aplicación se da cuando el equipo ha dejado de funcionar y es necesario repararlo (Hernández Milia, 2010; León Márquez, 2010; Polo Salgado, 2011; Aguilar del Oro, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Alfonzo y otros, 2015; Pérez González, 2016; Peña Vasconcellos, 2015).

Dentro de este tipo de mantenimiento se pueden contemplar dos tipos o enfoques.

- Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo): este se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la avería.
- Mantenimiento curativo (de reparación): este se encarga de la reparación propiamente, pero eliminando las causas que han originado la avería.

En general, se programa la detención del equipo, pero antes de hacerlo, se van acumulando tareas a realizar sobre el mismo y se programa su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando así para ejecutar toda tarea que no se podría hacer con el equipo en funcionamiento (Mobley y otros, 2008; Norman, 2012; Rodríguez Machado y otros, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Pérez González, 2016; Céspedes Hernández, 2016).

Mantenimiento predictivo o basado en la condición: consiste en predecir, es decir, en adelantarse a la posible avería antes de que se produzca, esto se consigue con un análisis de las características de la máquina a mantener y la lectura periódica de algunos parámetros como por ejemplo las vibraciones. El análisis de estos datos indicará la degradación del elemento mecánico, por ejemplo, de rodamiento. Los datos indicarán cuál es el momento idóneo para realizar la sustitución de este antes de que se produzca la rotura. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitorización de parámetros físicos.

Para autores como Batista Rodríguez (2000), Sotuyo Blanco (2001), Da Silva Neto (2002), Dos Santos Méndez (2002) y Sosa Martínez (2016), el mantenimiento predictivo consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. Su objetivo se encuentra enfocado a determinar, en todo instante, la condición técnica real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo; y disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. Las técnicas siguientes son utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo (Mora Gutiérrez, 2009; Polo Salgado, 2011; Rodríguez Hernández, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Céspedes Hernández, 2016; Pérez González, 2016; Verbert y otros, 2016; Valle García, 2017)

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones).
- Endoscopía (para poder ver lugares ocultos).
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas).

- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado).
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura).

Mantenimiento modificativo: este tipo de mantenimiento es aquel que se realiza tanto para modificar las características de producción de los equipos, como para mejorar la fiabilidad, mantenibilidad y seguridad de la máquina o instalación. Este mantenimiento también tiene como objetivo el de realizar una reforma parcial en una máquina, equipo o sistema con el fin de obtener un mejor rendimiento de la misma de acuerdo a los requerimientos del tipo de trabajo que se desea realizar, o bien para obtener un beneficio en la rapidez de reparación (Moubray, 1997; Alfonso Llanes, 2009; Rodríguez Díaz, 2014; Díaz y Valencia, 2015; Pérez González, 2016; Rivero Rodriguez, 2016).

Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP): representa un conjunto de medidas organizativas y técnicas dirigidas al cuidado, observación, mantenimiento y reparación de las máquinas y equipos. La base para la planificación son los datos sobre la duración y estructura del ciclo de reparaciones de las máquinas y equipos. El sistema establece que después de que cada equipo haya trabajado las horas reglamentadas, corresponde la realización de revisiones y de las reparaciones planificadas, conforme con el plan que comprende las reparaciones pequeñas, medianas y generales. Esto implica el establecimiento de un programa que se denomina ciclo de reparación, que consiste en el período entre dos reparaciones generales o, para el caso de equipos que inician su operación, al período entre su puesta en funcionamiento y la primera reparación general (Cuartas Pérez, 2008; Rodríguez Hernández, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Pérez González, 2016; Sosa Martínez, 2016; Chávez Salazar y Espinoza Giron, 2016; Zhang y otros, 2016).

Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM): es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial que se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los tipos de mantenimiento conocidos, en calidad de subsistemas del mismo. Estos tipos de mantenimiento serán aplicados a los diferentes equipos individuales o grupos homogéneos de equipos en función de sus características tecnológicas y otros elementos (De la Paz Martínez y Espinosa Pedraja, 2006; Rodríguez Hernández, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Pérez González, 2016; Sosa Martínez, 2016; Rivero Rodriguez, 2016) .

Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés): fue desarrollado por primera vez en 1969 en la empresa japonesa Nippondenso del grupo Toyota, y su implementación se inicia fuera de Japón a partir de los años ochenta (Nakajima, 1991; Mobley y otros, 2008; Rodríguez Díaz, 2014; Castellanos López, 2015; Kennedy, 2015; Chávez Salazar y Espinoza

Giron, 2016). El TPM es el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organizaciones que conforman un proceso básico o línea de producción, pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua. En este contexto el TPM asume el reto de cero fallos, cero incidentes, cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso, permitiendo reducir costos y stocks intermedios y finales, con lo que la productividad mejora. Teniendo así, como acción principal: cuidar y explotar los sistemas y procesos básicos productivos, manteniéndoles en su estado de referencia y aplicando sobre ellos la mejora continua.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC): es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, aplicable a cualquier tipo de instalación industrial muy útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento preventivo en una instalación industrial que contribuya a la mejora de la confiabilidad de la misma y, por consiguiente, al incremento de la rentabilidad de los procesos implicados y del valor de los activos fijos (Moubray, 1997; Li y Ni, 2009; Manzini y otros, 2010; Salamanca Becerra, 2010; Salguero Manosalvas, 2010; Norman, 2012; Rodríguez Machado y otros, 2012; Mao y Jia, 2013; Naveen, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Pérez González, 2016; Sosa Martínez, 2016; Rivero Rodríguez, 2016). En la actualidad uno de los mayores retos para las personas encargadas en temas de mantenimiento no es sólo aprender todas las técnicas existentes, sino identificar cuáles son las adecuadas para aplicar en su propia organización y cuáles no, tanto desde el punto de vista técnico como económico. Tomando una decisión correcta es posible mejorar el rendimiento de los activos y al mismo tiempo incluso reducir los costos de mantenimiento.

1.3.1 La selección de la política de mantenimiento a aplicar en la empresa

En la actualidad muchas organizaciones implementan sistemas de mantenimiento de avanzada; sin embargo, no realizan una valoración objetiva para conocer realmente cuál sistema se ajusta mejor a las características y condiciones que posee la entidad. Varios autores (Li y Ni, 2009; Lust y otros, 2009; Mora Gutiérrez, 2009; Céspedes Hernández, 2016; Troya Jorge, 2016), han planteado numerosas opiniones relacionadas con la selección de la filosofía de mantenimiento a ser aplicada a nivel de empresa. Los mismos coinciden, en primer lugar, en que el criterio de selección está influenciado por numerosas variables, algunas de las cuales son difíciles de cuantificar, no obstante, los métodos cuantitativos proporcionan una herramienta en la toma de decisiones de este tipo. Un mantenimiento bien diseñado, como principio, debe adecuarse a las características de cada máquina, así como a las particulares de la empresa u organización que decida su implementación. En este sentido se han desarrollado varios procedimientos empleando

criterios de selección generalmente a nivel de máquina (Alfonso Llanes, 2009; Arunraj y Maiti, 2010; Seyedshohadaie y otros, 2010; Hu y Zhang, 2014; Rodríguez Díaz, 2014; Velazquez Pérez, 2014; Sosa Martínez, 2016).

Con el objetivo de decidir sobre el tipo de mantenimiento más apropiado a aplicar a un equipo o máquina, se han presentado disímiles propuestas en la literatura. Estas pueden dividirse en dos tendencias fundamentales. La primera está relacionada con la presentación de metodologías que, al considerar varios factores, permiten decidir directamente la política de mantenimiento a seguir en cada situación. Dentro de estas metodologías se destacan la filosofía RCM (Kennedy, 2015; Vishnu y Regikumar, 2016; Dickerson y Ackerman, 2016), el análisis multicriterio (Antoniou, 2007; Pavan, 2009; Recchia, 2011; Duvivier y otros, 2013), el análisis de riesgo (Arunraj y Maiti, 2010; Seyedshohadaie y otros, 2010; Rodríguez Díaz, 2014; Broche Hernández, 2015; Betancourt Conde, 2016; Dickerson y Ackerman, 2016; Kamsu-Foguem, 2016; Santos Rubio y otros, 2016; Valle García, 2017), las estrategias de selección basadas en elementos económicos (Sondalini, 2002; Alsyouf, 2009; Vishnu y Regikumar, 2016) y el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) (De la Paz Martínez y Espinosa Pedraja, 2006; Velazquez Pérez, 2014) utilizado en varias industrias cubanas.

La segunda estrategia, de mucho auge en la actualidad, consiste en la determinación del nivel de criticidad de cada activo dentro del proceso productivo para luego, en función de este, asignar la política de mantenimiento que resulte pertinente. El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, al crear una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, que dirige el esfuerzo y los recursos hacia las áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional (Alfonso Llanes, 2009; Mao y Jia, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Yssaad y otros, 2014; Giraldo y Augusto, 2014; Chemweno, 2015; Vishnu y Regikumar, 2016; Adams y Srinivasan, 2016).

El método clásico de evaluación de la criticidad de los componentes de un sistema se realiza normalmente mediante la técnica de Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (FMEA, Failure Mode and Effect Analysis) y, en otros casos, mediante la herramienta de Análisis de Modos de Fallo y Efectos Críticos (FMECA, Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) (Alfonso Llanes, 2009; Salguero Manosalvas, 2010; Von Versen, 2012; Muñoz, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Sinha y Steel 2015; Mariani, 2016; Santos Rubio y otros, 2016).

La forma más utilizada para realizar la jerarquización de los elementos dentro de un sistema productivo o de servicios es el empleo de un grupo de factores, criterios o variables que caractericen su contexto operacional y valoren las consecuencias que sobre cada una de ellas

genera el modo de fallo que se presente (Alfonso Llanes, 2009; Hu y otros, 2009; Seyedshohadaie y otros, 2010; Troya Jorge, 2016).

1.3.2 Aspectos generales sobre la selección del tipo de mantenimiento en Cuba

Los tipos de mantenimiento analizados se pueden combinar de forma tal que se obtenga el máximo rendimiento de las instalaciones. Varios autores (Alfonso Llanes, 2009; Hernández Milia, 2010; Fernández Llanes, 2011; Sosa Martínez, 2016; Céspedes Hernández, 2016) han coincidido que no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un único tipo de mantenimiento. Para la selección del tipo de mantenimiento, varios autores cubanos han diseñado metodologías con este fin, tal es el caso de Polo Salgado (2011) y Rodríguez Hernández (2012) los mismos proponen un algoritmo que incluye el estudio del régimen de explotación y del sistema de mantenimiento existente en la empresa, la clasificación de la industria según sus características de producción, grado de mecanización y régimen de trabajo, la aplicación del proceso de diferenciación de máquinas y definición de la política de mantenimiento hasta nivel de sistemas; de estos resultados se obtiene el tipo de acción de mantenimiento a acometer y luego de una valoración económica de ser positivo el análisis, se implanta el sistema, el cual puede irse perfeccionando hasta el logro de una gestión de mantenimiento automatizada.

Por otra parte, Alfonso Llanes (2009) propone un algoritmo, a partir de las propuestas presentadas por Torres (1997), Borroto Pentón (2005) y Christensen (2006), que alcanza este objetivo en dependencia del valor de cada una de las variables que, a su criterio, van a caracterizar el entorno operacional en que se desempeña el equipamiento estudiado, dígame: costo, eficiencia, eficacia, utilidad, disponibilidad y productividad. A partir de las características propias de cada tipo de mantenimiento (ventajas, desventajas y condiciones de aplicación) se deciden las políticas de mantenimiento a considerar, así como su orden de prioridad según la estrategia trazada para cada clase y el tipo de fallo que se presente. Una metodología pobremente utilizada en Cuba lo constituye el Análisis de Riesgo. En el apartado siguiente se profundiza en su contenido.

1.4 Generalidades sobre el Análisis de riesgos

En las organizaciones, no importa cuál sea su actividad y tamaño, enfrentan una serie de riesgos que pueden afectar a la consecución de sus objetivos. Todas las actividades de una organización están sometidas de forma permanente a una serie de amenazas, lo cual las hace vulnerables, comprometiendo su estabilidad. Accidentes o riesgos operacionales, enfermedades, incendios, pérdidas de beneficios, catástrofes naturales, etc., son una muestra de este panorama, sin olvidar las amenazas propias del negocio (Chapman y Ward, 2003; Romeral y Torres Gallego, 2008;

Molpeceres, 2012; Brennan, 2013; Pérez Borrajo, 2014; Leveson, 2015; Aragón Dávila y otros, 2016; Dickerson y Ackerman, 2016; Kamsu-Foguem, 2016; Kiran y otros, 2016) .

Existen diferentes conceptos y definiciones acerca del término de riesgo (Ver Anexos

Anexo #1). En estos estudios se observa la existencia de consenso en utilizar las expresiones fallas, accidentes, sucesos, daños, protección, prevención o costo por dichos daños, relacionados todos con la salud y seguridad de los trabajadores inmiscuidos en las diferentes operaciones, así como del medio ambiente. Cuando se habla del tema referente al riesgo es necesario referirse a la Gestión de riesgo, donde Enciso y Casares (2011) plantean que discutir sobre este tema ya no se limita al enfoque financiero tradicional o de cobertura. La gerencia de riesgos en realidad posee una visión holística de la compañía que contempla aspectos muy variados como la pérdida de control, la seguridad, así como diversas estrategias para prevenir, reducir o transferir el riesgo.

Según, Molpeceres (2012) es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, una región o un país. Implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales y está íntimamente ligada a la búsqueda del desarrollo sostenible. Es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales para implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales y tecnológicos; mientras que de una forma más reducida Casares (2013) plantea que son las actividades coordinadas para dirigir y controlar una empresa en relación con el riesgo e incluye, por norma general, la evaluación, el tratamiento, la aceptación y la comunicación de los riesgos. La gerencia de riesgos en un entorno global se está perfilando como una estrategia financiera y empresarial que proporciona una importante ventaja competitiva a las empresas que disponen de ella, así como un importante incremento de valor en el mercado. Toda empresa debería establecer esquemas eficientes y efectivos de administración, gestión y control de todos los riesgos a los que se encuentran expuestas en el desarrollo de su negocio, conforme su objeto social, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones que sobre esta materia establezcan otras normas especiales y/o particulares, ya que la administración integral de riesgos es parte de la estrategia institucional y del proceso de toma de decisiones (McNeil y otros, 2015).

Existe la norma que aborda el tema referente al riesgo y por consiguiente su gestión es la ISO:31000 (2015), la cual está estructurada en tres elementos clave para una efectiva gestión de los mismos: los principios para su gestión, la estructura de soporte y el proceso de gestión,

los cuales se muestran en la Figura 1.2. Los principios buscan establecer el enfoque cultural e ideológico con que se deben gestionar los riesgos en toda organización. El sistema de gestión, presenta una estructura o marco de trabajo, donde se establece y se definen los componentes necesarios para realizar una buena gestión de los riesgos e indica que el proceso debe iniciarse en la alta dirección de la empresa, mostrando su compromiso y emitiendo directrices para el proceso de gerencia de riesgos (política de riesgos). Este proceso se considera el pilar más importante al ser el que realmente permite gestionar los riesgos cuando estos se materializan en el contexto de la empresa, debe estar precedido y apoyado en los dos primeros si se quiere que el conjunto de la gerencia de riesgos sea eficaz para el logro de los objetivos de la empresa.

Esta norma en general habla sobre la evaluación de riesgos y tiene como finalidad que las organizaciones comprendan las amenazas que podrían afectar el logro de los objetivos y la adecuación y eficacia de los controles ya existentes, proporcionando una base para el tratamiento de los riesgos y la selección de las mejores decisiones a través de las buenas prácticas que ofrece. La misma contiene las respuestas a las preguntas siguientes:

- ¿Qué puede suceder y por qué?
- ¿Cuáles son las consecuencias?
- ¿Cuál es la probabilidad de que ocurran en el futuro?
- ¿Hay factores que mitigan las consecuencias del riesgo o que reducen la probabilidad del riesgo?

La evaluación de riesgos no es una actividad independiente y debería integrarse en los otros componentes en el proceso de gestión de riesgos, afirma la ISO, esta norma puede ayudar en la organización en los enfoques siguientes:

- Conceptos de evaluación de riesgos.
- Proceso de evaluación de riesgos.
- Selección de las técnicas de evaluación de riesgos.

En dicha norma también se tratan las ventajas de gestionar de forma correcta el riesgo, las cuales son:

- Aumentar la probabilidad de lograr los objetivos.
- Fomentar la gestión proactiva.
- Ser conscientes de la necesidad de identificar y tratar los riesgos en toda la organización.
- Mejorar la identificación de las oportunidades y amenazas
- Cumplir con las exigencias legales y reglamentarias y las normas internacionales.
- Mejorar la confianza de los interesados y la confianza.

- Establecer una base confiable para la toma de decisiones y la planificación.
- Mejorar los controles.
- Asignar y utilizar eficazmente los recursos para el tratamiento del riesgo.
- Mejorar la eficacia operacional y la eficiencia.
- Mejorar la salud y seguridad, así como la protección del medio ambiente.
- Mejorar la prevención de pérdidas y gestión de incidentes.
- Minimizar las pérdidas.
- Mejorar el aprendizaje de la organización.

Mejorar la resistencia de la organización.

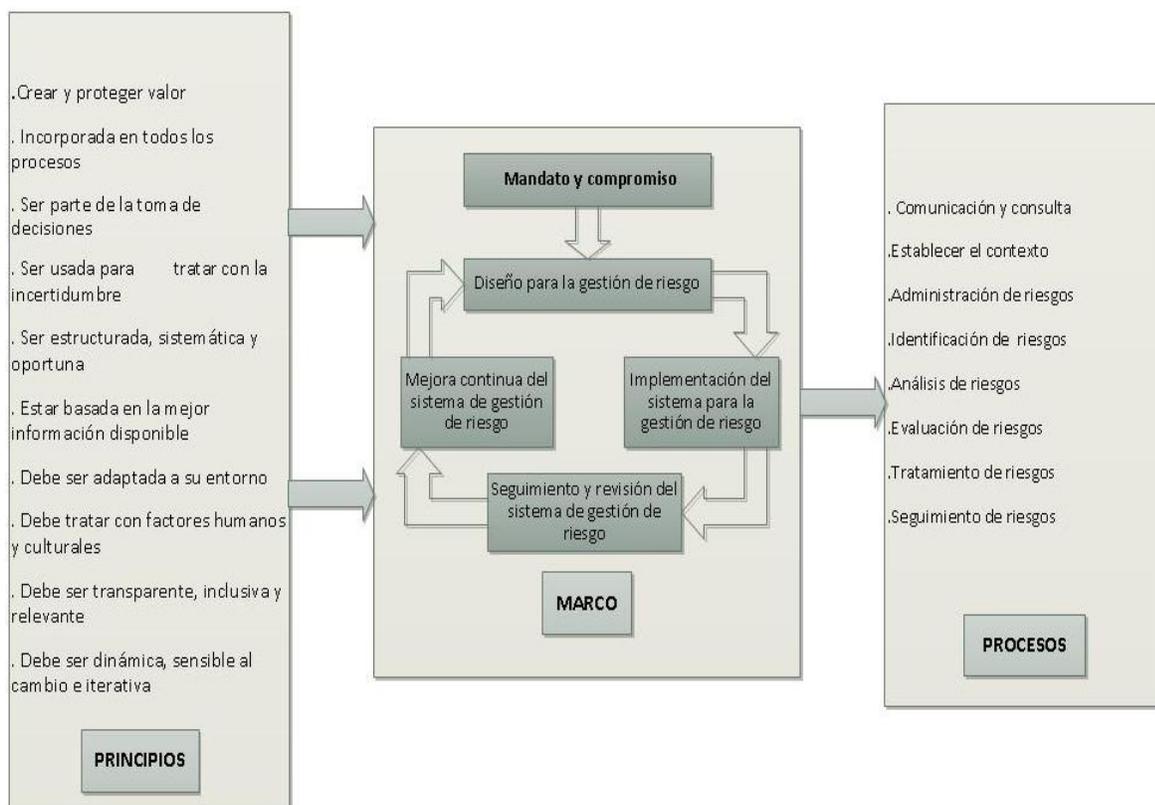


Figura 1.2. Relación entre el proceso, los principios y el marco de la Gestión de riesgos.

Fuente: ISO:31000 (2015).

1.4.1 Análisis de riesgo y definiciones matemáticas

El Análisis de los riesgos es el proceso de identificación de los efectos potenciales en el funcionamiento empresarial, consiste en un proceso sistemático para estimar la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto de cada fallo identificado en los activos y recursos de la organización (Sondalini, 2002; Seyedshohadaie y otros, 2010; Rodríguez Díaz, 2014; Broche

Hernández, 2015; Betancourt Conde, 2016; Dickerson y Ackerman, 2016; Kamsu-Foguem, 2016). La ISO:31000 (2015) además de otros autores como Enciso y Casares (2011), Fuentes Espinosa (2014), Narváz Rosero (2014), plantean que el Análisis del riesgo se puede realizar con diferentes grados de detalle, dependiendo del riesgo, de la finalidad del análisis y de la información, de los datos y recursos disponibles. El análisis puede ser cualitativo (alto, medio, bajo), semicuantitativo o cuantitativo (valor en riesgo, flujos de caja en riesgo, distribuciones de pérdidas, backtesting, análisis de sensibilidad, etc.) o una combinación de los tres casos, dependiendo de las circunstancias, con el objetivo de determinar la probabilidad e impacto (tangible e intangible) de los posibles eventos. Dependiendo de los casos se puede necesitar más de un valor numérico o descriptor para especificar las consecuencias y su probabilidad, para diferentes momentos, lugares, grupos o situaciones.

La definición matemática de riesgo lo define como la esperanza matemática de la pérdida. Si se considera un suceso con una probabilidad de ocurrencia y un daño o consecuencia, el riesgo vendrá definido por el producto de esta probabilidad por el efecto o magnitud del daño. Es el resultado de la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de un peligro definido (problema, fallo, accidente, catástrofe natural, fraude, error humano, etc.) y de la severidad o magnitud de las consecuencias de este hecho indeseable en caso de que ocurra. El concepto de riesgo tiene dos elementos, la probabilidad y las consecuencias en caso de que suceda; en las expresiones 1.1 y 1.2 se muestra como se calcula el mismo (Sondalini, 2002; Herazo Aguas, 2009; Brennan, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Betancourt Conde, 2016; Kamsu-Foguem, 2016; Kiran y otros, 2016).

$$\text{Riesgo} = P \times C \tag{1.1}$$

Donde:

P: Probabilidad de ocurrencia; siendo $0 \leq P \leq 1$

C: Consecuencia o daño

Una definición equivalente se puede obtener al sustituir la probabilidad de ocurrencia por la frecuencia con que ocurre un fallo y las consecuencias que podrían traer consigo por la severidad de los daños:

$$\text{Riesgo} = F \times S \tag{1.2}$$

Donde:

F: Frecuencia de ocurrencia

S: Severidad

Los efectos se pueden medir en diferentes unidades: en términos económicos, en pérdida de vidas humanas, en daños personales, etc. Obviamente, para reducir el riesgo se puede actuar

sobre las dos variables, o sea, reducir la probabilidad de ocurrencia o la magnitud esperable del daño, o actuar simultáneamente sobre las dos. Disminuir la probabilidad es prevención y disminuir la gravedad de los efectos es protección, una vez que las probabilidades y los modos de fallo se han determinado, los mecanismos de deterioro pertinentes y la probabilidad de cada consecuencia deben ser determinados. La falta de contención solo puede ser el primer evento en una serie de eventos que llevan a una consecuencia específica (Sondalini, 2009; Santamaría, 2010; Brennan, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Valle García, 2017).

1.4.2 Técnicas para la identificación y/o evaluación de riesgos

Cuando son identificados los riesgos a lo que está sometida una empresa, se realiza en base a la gerencia de riesgos. Mientras que el primer paso del análisis debe asentarse siempre en la identificación y conocimiento detallado de las posibles fuentes, orígenes o causas de los fallos, así como los sujetos que pudieran verse afectados por los mismos, sus consecuencias potenciales, las áreas de impactos, etc. No todos los acontecimientos que suceden en una empresa son susceptibles de interpretarse como un riesgo, ni todos llegan a materializarse.

El objetivo que sigue esta etapa es generar una lista exhaustiva de riesgos denominada “decálogo de riesgos”, basada en aquellos sucesos que podrían crear, mejorar, prevenir, degradar, acelerar o retrasar el logro de los objetivos. En el anexo 2 se muestra un resumen de herramientas utilizadas para la evaluación de los riesgos, ordenados por su nombre y clasificados por su aplicabilidad (FA: Fuertemente aplicables, NA: No se aplica, A: Aplicable) en cada una de las diferentes fases de identificación, análisis y evaluación de los riesgos. La evaluación va a permitir establecer las estrategias oportunas que favorezcan la reducción de la frecuencia y la intensidad del impacto del riesgo. Entre dichas estrategias también se puede decidir “no hacer nada”, y si bien es una estrategia improbable, en algunas circunstancias tiene sentido no tratar el riesgo de ninguna otra manera que manteniendo los controles existentes. En otras ocasiones, puede llevar a la decisión de realizar un análisis en mayor profundidad (Narváez Rosero, 2014; ISO:31000, 2015; ISO:31010, 2015; Betancourt Conde, 2016; Valle García, 2017).

Se encuentran vigente diferentes métodos y herramientas que contribuyen a una mejor gestión en la etapa de identificación de riesgos, ya que a través de ellos se pueden obtener un sistema de información organizado a partir del cual se procesan los riesgos encontrados. A continuación, se detallan las características generales de un grupo de técnicas utilizadas para realizar la evaluación de los riesgos (Mcdermott, 2009; Sondalini, 2009; Villanueva Altez, 2009; Salamanca Becerra, 2010; Ospino Ibarra y Sabogal Valdez, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Valle García, 2017).

Análisis de modos de fallos y sus efectos (FMEA) / Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMEAC)

El FMEA, es una herramienta de máxima utilidad en el desarrollo del producto que permite, de una forma sistemática, asegurar que han sido tenidos en cuenta y analizados todos los fallos potencialmente concebibles, es decir, permite identificar las variables significativas del proceso/producto para poder determinar y establecer las acciones correctoras necesarias para la prevención del fallo, o la detección del mismo si éste se produce, evitando que productos defectuosos o inadecuados lleguen al cliente. Además, es un método dirigido a lograr el aseguramiento de la calidad, mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

Se pueden distinguir dos tipos de FMEA, el de diseño, que va dirigido al producto, y el de proceso, que está orientado al proceso de fabricación, es decir, a los medios de producción que se utilizan. En la FMEA una parte que es importante es analizar la criticidad, involucrando cuán perjudicial son los efectos de los modos de falla sobre la operación del sistema, la cual se estima con niveles de ocurrencia y severidad de los diferentes efectos de falla. Cuando la criticidad es considerada en un FMEA, el nombre es cambiado a Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad FMECA y una sección adicional es añadida en el procedimiento y en el formato tabular del FMEA. Aunque hoy en día la distinción entre ambos términos ha sido empañada y a menudo son usados intercambiabilmente.

FMECA es una técnica que facilita la identificación de posibles problemas en el diseño o proceso mediante el examen de los efectos de los fallos del nivel inferior. Las acciones recomendadas o las disposiciones de compensación son para reducir la probabilidad de que ocurra el problema, y mitigar el riesgo, si de hecho se produce. Para que un FMECA sea efectivo debe ser realizado por personal que está íntimamente relacionado con el diseño y operación del sistema además de una efectiva facilitación.

Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP)

Mencionado también como "Hazard and Operability Análisis" o HAZOP, el cual es una técnica de seguridad orientada a identificar circunstancias de peligro y de accidente, siendo la operación (la garantía de funcionamiento) un aspecto secundario. El HAZOP, sin embargo, es un método absolutamente sistemático, porque se controlan todas y cada una de las variables de proceso, en todos y cada uno de los equipos de la planta. Su aplicación se fundamenta en la identificación

de todos los parámetros del proceso (presión, temperatura, nivel, caudal, etc.) y sus condiciones de trabajo habituales, analizando de manera sistemática las desviaciones posibles. Para cada situación peligrosa identificada se propondrán las medidas correctoras oportunas en el sentido de evitar las desviaciones detectadas. En este método se requiere de documentación completa y un conocimiento exhaustivo de la planta, de los productos utilizados y de las condiciones de proceso. Está especialmente adaptado a plantas relativamente complejas en las que otros métodos serían totalmente anárquicos.

Análisis mediante árbol de fallas (FTA)

La técnica del Árbol de Fallas es una de las más usadas para estimar la frecuencia de ocurrencia de eventos no deseados en sistemas con varios componentes. Es una técnica en la cual muchos eventos que interactúan para producir otros eventos pueden ser relacionados mediante el uso de simples relaciones lógicas; estas relaciones permiten la construcción de una estructura lógica que permite modelar los modos de falla de un sistema. Se recomienda su utilización en instalaciones complejas en las que concurren muchos aparatos, instrumentos, equipo de control y alarma y sistemas de seguridad. Incluso es aplicable para valorar la incidencia del fallo humano en la probabilidad del suceso capital. Las técnicas antes mencionadas posibilitan establecer los sistemas de mantenimiento basados en el análisis de los riesgos a los que están expuestas las empresas hoy en día y generalmente se seleccionan atendiendo a la política de cada una en particular y los requerimientos de calidad, seguridad y mercado, además de las características del proceso productivo.

Análisis de riesgo

El análisis de riesgo (también conocido como evaluación de riesgo o PHA por sus siglas en inglés: Process Hazards Analysis) es el estudio de las causas de las posibles amenazas, y los daños y consecuencias que estas puedan producir. Este tipo de análisis es ampliamente utilizado como herramienta de gestión en estudios financieros y de seguridad para identificar riesgos (métodos cualitativos) y otras para evaluar riesgos (generalmente de naturaleza cuantitativa). El primer paso del análisis es identificar los activos a proteger o evaluar. La evaluación de riesgos involucra comparar el nivel de riesgo detectado durante el proceso de análisis con criterios de riesgo establecidos previamente. La función de la evaluación consiste en ayudar a alcanzar un nivel razonable de consenso en torno a los objetivos en cuestión, y asegurar un nivel mínimo que permita desarrollar indicadores operacionales a partir de los cuales medir y evaluar. En Cuba, tradicionalmente, se ha aplicado el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado como parte de una estrategia que se generaliza y extiende a la mayoría de los sectores industriales y empresas del país, lo que ha generado un conjunto de deficiencias que disminuyen la efectividad

en la gestión del mantenimiento puesto que no se tiene en cuenta y no se considera el riesgo en la toma de decisiones.

Análisis mediante árboles de sucesos o eventos

Mediante el ETA (Event Tree Análisis) se pretende estructurar la secuencia de eventos básicos que desencadena un tipo de accidente concreto, estableciendo también las probabilidades de ocurrencia, si el conocimiento de los sucesos básicos lo permite. Desde un punto de vista abstracto, es similar al análisis de árboles de fallos, sin embargo, los sucesos básicos en este caso no son fallos de los sistemas sino alternativas de las diferentes situaciones que pueden darse. Por su especificidad y grado de desarrollo, son aplicables a las mismas instalaciones y bajo las mismas condiciones que los árboles de fallos.

Análisis de causas y consecuencias

El análisis de causas y consecuencias permite un análisis cuantitativo de los eventos de fallo en sistemas complejos, partiendo de sucesos capitales y factores condicionantes, con lo que al final se obtiene un árbol de causas/consecuencias, es decir, que es una combinación de árboles de fallos y árboles de sucesos por lo que también se utilizan símbolos lógicos y asignación de probabilidades a cada uno. Los resultados obtenidos son muy detallados y permiten, como en el caso de los árboles de fallos y de sucesos, cuantificar la utilidad de las medidas correctoras propuestas.

Índices de riesgo

Los índices de riesgo son procedimientos de aplicación relativamente simple a instalaciones complejas, en las que se evalúan una serie más o menos detallada de parámetros y se cuantifican unos valores que permiten una evaluación del nivel de riesgo de la instalación analizada. Existe un buen número de ellos, cada uno con sus especificidades. Son métodos de aplicación simple y económica ya que, con la cumplimentación razonada de una lista de comprobación, se obtienen de forma más o menos inmediata unos valores orientativos del riesgo intrínseco de la actividad e incluso pueden determinarse los factores que más contribuyen a incrementar este riesgo. Sin embargo, su grado de descripción de la instalación es limitado, por lo que los resultados obtenidos son genéricos y pueden pasar por alto multitud de factores, agravantes o no.

Listas de Verificación (Checklists)

Consiste en diferenciar la realidad de la planta con una lista muy detallada de cuestiones relativas a los más diversos ámbitos, tales como condiciones de proceso, seguridad o estado de las

instalaciones o servicios. Es un procedimiento fácil y controlado. Está especialmente adaptado para garantizar el cumplimiento de normas o reglamentos técnicos y permite la reproducibilidad del análisis de forma periódica, permitiendo estudiar las desviaciones que se producen en el tiempo.

Análisis "¿Qué pasa si...?"

Su objetivo fundamental es la detección y análisis de las desviaciones sobre los procesos y condiciones previstos, intentando evitar aquellos eventos que puedan resultar no deseables. Básicamente consiste en responder cualitativamente a una batería de preguntas del tipo "¿Qué pasa si...?". Resulta un sistema muy creativo y de simple aplicación (y, por lo tanto, económico). Sin embargo, aun realizándose de modo estructurado puede pasar por alto algunos peligros menos evidentes, pero no por ello menos graves.

Análisis histórico de accidentes

El objetivo primordial de esta técnica no es más que detectar los peligros presentes en una instalación por comparación con otras similares que hayan tenido accidentes registrados en el pasado. Examinando esos antecedentes es posible conocer las fuentes de peligro, estimar el alcance posible de los daños e incluso, si la información es suficiente, estimar la frecuencia de ocurrencia. Es una metodología simple y económica, ya que no compromete muchos recursos materiales o humanos. Su gran ventaja es que detecta peligros absolutamente reales, que ya en el pasado se han puesto de manifiesto. Sin embargo, las informaciones recogidas son limitadas dado que sólo se registran los accidentes que acaban en eventos de relativa importancia y se obvian incidentes, potencialmente más peligrosos que los anteriores, pero que por circunstancias fortuitas favorables no desencadenan un gran accidente.

Análisis preliminar de peligros

Este método es similar al análisis histórico de accidentes, aunque no se basa en el estudio de siniestros previos sino en la búsqueda bibliográfica de peligros que puedan hallarse presentes en una nueva instalación a partir de la lista de productos químicos presentes. Este es un procedimiento de análisis simple y económico, aunque no sistemático; es estrictamente cualitativo y depende en exceso de los conocimientos previos de los ejecutantes. Resulta idóneo para instalaciones en fase de anteproyecto o ingeniería básica, cuando aún no se han desarrollado planos detallados de la instalación.

Análisis de las funciones

El objetivo de esta técnica es analizar los peligros y los puntos críticos de control (HCCAP), es un sistema sistemático, proactivo y preventivo para asegurar la calidad del producto, fiabilidad y

seguridad del proceso midiendo y supervisando las características específicas que requieren ser definidos dentro de ciertos límites.

Evaluaciones de controles

Esta técnica realiza un análisis de las capas de protección (LOPA). Es un método de análisis de riesgo semicuantitativo para determinar y valorar el riesgo de forma intuitiva, que señala qué capas de protección son susceptibles de ser mejoradas y en qué grado.

1.5 Mantenimiento basado en el riesgo

El Sistema de Mantenimiento Basado en el Riesgo o Sistema de Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM, por sus siglas en inglés), provee una metodología para decidir objetivos de mantenimiento, formular los planes de vida de los equipos y la programación de mantenimiento de las plantas, diseñando la organización de mantenimiento y estableciendo un sistema apropiado de documentación y control. Este sistema presenta un marco de referencia sistemático, basado en traducir los objetivos empresariales en objetivos de mantenimiento, que persiguen formular planes de vida de equipos y programas de mantenimiento de planta, diseñar la organización respectiva y establecer los sistemas apropiados de documentación y control (Fernández Llanes, 2011; Diamantoulaki y Angelides, 2013; Giraldo y Augusto, 2014; Rodríguez Díaz, 2014; ISO:31010, 2015; Dickerson y Ackerman, 2016; Guillén y otros, 2016; Kamsu-Foguem, 2016; Kiran y otros, 2016; Pérez González, 2016; Valle García, 2017).

Esta filosofía defiende una metodología de aproximación terotecnológica orientada a optimizar los costos totales de mantenimiento en el ciclo de vida asociado al equipamiento, en contraposición al proceso de adquisición de activos limitado a consideraciones de performance y costo de capital. Además, usa juicios de ingeniería y experiencia como la base para el análisis de probabilidades y consecuencia de una falla, los resultados son dependientes de la experiencia y conocimientos de los expertos. Los resultados son emitidos en términos como alto, medio, bajo, etc. u otros datos numéricos. Mora Gutiérrez (2012) , Rodríguez Díaz (2014) y Hernandez Alfonso (2017) , definen las características principales del Sistema Basado en el Riesgo, las mismas se muestran a continuación:

- Acabado análisis de confiabilidad, mantenibilidad y seguridad, con la participación conjunta del propietario, operador y responsables del diseño, manufactura e instalación. Evaluación de aprovisionamiento de repuestos, capacitación del personal de mantenimiento y los servicios de apoyo de proveedores.

- Un sistema de registro y análisis de fallas e identificación de áreas con alto costo de mantenimiento, desde la puesta en marcha hasta el reemplazo de la planta, destinado a formular modos de acción conducentes a minimizar costos directos e indirectos de mantenimiento.

De manera general, la formulación y aplicación de este sistema, para una organización, es un problema complejo y comprometido cuya resolución requiere de un enfoque sistemático y pragmático de aproximación. Esta metodología posee un enfoque iterativo para establecer las estrategias de mantenimiento denominado “Top-Down Bottom-Up (Mora Gutiérrez, 2009; Rodríguez Díaz, 2014; Kamsu-Foguem, 2016).

1.5.1 Mantenimiento basado en el riesgo en Cuba

Actualmente el mantenimiento basado en Cuba se ha incursionado muy poco, por lo que las búsquedas sobre este tema son escasas. Las investigaciones encontradas en la literatura se pueden dividir en dos grupos fundamentales. Primeramente se destacan las desarrolladas por Polo Salgado (2011), Fernández Llanes (2011) y Aguilar del Oro (2012) los cuales proponen una metodología basada principalmente en el FMEA y realizan su aplicación en las empresas “Combinado de Productos Lácteos”, “Empresa Agropecuaria Militar Cuba Soy” y “Empresa Mecánica Indalecio Montejo” pertenecientes a la provincia Ciego de Ávila, respectivamente. Se debe señalar que estas propuestas no tienen en cuenta el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) para priorizar las causas sobre las cuáles habrá que actuar para evitar que se presenten los modos de fallo.

En un segundo grupo se encuentran las propuestas de Rodríguez Díaz (2014), Broche Hernández (2015), y Pérez González (2016) los cuales también proponen una metodología basada principalmente en el FMEA y realizan su aplicación en las empresas “UEB Elpidio Sosa, Electroquímica”, “UEB Embotelladora Central Osvaldo Socarrás Martínez” y “Hotel Playa Cayo Santa María” pertenecientes a la provincia Villa Clara, respectivamente. Estas propuestas si tienen en cuenta el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) como punto de partida para el mejoramiento del nivel de riesgo en cada uno de los modos de fallo. Es de destacar que hasta el momento no se han encontrado investigaciones referidas a evaluar el nivel de riesgo en el proceso de Gestión de mantenimiento.

La propuesta presentada por Rodríguez Díaz (2014) se considera de alta valía al abarcar los elementos, que según la nueva norma ISO:31000 (2015), deben tener en cuenta en todo estudio que se realice sobre el riesgo. Además, el autor realiza un estudio pormenorizado de las diferentes técnicas existentes para realizar estudios de este tipo, y deja abierta, a las condiciones específicas de cada entidad, el empleo de una u otra herramienta.

1.6. Conclusiones parciales

1. Las metodologías de evaluación de riesgos existentes en la literatura proporcionan una base sólida para la toma de decisiones dentro de un amplio rango de usos; sin embargo, no se han encontrado precedentes sobre la aplicación de la metodología de Gestión de riesgos al proceso de Gestión de mantenimiento. En este sentido, la propuesta de Rodríguez Díaz (2014), perfeccionada por Betancourt Conde (2016), se considera acertada para su adaptación al objetivo de la investigación.
2. Al analizar los elementos característicos de un análisis de riesgo se considera acertado emplear la propuesta de Borroto Pentón y otros (2015), donde se definen las áreas y funciones que debe abarcar todo proceso de Gestión de mantenimiento, como punto de partida para realizar el levantamiento de los principales riesgos que pueden afectar dicho proceso en la empresa objeto de estudio.

Capítulo 2

CAPÍTULO 2: PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORAS EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL ANÁLISIS DE RIESGO

En el presente capítulo, para tributar a la solución del problema científico de esta investigación y como respuesta a lo expuesto en las conclusiones parciales derivadas de la construcción del marco teórico referencial de la investigación, se expone un procedimiento general, con sus procedimientos específicos asociados, para asistir al proceso de toma de decisiones vinculado a la definición de acciones de mejora en el proceso de Gestión de mantenimiento en correspondencia con los modos de fallos identificados.

2.1 Caracterización del procedimiento general para la toma de decisiones vinculada a la definición de acciones de mejora en el proceso de Gestión de mantenimiento

En la Figura 2.1 se muestra el procedimiento general propuesto para la toma de decisiones vinculada a la definición de acciones de mejora en el proceso de Gestión de mantenimiento que se llevará a cabo en la UEB Combinado “Cubanacan” de Villa Clara, tomado de Betancourt Conde (2016); la misma incorpora, de manera creativa y pertinente, elementos novedosos del Análisis de riesgos. A continuación, se expone, de manera general, el contenido de cada una de las fases del procedimiento, detallando sus etapas y pasos característicos.

La fase 1, Inicio o preparación, se crean las condiciones básicas para desarrollar la aplicación de las diferentes etapas del procedimiento. Una de las acciones principales lo constituye la conformación del grupo de expertos el cual estará formado por especialistas de la empresa que posean conocimientos generales sobre el tema. Para la determinación y selección de los expertos se emplea el procedimiento presentado por Hurtado de Mendoza Fernández (2003).

La fase 2 consiste en realizar el desglose de los procesos objeto de estudio, lo cual facilita la identificación de las funciones, los mecanismos de degradación y los fallos en los procesos. Esta fase puede desarrollarse a través de la llamada “Hoja de trabajo del FMEA” (Ver Anexo 3). De manera general este levantamiento debe comprender los elementos: desglose funcional, fallo funcional, modo de fallo (causas del fallo funcional), y efectos del fallo, fundamentalmente.

En la fase 3 se procede a realizar el análisis de riesgo para lo cual se propone el procedimiento específico que se muestra en la Figura 2.2, donde se aprecia que el mismo está compuesto por tres etapas que expresan la función de cada elemento que las componen en el análisis de riesgo, donde se dan a conocer parámetros básicos dentro de

los cuales deben administrarse los riesgos de la entidad, así como la clasificación que tienen los componentes del índice de prioridad de riesgo, para luego de ser clasificados hacer los cálculos del NPR, el cual es el producto de la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad (S), y la probabilidad de no detección (D). Este permitirá priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras.

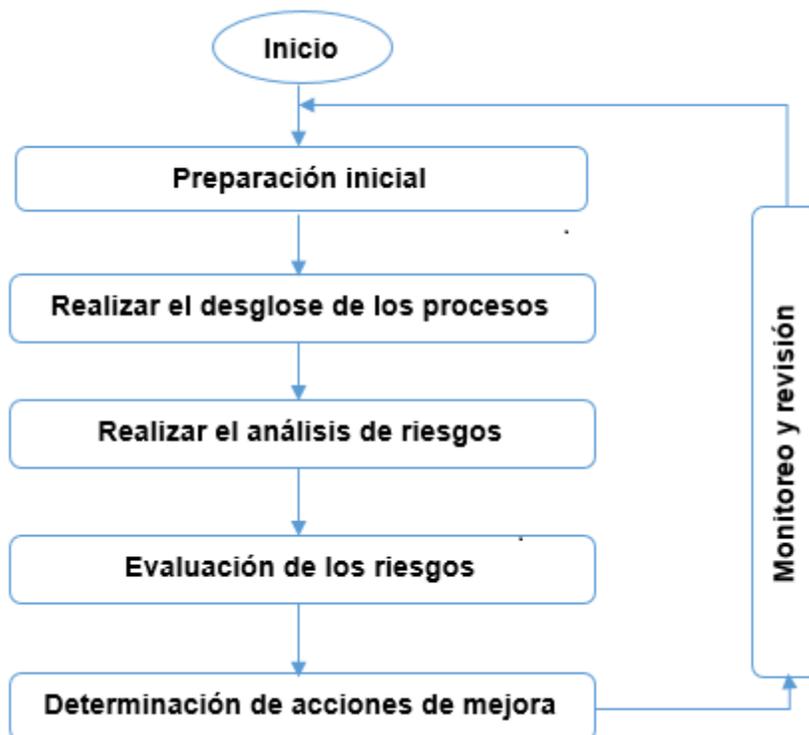


Figura 2.1. Procedimiento general para la definición de acciones de mejora en la Gestión de riesgos al proceso de Gestión de mantenimiento. Fuente: Betancourt Conde (2016).

La fase 4 constituye en obtener los valores del Número de Prioridad del Riesgo a partir de la fase anterior se puede catalogar el riesgo en función del rango donde se encuentre este indicador. La definición de los intervalos de valores del NPR para cada nivel de riesgo se recomienda especificarlos como se describe en la Tabla 2-1.

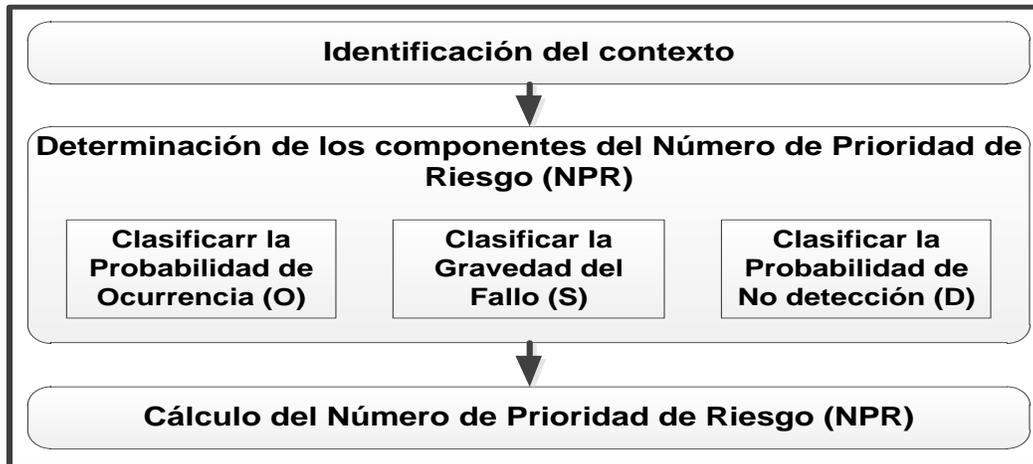


Figura 2.2. Procedimiento específico para la determinación del NPR.

Fuente: Betancourt Montero (2016).

Tabla 2-1. Niveles de riesgo del fallo

Niveles de riesgo	Valor del NPR
Muy alto riesgo o inadmisible (H)	
Alto riesgo o inaceptable (S)	
Riesgo tolerable (M)	
Riesgo aceptable (L)	

Por último, en la fase 5 que comprende la definición de elementos correspondientes al plan de mejoras, el cual es un documento donde se listan un grupo de tareas que debe realizar el personal con un nivel de conocimientos específico en un activo determinado y con una frecuencia explícita. Para la generación de la planificación del mantenimiento se utilizarán los datos obtenidos del análisis FMEA. Con esta información se pueden elaborar los solucionarios de fallas. De igual forma, con los valores obtenidos del cálculo del nivel de prioridad de riesgo (NPR) de cada componente, se pueden (de ser necesario) reformular las pautas de mantenimiento preventivo que se realizan a estos equipos. En esta fase se definen las especificaciones pertinentes para el desarrollo de la planificación de las acciones de mantenimiento necesarias en cada equipo, en aras de eliminar el riesgo equivalente a cada modo de fallo o disminuirlo hasta niveles permisibles.

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 2-1 se podrá proponer la acción de mejora que se debe aplicar al componente asociado al modo de fallo correspondiente. En la Figura 2.3 se presenta el algoritmo propuesto para desarrollar este proceso de toma de decisiones. Las acciones de mejora propuestas deben tener como objetivo descubrir el desarrollo de los fallos lo antes posible con el fin de maximizar el tiempo de respuesta antes de que ocurra

el fallo. Para la presentación de los resultados de la aplicación del procedimiento se propone emplear un modelo como el que se muestra en la Figura 2.4.

Finalmente se realizar la programación de las acciones de mejora seleccionadas. Se definen los intervalos de intervención, o sea, la frecuencia con la cual se debe realizar cada tarea de mantenimiento, y por último se realiza la estimación del número de prioridad de riesgo mejorado (NPRM) que se apoya en el llamado método GOD (SOD según definiciones), el cual separa las diferentes acciones a realizar según su Gravedad (Severidad), Ocurrencia y posibilidad de Detección. Una vez establecidas las medidas y ejecutadas, se debe revisar el AMFE, simplemente valorar nuevamente la Gravedad, la Ocurrencia y la Detección. Esto debe ofrecer un valor de NPR más bajo y dentro de unos patrones de seguridad, dígame, un valor correspondiente a un riesgo aceptable o a lo máximo tolerable.

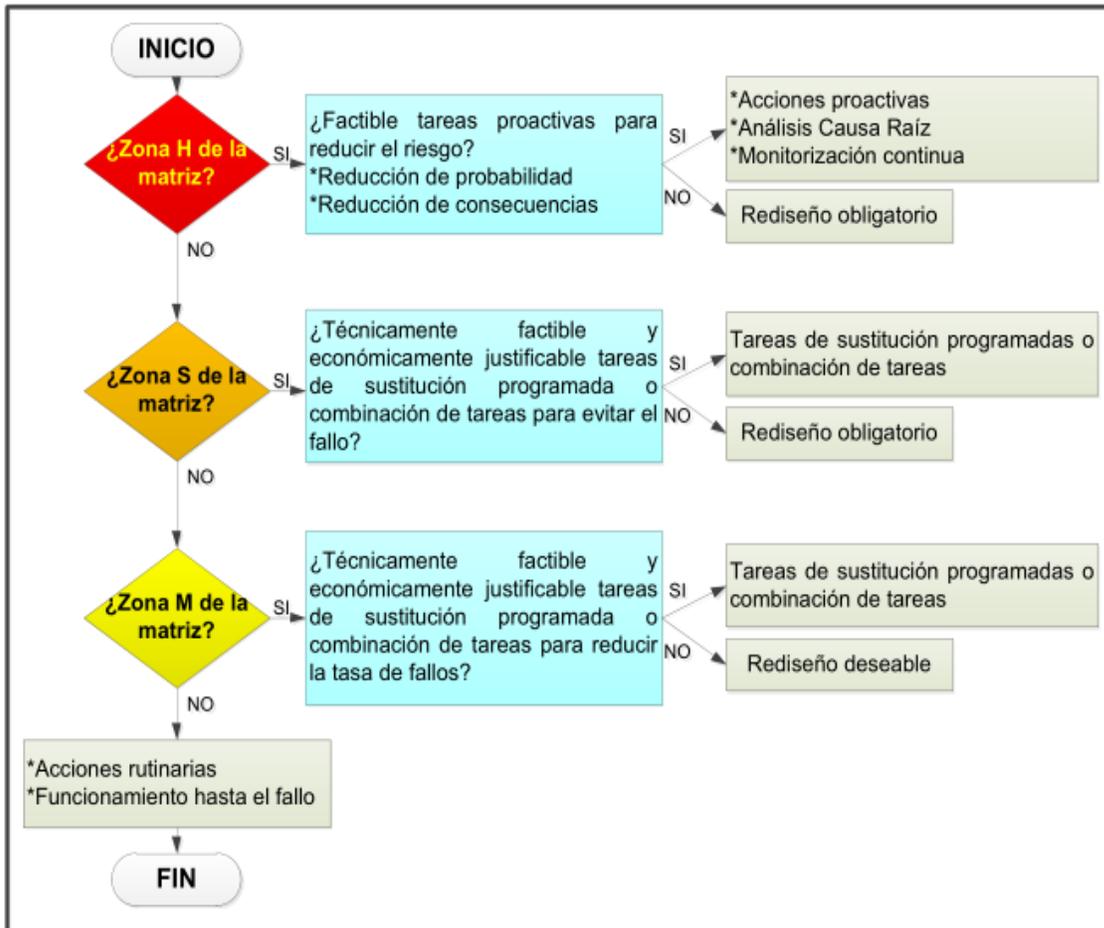


Figura 2.3. Diagrama de decisión para seleccionar acciones de mejora para mitigar riesgos. Fuente: A partir de Valle García (2017).

2.2 Caracterización de la empresa objeto de estudio

La Empresa de Bebidas y Refrescos de Villa Clara es una organización que se destaca por la producción, comercialización y distribución de vinos dulces, vinos secos, y rones de diversas categorías que son reconocidos por toda la nación. La misma consta de cinco UEB Productoras, seis destiladoras y una base de transporte en diferentes municipios, tales como: Caibarién, Santa Clara, Santo Domingo, Ranchuelo, entre otros, que le permiten cumplir con la misión que poseen definida. Cuenta con una plantilla aprobada de 696 trabajadores y en plantilla cubierta un promedio de 680 trabajadores, de ellos 52 son dirigentes, 128 técnicos, 26 administrativos, 100 de servicios y 374 obreros.

Caracterización de la UEB Combinado Cubanacan

La UEB Combinado Cubanacan "Benito Ramírez" es una de las entidades que integra el complejo de producciones de la Empresa de Bebidas y Refrescos, que a lo largo de los años se ha destacado por ser una de las más productivas en su rango, la misma se encuentra localizada en el municipio de Camajuaní en la Calle Valeriano López # 16. Esta fábrica por su posición geográfica le resulta como fuente de desarrollo la Cayería Norte, de ahí la importancia de garantizar producciones altas y con calidad.

Hasta la fecha son varios los clientes entre ellos: Las cadenas de Tiendas (TRD, CIMEX, CUBALSE, Caracol, Universo, entre otras), las cadenas Turísticas (Gran Caribe, Horizontes, Cubanacan, Isla Azul, Gaviota, Rumbos, Ensuna, etc.) y la Cadena Oferta de comercio interior. Se pudo conocer, además, que las producciones del centro están destinadas al Mercado Nacional, donde las marcas más destacadas son el ron Decano, Refino Arecha, el Vodca y el Ron refino nacional, y se basan en las especificaciones de calidad.

La empresa identifica su misión como satisfacer a través de la producción y comercialización de Bebidas y refrescos las necesidades de nuestro Mercado en la Provincia así como en la Red de Turismo en el ámbito nacional, distinguiéndose por su seriedad, profesionalidad, calidad, variedad y altos niveles de embotellado de nuestros productos; mientras que la visión se define como: ser una entidad líder en la producción y comercialización de bebidas y refrescos, manteniendo la misma embotellada en su totalidad y con parámetros que la hace acreedora de títulos de productos ecológicos consolidándose una vez más en el mercado de divisa tanto en frontera como en el interior, considerándose a sus clientes como el recurso más importante, satisfaciendo con gran rapidez sus demandas e incorporando nuevos productos ambientalmente compatibles al mercado.

El objeto social de la empresa se fundamenta en encargarse de la producción y distribución de rones de diversas categorías (Rones Carta Blanca, Carta Oro, Dorado, Arecha) para la exportación se encargan del refinado y la elaboración de hielo.

Con la finalidad de realizar sus actividades, la empresa cuenta con 121 trabajadores según la plantilla aprobada de ellos 84 obreros, 3 administrativos, 18 de servicios, 15 técnicos y 4 dirigentes, distribuidos por diferentes áreas de la entidad. De los mismos se conoce, además, que 52 son féminas y 69 hombres que presentan a su vez un nivel de escolaridad medio de 12 grado, reflejado en los puestos de trabajo que posee la plantilla de ocupación de cargos.

2.2.1 Caracterización del área de mantenimiento

La UEB productora, cuenta, con un grupo de mantenimiento, el cual tiene la misión de reparar y dar mantenimientos planificados u ocurridos por diferentes interrupciones. Los tipos de mantenimiento que se aplican en la empresa son el MPP y Predictivo o correctivo el cual se realiza por un personal capacitado para efectuar dichas actividades. Además, actualmente para el mantenimiento del centro con un personal calificado que se encuentra conformado tal como se muestra en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Plantilla del personal del área de mantenimiento

Cargo u ocupación	No de trabajadores	Nivel escolar	Grupo ocupa	Grupo escala
Jefe de brigada	1	Superior	O	XI
Electricista	1	Superior	O	VIII
Mecánicos B de mantenimiento	3	Técnico	O	VIII
Torneros	1	12	O	VII
Operador de caldera	1	12	O	VII
Técnico de mantenimiento	1	Técnico	O	VII
Total	8			

A partir de la información brindada por el jefe de mantenimiento se pudo conocer, que a pesar de que los trabajadores del local presentan niveles de conocimiento adecuados para los cargos que desempeñan, poseen dificultades en adaptarse a las nuevas condiciones que exige el entorno cambiante en que se desenvuelve la entidad, en la rama antes mencionada; razón por la cual el personal dedicado a estas labores no posee el

conocimiento técnico, y práctico para satisfacer trabajos que requieren de análisis técnico con profundidad. Es por ello que se debe resaltar la necesidad de capacitar mejor al personal en las áreas de gestión de mantenimiento.

La UEB Combinado Cubanacan se pudo conocer que cuenta con 37 equipos tecnológicos, 10 auxiliares, y 8 máquinas y herramientas, de los que se destacan los equipos pertenecientes a la Línea de Embotellado # 1, debido a que son los más modernos y en los que se está implementando cambios de tecnologías. En estos equipos el mantenimiento, de forma general, es programado, es decir no se tiene en cuenta el tipo de equipo, ni la función que realizan dentro del proceso productivo, en este caso se programan basados en el estudio de las roturas y el tiempo de trabajo de las máquinas una vez al año de manera correctiva, reemplazando aquellas piezas que presenten fallas cuando no cumplan la actividad deseada.

2.2.2 Deficiencias principales del sistema de mantenimiento actual

La actividad de mantenimiento que se realiza en el UEB Combinado “Cubanacan” muestra un conjunto de deficiencias que atentan contra la efectividad de esta actividad, identificadas durante la realización de un diagnóstico cualitativo, dígase:

- No se ejecuta el plan de mantenimiento aprobado por la entidad en su totalidad.
- No se controla la ejecución del plan de mantenimiento de la empresa.
- Irregularidades en la adquisición de las piezas de repuesto debido a que no existe en el mercado por ser algunos equipos de tecnología obsoleta.
- Falta de preparación del personal que realiza las actividades de supervisión y control del trabajo de mantenimiento realizado.
- No se aprovechan ni fomentan vínculos con universidades para actualizar los conocimientos y la aplicación de técnicas más modernas.

2.3 Aplicación práctica del procedimiento seleccionado

La aplicación del procedimiento que se plantea en el presente estudio se describe a continuación a partir de la aplicación del procedimiento general y el procedimiento específico. Estos se elaboran para favorecer la toma de decisiones por parte de la entidad. El personal que debe ejecutar el procedimiento debe poseer habilidades y experiencia sobre aplicaciones prácticas de las acciones de mejoras en torno al mantenimiento. Deben utilizarse para alcanzar los objetivos propuestos técnicas de la gestión como los cinco por qué, la tormenta de ideas o brainstorming, diagrama de causa y efecto; y demandando la participación de un grupo de expertos en las dinámicas grupales. Las actividades

planificadas fueron: entrevistas, revisión de documentos de la entidad y reuniones del equipo.

2.3.1 Fase 1. Inicio o preparación

Luego de plantearle y explicarle a la dirección las características y requisitos que deben cumplir los integrantes del equipo de trabajo, se realizó la determinación y selección de los expertos mediante el procedimiento presentado por Hurtado de Mendoza Fernández (2003). El equipo de trabajo quedó conformado por los siete especialistas que se muestran en la Tabla 2-3.

2.3.2 Fase 2. Realizar el desglose de los procesos

Para la selección de los procesos se tuvo en cuenta la información que propició la UEB, así como el plan de prevención de riesgos resultante del levantamiento de la ley 60 del 2011. Determinándose la necesidad de analizar los procesos que influyen en la Gestión del mantenimiento, ya que expresan el sentido de ser de la UEB, los cuales, en correspondencia con lo abordado en el capítulo uno, son: Administración del mantenimiento, Servicio de terceros, Personal de mantenimiento, Gestión de piezas de repuesto, Evaluación y control, Infraestructura Seguridad, Medio ambiente, Aseguramiento de la calidad. En el anexo 4 se muestra el resultado obtenido en la hoja de trabajo del FMEA después de haber realizado el desglose de los procesos.

Tabla 2-3. Grupo de expertos involucrados en el estudio

Cargo que ocupa	Años de experiencia
Jefe del área de mantenimiento	15
Secretaria comité de prevención y control de riesgo	6
Jefe del área de economía	20
Jefe del área de producción	45
Técnico A en Gestión de Recursos Humanos	15
Mecánico B de Mantenimiento para la Industria Alimenticia	12
Técnico en procesos tecnológicos para la producción de la Industria Alimenticia	9

2.3.3 Fase 3. Realizar el análisis de riesgo

En este epígrafe se desarrolla la aplicación del análisis de riesgo en las áreas del proceso mantenimiento que son clave de la entidad de objeto de estudio, siguiendo el procedimiento expuesto anteriormente.

Etapa 1. Identificación del contexto

La entidad objeto de estudio posee un régimen de trabajo de 8 horas durante los siete días de la semana, y, de manera general, están expuesto a un ambiente con mucho ruido y calor.

Etapa 2. Determinación de los componentes del análisis de riesgos

A partir de los riesgos identificados en la fase 2, se realiza un análisis minucioso de los mismos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los pasos de esta etapa.

Paso 1. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia (O)

Los resultados obtenidos a través de la definición de los diferentes criterios y valor de probabilidad muestran la evaluación hecha, en este caso, por el grupo de expertos previamente seleccionados (Ver Tabla 2-4).

Tabla 2-4. Cuadro de clasificación de la probabilidad de ocurrencia

Criterio	Contenido	Valor O
A_Alta	El fallo es más frecuente ocurriendo una vez cada un mes aproximadamente.	10
MA Media-Alta	El suceso ocurre en un período una vez cada tres meses	8-9
M_Media	El fallo tiene un período de ocurrencia de una vez cada seis meses.	5-7
MB_Media-Baja	El fallo ocurre en un período una vez cada un año aproximadamente	2-4
B_Baja	El fallo ocurre una vez en más de un año	1

Paso 2. Clasificación de la gravedad del fallo (S)

Las descripciones de los diferentes criterios definidos por el grupo de expertos, donde se deja evidenciada la consecuencia de riesgo asociada a cada fallo, su criterio y valor de probabilidad, se puede observar en la Tabla 2-5.

Paso 3. Clasificación de la probabilidad de no detección (D)

Al igual que en el paso 1 y 2, a continuación, se muestran, en la Tabla 2-6, los resultados obtenidos por el grupo de expertos de las descripciones de los diferentes criterios y su valor de probabilidad.

Tabla 2-5. Cuadro de Clasificación de la gravedad del fallo

Criterio	Contenido	Valor S
E _ Muy elevada	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias.	10
D _ Elevada	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el proceso. Ocurren altos gastos de reparaciones y disminución de las prestaciones de proceso.	8-9
C_ Moderada	Puede suponer ciertos gastos para eliminar el conflicto. Se puede observar un deterioro en el rendimiento del proceso.	5-7
B _ Baja	No supone disminución de las prestaciones del proceso. Es fácilmente subsanable.	2-4
A _ Escasa	Escasa importancia. No influirá en el proceso. No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema.	1

Tabla 2-6. Cuadro de clasificación de la probabilidad de no detección

Criterio	Contenido	Valor D
A_Alta	El fallo es muy difícil de detectar por los controles existentes	10
MA_Media-Alta	El fallo es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los controles existentes	8-9
M_Media	El fallo con relativa frecuencia es difícil de detectar por los controles existentes	5-7
MB_Media-Baja	El fallo, aunque es obvio y de fácil detección, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería detectado posteriormente	2-4
B_Baja	El fallo es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1

Etapa 3. Cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

El resultado obtenido después de haber realizado el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo para todos los modos de fallo de cada uno de los equipos bajo estudio se puede observar, junto con el desglose de los procesos, en el Anexo 4.

2.3.4 Fases 4 y 5. Evaluación de riesgos y determinación de las acciones de mejora

Una vez establecidos los modos de fallo y sus efectos, el riesgo se puede evaluar fácilmente. A partir de los valores del NPR obtenidos en la etapa anterior se cataloga el riesgo en función del rango donde se encuentra este indicador. En la Tabla 2-7 se muestran los intervalos del NPR, decididos por los especialistas de la empresa, para cada nivel de riesgo.

Tabla 2-7. Rango de valores del NPR para cada nivel de riesgo

Niveles de riesgo	Valor del NPR
Muy alto riesgo o inadmisible (H)	Más de 150
Alto riesgo o inaceptable (S)	64 a 150
Riesgo tolerable (M)	21 a 64
Riesgo aceptable (L)	1 a 21

Luego de realizada la evaluación de los riesgos, a partir de los resultados mostrados en el Anexo 4, se obtiene que el 47% de los modos de fallos representan un nivel de riesgo aceptable, el 30% un nivel de riesgo inaceptable, el 18% un nivel de riesgo tolerable y el 4 % restante un nivel de riesgo inadmisible (Ver Figura 2.5 a). Mientras que al realizar el análisis de los resultados obtenidos en el Anexo 5 se puede observar que:

- Se identificaron 102 modos de fallo, lográndose un mejoramiento estimado, en el NPR, de todos ellos luego de propuestas las acciones de mejora a realizar. Aún existen tres modos de fallo donde no se alcanza un nivel aceptable de riesgo.
- El 52% de los modos de fallo presentan un nivel de riesgo tolerable, el 45% un nivel de riesgo aceptable y el 3% un nivel de riesgo inaceptable. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2.5 b.

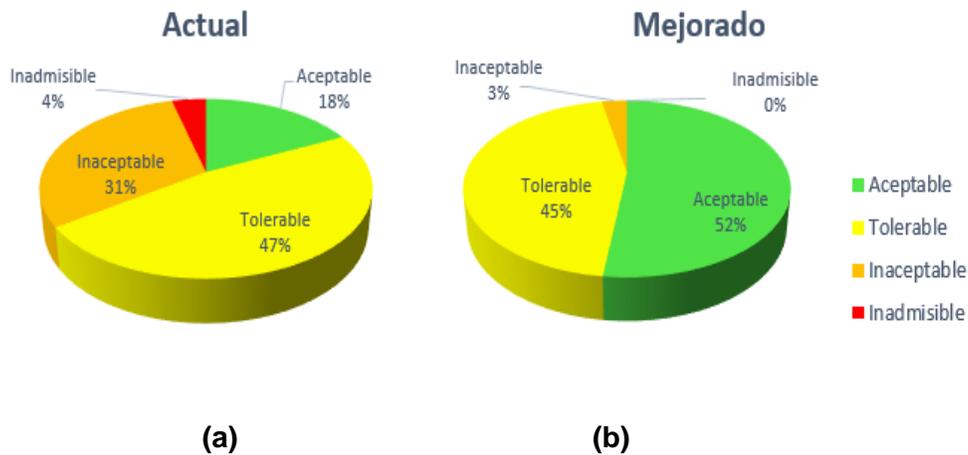


Figura 2.5. Resultados de los niveles de riesgo actual (a) y mejorado (b).

2.4 Conclusiones parciales

1. El procedimiento aplicado para el Análisis de riesgo constituye una primicia en este campo, al permitir la identificación de los riesgos a que está sometido el proceso de Gestión del mantenimiento en la UEB Combinado “Cubanacan”, y en consecuencia definir acciones encaminadas a mitigarlos.
2. La aplicación del procedimiento al caso de estudio práctico demostró su capacidad de presenciar un proceso decisonal en el contexto abordado por la investigación, para así establecer las acciones más efectivas a aplicar a cada modo de fallo en los casos donde el nivel de riesgo existente se encontraba fuera del rango permitido.

Conclusiones

Conclusiones

En la presente investigación se arriba a las conclusiones siguientes:

1. El estudio bibliográfico realizado para la construcción del marco teórico referencial de la investigación confirma la existencia de una amplia base conceptual sobre el proceso de Gestión de mantenimiento, así como el análisis de los riesgos; sin embargo, quedó demostrada la carencia de información en la literatura sobre la Gestión de riesgos en el proceso de Gestión de mantenimiento.
2. El análisis de la situación problemática que establece la presente investigación, motivó la necesidad de utilizar un procedimiento general para la toma de decisiones respecto a la selección de las tareas de mejora en el proceso de Gestión de mantenimiento de la UEB Combinado “Cubanacan” perteneciente a la Empresa Provincial de Bebidas y Refrescos de Villa Clara, que considere los elementos referentes al Análisis de riesgos.
3. La efectividad del procedimiento quedó demostrada a través de su aplicación en la empresa objeto de análisis. El mismo se evidencia en la definición del nivel de criticidad de los modos de fallo de los subprocesos a partir de los niveles de riesgo, la determinación de las acciones de mejora a aplicar a cada uno de ellos en aras de disminuir los niveles de riesgos de fallo, y el logro de un mejoramiento del Nivel de Prioridad del Riesgo estimado, quedando con ello solucionado el problema de investigación.

Recomendaciones



Recomendaciones

Con el fin de motivar la realización de trabajos futuros, que enriquezcan el resultado de la presente investigación, se plantean las recomendaciones siguientes:

1. Proponer a la dirección realizar una evaluación de las propuestas de mejora presentadas, en aras de ser aplicadas en la empresa.
2. Efectuar investigaciones enfocadas a desarrollar las acciones preventivas planteadas en la presente tesis, haciendo énfasis en aquellas donde no se logra una disminución del NPR hasta niveles aceptables.

Referencias bibliográficas

Referencias bibliográficas

1. ADAMS, J. & SRINIVASAN, A. 2016. Towards Dynamic Criticality -Based Maintenance Strategy for Industrial Assets. University of Combridge , Institute for Manufacturing , España.
2. AGUILAR DEL ORO, Y. 2012. Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo. Aplicación en la empresa mecánica Indalecio Montejo de Ciego de Ávila. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas.
3. AGUILERA MARTÍNEZ, A. 2001. Perfeccionamiento de la planificación de recursos humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). Una aplicación en la Industria Textil Cubana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. UCLV. Santa Clara, Cuba.
4. ALFONSO LLANES, A. 2009. Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. UCLV. Santa Clara, Cuba.
5. ALFONZO, D., CASARO, P., MARIÑO, S. & GODOY, M. 2015. Mantenimiento Correctivo Aplicado a un Sitio Basado en Joomla. Una Propuesta Centrada en la Accesibilidad. Revista Latinoamericana de Ingenieria de Software, 3, 101-107.
6. ALKAIM, J. L. 2003. Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos.
7. ALSYOUF, I. 2009. Maintenance practices in Swedish industries: Survey results. International Journal of Production Economics, 121, 212-223.
8. AMARIS ARIAS, J. B. Un modelo de gestión de mantenimiento hacia la excelencia. Ponencia presentada en el V Congreso Cubano de Mantenimiento. , 2006 III CIMEI. Santa Clara, Cuba.
9. ANTONIOU, A. Y. L., W. 2007. Practical Optimization: Algorithms and Engineering Applications. In: EDITORIAL SPRINGER SCIENCE, U. D. V., CANADA. (ed.). Universidad de Victoria, Canada.
10. ARAGÓN DÁVILA, G., ARANGO ORTIZ, F. & ARANDA CRUZ, F. 2016. Cálculo del valor en riesgo operacional mediante redes bayesianas para una empresa financiera. Contaduría y administración, 61, 176-201.
11. ARUNRAJ, N. S. & MAITI, J. 2010. Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming. Safety science, 48, 238-247.

12. BATISTA RODRÍGUEZ, C. 2000. Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad de Holguín, Holguín.
13. BETANCOURT CONDE, J. 2016. Mejoramiento de la gestión de inventario en la Empresa Constructora de Obras de Arquitecturas e Industriales No. 1 de Villa Clara a partir del análisis de riesgo. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial.
14. BETANCOURT MONTERO, A. 2016. Definición de acciones de mejora para el Área de Servicios Exteriores del Hotel Tryp Cayo Coco a partir de la metodología de Análisis de riesgo., Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Gestión turística., Universidad de Ciego de Ávila "MÁXIMO GÓMEZ BÁEZ".
15. BORROTO PENTÓN, Y. 2005. Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en la provincia Villa Clara. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas , Santa Clara, Cuba.
16. BORROTO PENTÓN, Y., ALFONSO LLANES, A. & DE LA PAZ MARTÍNEZ, E. 2015. Gestión del mantenimiento. UCLV.
17. BRENNAN, F. 2013. Risk based maintenance for offshore wind structures. Procedia CIRP 11, 296-300.
18. BROCHE HERNÁNDEZ, L. 2015. Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la línea de producción de Refrescos Carbonatados en la UEB Embotelladora Central "Osvaldo Socarrás Martínez". Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial.
19. BROWN, A. S. 2014. A Handbook for Clinical and Biomedical EngineersII. Elsevier. USA.435p.
20. CARDOSO DE MORAIS, V. 2004. Metodologia de priorização de equipamentos médico-hospitalares em programas de manutenção preventiva. Tesis en opción al grado académico de Máster en Ingeniería Biomédica. Universidad de Campiñas. Brasil.
21. CASARES, I. 2013. Proceso de Gestión de Riesgos y Seguros en las empresas. Impreso en España Molinuevo, Gráficos, S.L.

22. CASTELLANOS LÓPEZ, I. 2015. Selección del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento del Gran Hotel "Los Helechos". Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial.
23. CÉSPEDES HERNÁNDEZ, M. 2016. Contribución al mejoramiento del mantenimiento en la residencia estudiantil de la Sede Central de la UCLV. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial.
24. CHAPMAN, C. & WARD, S. 2003. Project risk management: processes, techniques and insights, School of Management, University of Southampton, UK.
25. CHÁVEZ SALAZAR, H. & ESPINOZA GIRON, R. E. 2016. Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera la Zanja SRL.
26. CHEMWENO, P. P., LILIANE; HORENBEEK, ADRIAAN VAN; MUCHIRI , PETER 2015. Development of a risk assessment selection methodology for asset maintenance decision making : An analytic network process (ANP) approach. Centre for Industrial Management ,KU Leuven,Celestijnenlaan,Heverlee,Belgium . School of Engineering,Dedan Kimathi University of Technology,P,Nyeri,Kenya . <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.03.017>.
27. CHRISTENSEN, C. M. 2006. Criticidad de equipos. línea]. disponible en: www.clubdemantenimiento.com.ar . Última consulta, 16, 2015.
28. CHUSIN, E., ORLANDO NETO 2008. Mantenimiento Industrial. Macas-Ecuador.
29. CUARTAS PÉREZ, L. A. 2008. ¿Qué es el mantenimiento? . Documento elaborado por I.M.
30. DA SILVA NETO, J. C. Y. G. D. L., A. M. 2002. Implantação do Controle de Manutenção. Revista Club de Mantenimiento. .
31. DE LA PAZ MARTÍNEZ, E. 1996. Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil" Desembarco del Granma. ". . Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
32. DE LA PAZ MARTÍNEZ, E. 2015. Temas especiales de ingeniería y gestión del mantenimiento. . Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas .Santa Clara,Cuba.

33. DE LA PAZ MARTÍNEZ, E. & ESPINOSA PEDRAJA, R. Desarrollo de un Sistema Integral de Mantenimiento en la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos de la Universidad Central "Martha Abreu " de Las Villas. Ponencia presentada en el V Congreso Cubano de Mantenimiento., 2006 III CIMEI. Santa Clara, Cuba.
34. DIAMANTOULAKI, I. & ANGELIDES, D. C. 2013. Risk-based maintenance scheduling using monitoring data for moored floating breakwaters. *Structural Safety*, 41, 107-118.
35. DÍAZ, R. G. & VALENCIA, F. L. 2015. Evaluación de la sustentabilidad ambiental de tres sistemas de producción agropecuarios, en el corregimiento Bolo San Isidro, Palmira (Valle del Cauca). *Revista de Investigación Agraria Y Ambiental*, 1, 7-17.
36. DICKERSON, D. & ACKERMAN, P. 2016. Risk-based Maintenance Management of US Public School Facilities. *Procedia Engineering*, 145, 685-692.
37. DOS SANTOS MÉNDEZ , A. L. 2002. Gestão do valor nas operações de manutençã. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
38. DUNN, S. 2002. Maintenance Terminology. Some Key Terms. Plant Maintenance Resource Center <http://www.plant-maintenance.com/terminology.shtml>.
39. DUVIVIER, D., MESKENS, N. & AHUES, M. 2013. A fast multicriteria decision-making tool for industrial scheduling problems. *International Journal of Production Economics*, Vol. 145, , 753-760.
40. ENCISO , I. M. T. & CASARES, M. I. 2011. El proceso de gestión de riesgos como componente integral de la gestión empresarial. *Dossier*, Vol. LXVI - N.202 . (Páginas 73-93).
41. FABRO, E. 2003. Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
42. FERNÁNDEZ LLANES, R. 2011. Procedimiento para determinar el tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo. Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
43. FUENTES ESPINOSA, F. 2014. Un modelo de estudio para definir los niveles de confiabilidad en una línea de producción. Talca.
44. GARCÍA GARRIDO, S. 2010. Organización y gestión integral de mantenimiento., Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España.

45. GARCÍA GONZÁLEZ-QUIJANO, J. 2004. Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM). Tesis en opción al grado académico de Master en Gestión Técnica y Económica en el sector eléctrico. Universidad Pontificia Comillas, Madrid. España.
46. GIRALDO, M. & AUGUSTO, L. 2014. Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional. Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.
47. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, F. J. 2007. Contratación avanzada del mantenimiento, Ediciones Díaz de Santos .S. A. España.
48. GUILLÉN, A. J., CRESPO, A., GÓMEZ, J. F. & SANZ, M. D. 2016. A framework for effective management of condition based maintenance programs in the context of industrial development of E-Maintenance strategies. Computers in Industry, 82, 170-185.
49. HERAZO AGUAS, M. 2009. Programa de Inspección Basado en el Riesgo (RBI) del sistema de tubería de la unidad de generación de Hidrógeno de la planta de Parafinas de la GRB-ECOPETROL SA. Trabajo de Diploma. Universidad Industrial De Santander.
50. HEREDIA ALMAGUER, D. 2016. Determinación de la criticidad del equipamiento productivo de la empresa a partir del método Análisis de Envoltura de Datos (DEA) tomando como referencia métodos tradicionales de clasificación. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial.
51. HERNANDEZ ALFONSO, C. E. 2017. Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento del Sistema de Clima en el Hotel Valentín "Perla Blanca". Trabajo de diploma presentado para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. .
52. HERNÁNDEZ MILIA, R. 2010. Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de selección del sistema de mantenimiento. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Departamento de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. .
53. HU, H., CHENG, G., LI, Y. & TANG, Y. 2009. Risk-based maintenance strategy and its applications in a petrochemical reforming reaction system. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 392-397.

54. HU, J. & ZHANG, L. 2014. Risk based opportunistic maintenance model for complex mechanical systems. *Expert Systems with Applications*, 41, 3105-3115.
55. HURTADO DE MENDOZA FERNÁNDEZ, S. 2003. Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy .
56. ISO 9000 2015. Sistemas de Gestión de la Calidad.
57. ISO:31000 2015. Norma cubana. Gestión del riesgo -Principios y Directrices. Risk analysis . www.iso.org . Oficina Nacional de Normalización , La Habana, Cuba.
58. ISO:31010 2015. Norma cubana ISO 31010.Gestión de riesgo - Técnicas de apreciación del riesgo. Oficina Nacional de Normalización , La Habana ,Cuba.
59. JAMSHIDI, A., RAHIMI, S. A., AIT-KADI, D. & RUIZ, A. 2015. A comprehensive fuzzy risk-based maintenance framework for prioritization of medical devices. *Applied Soft Computing*, 32, 322-334.
60. JARAMILLO, M., NÚÑEZ, M., OCAMPO, W., PÉREZ, D. & PORTILLA, G. 2004. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales en la zona de Cali-Yumbo. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 31, 38-48.
61. JEIRA, C. & GIBSON, P. 2004. Las tendencias del mercado moderno. Outsourcing. KPMG Auditores Consultores Ltda. http://www.kpmg.cl/documentos/Final_Presentacion_BPO_July_2004.pdf . Última consulta: 12.10.2005., 12, 2005.
62. KAMSU-FOGUEM, B. 2016. Information structuring and risk-based inspection for the marine oil pipelines. *Applied Ocean Research*, 56, 132-142.
63. KENNEDY, R. 2015. "Examen de los procesos de RCM y TPM".
64. KIRAN, S., KUMAR, K. P., SREEJITH, B. & MURALIDHARAN, M. 2016. Reliability Evaluation and Risk Based Maintenance in a Process Plant. *Procedia Technology*, 24, 576-583.
65. KUMAR, G. & MAITI, J. 2012. Modeling risk based maintenance using fuzzy analytic network process. *Expert Systems with Applications*, 39, 9946-9954.
66. LARRALDE LEDO, E. 1994. Métodos de evaluación de la gestión de mantenimiento. *Revista Mantenimiento. España*, 7-13.
67. LEÓN MÁRQUEZ, O. 2010. Determinación del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento productivo de la Unidad Básica de Producciones Metálicas. El Vaquerito". Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba.

68. LEONG, T. K., ZAKUAN, N. & SAMAN, M. Z. M. 2012. Quality management maintenance and practices-technical and non-technical approaches. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 65, 688-696.
69. LEVESON, N. 2015. A systems approach to risk management through leading safety indicators. *Reliability Engineering & System Safety*, 136, 17-34.
70. LI, L. & NI, J. 2009. Short-term decision support system for maintenance task prioritization. *International journal of production economics*, 121, 195-202.
71. LÓPEZ GARCÍA, I. 2013. *Gestión del Mantenimiento eficiente: Las cinco generaciones del Mantenimiento*.
72. LUST, T., ROUX, O. & RIANE, F. 2009. Exact and heuristic methods for the selective maintenance problem. *European Journal of Operational Research*, 197, 1166-1177.
73. MANZINI, R., REGATTIERI, A., PHAM, H. & FERRARI, E. 2010. Maintenance information system and failure rate prediction. *Maintenance for Industrial Systems*, 189-217.
74. MAO, S. & JIA, Y. 2013. Construction of the A ring of halichomycin via a RCM strategy. *Tetrahedron Letters*, 54, 4343-4345.
75. MARIANI, H. D. 2016. *Estudios de analisis de riesgo*. ERM Argentina S.A.
76. MARÍN, M. I. A., NIETO, W. M. & VILLALBA, L. O. 2015. Outsourcing de mantenimiento, una alternativa de gestión de activos en el sector productivo de bienes y servicios. *Cuaderno Activa*, 7, 123-134.
77. MCDERMOTT, R. E., MIKULAK, RAYMOND J. Y BEAUREGARD, MICHAEL R. 2009. *The Basics of FMEA*, Productivity Press Taylor & Francis Group.
78. MCNEIL, A. J., FREY, R. & EMBRECHTS, P. 2015. *Quantitative risk management: Concepts, techniques and tools*, Princeton University Press.
79. MENA SÁNCHEZ, M. 2016. *Contribución al mejoramiento de la Gestión de mantenimiento en la UEB Provari de Ciego de Ávila*. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Villa Clara.
80. MOBLEY, K., HIGGINS, L. & WIKOFF, D. 2008. *Maintenance engineering handbook*, McGraw-Hill New York.
81. MOLPECERES, A. 2012. *Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País. Experiencias y Herramientas de aplicación a nivel regional y local*. PNUD Chile: Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo.

82. MORA GUTIÉRREZ, A. 2009. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque Sistemático Kantiano. Editorial AMG. Medellín. Colombia
83. MORA GUTIÉRREZ, A. 2012. Mantenimiento Industrial Efectivo. Edición Segunda. Medellín, AMG. Colombia.
84. MOUBRAY, J. (ed.) 1997. Mantenimiento centrado en confiabilidad: Segunda Edición. Ellmann, Sueiro y Asociados. España.
85. MUÑOZ, E. S. 2013. Generar un AMFE en 11 pasos. Blog profesional dedicado a la Ingeniería Industrial. <http://blog.enrimusa.com/generar-un-amfe-en-11-pasos/>. Consultado en febrero,24, 2014., 24, 2014.
86. NAKAJIMA, S. 1991. Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo.[trad.]. Traducido por Antonio Cuesta Alvarez. Madrid: Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar.
87. NARVÁEZ ROSERO, M. D. P. 2014. Gestión de riesgos en la fase de diseño para proyectos de construcción utilizando la guía PMBOK. Universidad Militar Nueva Granada.
88. NAVEEN, R. P., BABU, S. A. 2013. RCM strategy-based entry into new crown ether/polyether macrocyclic systems derived from hydroxybenzaldehydes. In: LETTERS, T. (ed.).
89. NORMAN, T. 2012. System Management, Maintenance, and Repair. Electronic Access Control.: Pp. 401–410. .
90. OSPINO IBARRA, M. L. & SABOGAL VALDEZ, J. E. 2012. Análisis de riesgo cualitativo de un proyecto de construcción. Aplicativo en una tienda de conveniencia “Listo!”–Primax.
91. PAVAN, M. 2009. Multicriteria Decision-Making Methods. Chemical and Biochemical Data Analysis. Vol. 1, pp. 591–629. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444527011000387>.
92. PCC 2011. "Lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución".
93. PCC 2016. Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista.
94. PEÑA VASCONCELLOS, L. T. 2015. Selección del tipo de mantenimiento basado en el análisis de riesgo en la Unidad Básica Textil “Desembarco del Granma”. . Trabajo de Diploma presentado para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad Martha Abreu de Las Villas.

95. PÉREZ BORRAJO, A. 2014. Desarrollo de un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos. Tesis presentada para optar por el Título Académico de Ingeniería Industrial. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. Santa Clara. Cuba.
96. PÉREZ GONZÁLEZ, W. 2016. Mantenimiento basado en el riesgo para el equipamiento del sistema de abasto de agua caliente en el Hotel Playa Cayo Santa María. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Villa Clara.
97. POLO SALGADO, L. 2011. Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo. Aplicación en el Combinado de Productos Lácteos de Ciego de Ávila. Trabajo de Diploma. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
98. RECCHIA, L. 2011. Multicriteria Analysis and LCA Techniques. Springer Science, Inglaterra.
99. RIVERO RODRIGUEZ, L. D. 2016. Herramienta informática para la gestión de mantenimiento en el hotel "Meliá Las Dunas". Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.
100. RODRÍGUEZ DÍAZ, Y. 2014. Definición de la política de mantenimiento para el equipamiento productivo de la UEB "Elpidio Sosa" de la Electroquímica de Sagua la Grande a partir de la metodología de Análisis de riesgo. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba. .
101. RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, R. 2012. Propuesta de procedimiento para la selección del tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos. Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
102. RODRÍGUEZ MACHADO, A., BORROTO PENTÓN, Y. & ALFONSO LLANES, A. 2012. Manual de gestión del mantenimiento. A. Rodríguez Machado, A., Y. Borroto Pentón, y A. Alfonso Llanes/UCLV, Cuba.

103. ROMERAL, L. M. & TORRES GALLEGUO, Á. 2008. Gestión de los riesgos tecnológicos. Revista de Procesos y Métricas de las tecnologías de la información, 5, 15-23.
104. SALAMANCA BECERRA, F. C., ISRAEL 2010. HAZOP Integral: Análisis de Riesgo y Operabilidad e Interpretación de Planos.
105. SALGUERO MANOSALVAS, M. F. 2010. Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento estratégico aplicando las filosofías RCM y FMEA a las máquinas y herramientas de la EmpresaWeatherford South America Inc. Francisco de Orellana. Segunda Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí.
106. SÁNCHEZ SÁNCHEZ, R. 1999. Contribución al perfeccionamiento del sistema de gestión del mantenimiento a las máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las fábricas de azúcar crudo cubanas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central "Martha Abreu " de las Villas . Santa Clara. Cuba.
107. SANTAMARÍA, A. D. L. A. B. 2010. Desarrollo de una matriz de evaluación de riesgos operacionales para superintendencia de mantenimiento de la plataforma (MAP),de una empresa petrolera en Puerto la Cruz, Estado Anzoátegui., Universidad de Oriente.
108. SANTOS RUBIO, M. D., MARÍN GIL, R., MUÑOZ DE LA CORTE , R., VELÁZQUEZ LÓPEZ , B., GIL NAVARRO , M. V. & BAUTISTA-PALOMA , F. J. 2016. Análisis modal de fallos y efectos aplicado a la elaboración de citostáticos intravenosos. Unidad de Gestión Clínica de Farmacia Hospitalaria, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, España. , 106-112.
109. SEYEDSHOHADAIE, S. R., DAMNJANOVIC, I. & BUTENKO, S. 2010. Risk-based maintenance and rehabilitation decisions for transportation infrastructure networks. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 44, 236-248.
110. SINHA, Y. & STEEL , J. A. 2015. A progressive study into offshore wind farm maintenance optimisation using risk based failure analysis. School of Engineering,Robert Gordon University,Garthdee,Aberdeen. .
111. SONDALINI, M. 2002. Win Production and manufacturing over to doing better maintenance with this new equipment criticality rating method that uses the real costs of production loss.Lifetime Reliability Solutions, Lifetime Reliability Solutions. 7 p. <http://www.lifetime-reliability.com/ABC%20Based%20Equipment%20Criticality.pdf>
Última consulta: 18.01.2009.

112. SONDALINI, M. 2009. Plant and Equipment Wellness: A Process for Exceptional Equipment Reliability and Maximum Life Cycle Profits, Engineers Media.
113. SOSA MARTÍNEZ, D. A. 2016. Selección del tipo de mantenimiento a aplicar en los sistemas tecnológicos y equipos del Kurhotel" Escambray". Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Villa Clara.
114. SOTUYO BLANCO, S. 2001. Optimización Integral de Mantenimiento (OIM). Ellmann, Sueiro y Asociados. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/oim.asp> Última consulta, 18, 2009.
115. TAVARES, L. A. 1999. Administración moderna de Mantenimiento, Novo Polo Publicacoes. Brasil
116. TOMLINGSON, P. 2009. Equipment management: Key to equipment reliability and productivity in mining, SME. Estados Unidos.
117. TORRES, J. 1997. A MCC-Manutenção Centrada na Confiabilidade eo Capítulo-4 do Manual de directrizes da linha seg: Uma proposta para racionalização das tarefas e redução do custo de manutenção. II Seminario de Manutenção CEMAN, Brasil.
118. TORRES, L. D. 2005. Mantenimiento. Su implementación y gestión. Editorial UNIVERSITAS. Segunda Edición. Córdoba, España.
119. TROYA JORGE, I. 2016. Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en el Hospital Provincial Docente Clínico Quirúrgico "Comandante Manuel Fajardo Rivero". Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.
120. VALLE GARCÍA, A. 2017. Contribución al mejoramiento del proceso de gestión de inventario en la Empresa Constructora de Obras de Arquitectura e Industriales No. 1 de Villa Clara a partir del análisis de riesgo. . Tesis presentada en opción al grado académico de Máster en Ingeniería Industrial. , Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
121. VELAZQUEZ PÉREZ, E. 2014. Implementación del Sistema Alternativo de Mantenimiento en la empresa gráfica de Villa Clara. Tesis en opción al grado académico de Máster en Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.

122. VERBERT, K., DE SCHUTTER, B. & BABUŠKA, R. 2016. Timely Condition-Based Maintenance Planning for Multi-Component Systems. Delft Center for Systems and Control (DCSC), Delft University of Technology, Mekelweg 2, 2628 CD Delft, The Netherlands.
123. VILLANUEVA ALTEZ, L. F. 2009. Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Un estudio de Técnicas y Herramientas de Gestión de Riesgos en la Etapa de Construcción. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Pontificia ,Universidad Católica del Perú .
124. VISHNU, C. R. & REGIKUMAR, V. 2016. Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study Global Colloquium in Recent Advancement and Effectual Researches in Engineering, Science and Technology (RAEREST 2016). www.sciencedirect.com.
125. VON VERSEN, P. 2012. Manual de FMEA, <http://www.monografias.com/trabajos27/modos-fallo/modos-fallo.shtml>.
126. WANG, W. 2010. A model for maintenance service contract design, negotiation and optimization. European Journal of Operational Research, 201, 239-246.
127. YSSAAD, B., KHIAT, M. & CHAKER, A. 2014. Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 55, 108-115.
128. ZHANG, J., HUANG, X., FANG, Y., ZHOU, J., ZHANG, H. & LI, J. 2016. Optimal inspection-based preventive maintenance policy for three-state mechanical components under competing failure modes. Reliability Engineering & System Safety, 152, 95-103.

Anexos

Anexos
Anexo #1: Definiciones de riesgos según varios autores

Actor	Conceptos de riesgo
Cooper & Chapman (1994)	Riesgo es la exposición a la posibilidad de pérdidas económicas y financieras, de daños en las cosas y en las personas o de otros perjuicios como consecuencia de la incertidumbre que origina el llevar a cabo una acción.
Escuela Cubana de Seguros (1995)	Posibilidad de que por azar ocurra un hecho que produzca una necesidad patrimonial. Es decir, se plantea que se soporta un riesgo cuando se sufren las consecuencias de la ocurrencia de un hecho previsto como posible.
Casa Savedras (1997)	El riesgo es la posibilidad de que un evento o acción pueda afectar en forma adversa a la organización.
Jorion (1999)	Volatilidad de los flujos financieros esperados, generalmente derivada del valor de los activos o los pasivos.
Universidad Nacional de Colombia (2001)	Posibilidad de ocurrencia de aquella situación que pueda entorpecer el normal desarrollo de las funciones de la entidad y le impidan el logro de sus objetivos.
Fragoso (2002)	Potencial de pérdidas que existe asociado a una operación productiva, cuando cambian en forma no planeada las condiciones definidas como estándares para garantizar el funcionamiento de un proceso o del sistema productivo en su conjunto.
Rodríguez, Frías C & Souquetc (2002)	Probabilidad de que los precios de los activos que se tengan en un portafolio se muevan adversamente ante cambios en las variables macroeconómicas que los determinan.
Quirós (2003)	El riesgo no es más que la probabilidad de ocurrencia de hechos y fenómenos internos y externos que pueden afectar el cumplimiento de los objetivos en la organización.
Dorta (2004)	El riesgo es una posibilidad de sufrir una pérdida o no.
Gonzalo Alonso (2005)	Desde el punto de vista estadístico, el riesgo se define como la esperanza matemática de la pérdida.

Edwin Gutiérrez (2007)	El riesgo es un término de naturaleza probabilística, que se define como “egresos o pérdidas probables consecuencia de la probable ocurrencia de un evento no deseado o falla”.
Prieto Pérez (2008)	El riesgo en si lleva la idea de Posibilidad de pérdida que implica posibilidades de pérdidas no compensadas con posibilidades de ganancias.
Mejía Correa (2009)	El riesgo es la combinación de la probabilidad de algún evento que ocurre durante un periodo de tiempo de interés y las consecuencias (generalmente negativas) asociadas con el evento.
Meriño Amador (2011)	El riesgo es valorado por una medida subjetiva de la gravedad de los efectos y una estimación de la probabilidad de ocurrencia por un periodo de tiempo predeterminado.
Romero Sánchez (2012)	Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso no deseado que puede ocasionar daños o perdidas.
Casares (2013)	La incertidumbre sobre la ocurrencia y la magnitud de un suceso con efectos negativos. Posibilidad de que un peligro se materialice sobre un sujeto causando un daño. Dicha materialización se denomina accidente o siniestro. En terminología de seguros, un riesgo puede ser el sujeto expuesto a una contingencia objeto de un seguro.
ISO:31000 (2015)	Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso no deseado que puede ocasionar daños o perdidas.
Adams, Srinivasan, Parlika & Crespo (2016)	Es un indicador útil para determinar el tiempo óptimo de reparación / reemplazo con el fin de obtener un mínimo costo operacional de mantenimiento.

Fuente: Betancourt Conde (2016).

Anexo #2: Herramientas utilizadas para la evaluación del riesgo

Tabla 1: Herramientas utilizadas para la evaluación del riesgo: aplicación (ISO 31010)

Herramientas y técnicas	Proceso de evaluación del riesgo				
	Identificación del riesgo	Análisis del riesgo			Evaluación del riesgo
		Consecuencia	Probabilidad	Nivel de riesgo	
Tormenta de ideas (Brainstorming)	FA	NA	NA	NA	NA
Entrevistas estructuradas o semiestructuradas	FA	NA	NA	NA	NA
Delphi	FA	NA	NA	NA	NA
Lista verificación (Check-lists)	FA	NA	NA	NA	NA
Análisis preliminar de riesgos	FA	NA	NA	NA	NA
Estudios de riesgos operacionales (HAZOP)	FA	FA	A	A	A
Análisis de riesgos y puntos de control críticos (HACCP)	FA	FA	NA	NA	FA
Valoración de riesgo medioambiental	FA	FA	FA	FA	FA
Que pasaría si (What if)	FA	FA	FA	FA	FA
Análisis de escenario	FA	FA	A	A	A
Análisis del impacto en el negocio	A	FA	A	A	A
Análisis de causa	NA	FA	FA	FA	FA
Análisis modal de fallos potenciales y sus efectos (ANFE-FMEA)	FA	FA	FA	FA	FA
Análisis de árbol de fallos	A	NA	FA	A	A
Análisis de árbol de sucesos	A	FA	A	A	NA
Análisis de causa consecuencia	A	FA	FA	A	A
Análisis de causa efecto	FA	FA	NA	NA	NA
Análisis de niveles de protección	A	FA	A	A	NA
Árbol de decisión	NA	FA	FA	A	A
Análisis de fiabilidad humana	FA	FA	FA	FA	A
Análisis de la pajarita	NA	A	FA	FA	A
Mantenimiento centrado en la confiabilidad	FA	FA	FA	FA	FA
Análisis de errores de diseño (SNEAK)	A	NA	NA	NA	NA
Análisis de Markov	A	FA	NA	NA	NA
Simulación de Monte Carlo	NA	NA	NA	NA	FA
Estadísticas y redes Bayesianas	NA	FA	NA	NA	FA
Curvas FN	A	FA	FA	A	FA
Índices de riesgos	A	FA	FA	A	FA
Matriz de consecuencia/probabilidad	FA	FA	FA	FA	A
Análisis coste/beneficio	A	FA	A	A	A
Análisis de decisión multicriterio	A	FA	A	FA	A

Fuente: Tomado de ISO:31010 (2015).



Anexo #3: Herramientas utilizadas para la evaluación del riesgo

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA:	#	REALIZADO POR:	FECHA		HOJA	
	FUNCIÓN:	REF	REVISADO POR:	FECHA		DE	
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE LOS FALLOS	S	O	D	NPR

Anexo #4. Resultados obtenidos de la Hoja de Trabajo del AMFE

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Administración del mantenimiento		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCIÓN: Sistema de información		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Garantizar la información necesaria relativa al equipamiento del área, con la calidad y fiabilidad requerida.	A	Insuficiente e inefectiva información para la toma de decisiones en el área de mantenimiento.	1	Falta de catálogos e información técnica de los equipos en el área.	Deficiente planificación de las actividades de mantenimiento del equipamiento.			2	2	1	4
				2	Deficiente captura de información en terreno respecto a la estadística de fallos.	Deficiente cálculo de los índices de eficiencia y eficacia de mantenimiento.			7	10	2	140
				3	No existencia de un software de apoyo a la Gestión de mantenimiento.	No se dispone de información accesible en tiempo real.			7	5	1	35
				4	No se consulta a mantenimiento cuando alguna política corporativa le puede afectar	Deficiente contribución de mantenimiento con la rentabilidad global de la organización.			5	4	2	40

Anexo # 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Administración del mantenimiento	#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Organización y planificación	REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE LOS FALLOS	S	O	D	NPR				
1	Planificar y organizar adecuadamente las acciones de mantenimiento en el área.	A Incorrecta planificación y organización de los trabajos de mantenimiento.	1	No se encuentra implementado un Plan de Mantenimiento Programado.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento, así como, baja calidad en los trabajos realizados.			9	9	2	162
			2	No se encuentran definidos correctamente los objetivos del área de mantenimiento.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento, tanto las preventivas como las correctivas.			4	4	2	32
			3	Los objetivos del área de mantenimiento no están acordados con la política de la empresa.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento, tanto las preventivas como las correctivas.			4	4	2	32
			4	No se tiene calculado el volumen de trabajos de mantenimiento que puede realizarse.	Deficiente cálculo de los indicadores relacionados con el volumen de trabajo de mantenimiento, poco útiles e inoportunos.			6	7	1	42

			5	No se utilizan adecuadamente los órdenes de trabajo, ni se lleva el control de avance de las mismas.	Acciones de mantenimiento dejadas de realizar o realizadas ineficientemente por falta de control.	9	10	1	90
			6	No existe compatibilidad en la toma de decisiones entre producción y mantenimiento.	Incumplimiento de los planes de mantenimiento (no se detienen los equipos cuando tienen planificado los mantenimientos).	9	6	2	108
			7	No se ha realizado un análisis de criticidad de los equipos o el mismo es incompleto.	Se realiza el mismo tipo de mantenimiento a todo el equipamiento, acarreado costos de mantenimiento excesivos.	10	6	1	60
			8	No se conoce el tiempo que se emplea para realizar un efectivo mantenimiento.	Deficiente planificación de los recursos del área al no poder desarrollarse un adecuado balance carga-capacidad.	8	6	2	96

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Administración del mantenimiento		#	Realizado por:	FECHA			HOJA				
	FUNCIÓN: Gestión del presupuesto		REF	Revisado por:	FECHA			DE				
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Garantizar el presupuesto necesario para desarrollar las acciones de mantenimiento.	A	No se garantiza todo el presupuesto necesario para desarrollar las acciones de mantenimiento.	1	El presupuesto definido no obedece a un análisis de las necesidades del área de mantenimiento.	Acciones de mantenimiento dejadas de realizar o realizadas ineficientemente por falta de presupuesto.			10	9	1	90
				2	El departamento de mantenimiento o la dirección a la cual se subordina no participa en la previsión del presupuesto para mantenimiento.	Acciones de mantenimiento dejadas de realizar o realizadas ineficientemente por falta de presupuesto.			9	6	2	108

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Servicios de terceros		#	Realizado por:	FECHA			HOJA				
	FUNCIÓN: Selección de proveedores		REF	Revisado por:	FECHA			DE				
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Seleccionar correctamente los proveedores de los servicios de mantenimiento.	A	Deficiente selección de los proveedores para los servicios de mantenimiento.	1	No tienen definido un procedimiento para la selección de proveedores de servicios de mantenimiento.	Se seleccionan proveedores no aptos para los servicios de mantenimiento necesarios.			9	4	1	36
				2	Se tiene definido un procedimiento para la selección de proveedores de servicios de mantenimiento, pero no está correctamente implementado.	Se seleccionan proveedores no aptos para los servicios de mantenimiento necesarios.			8	6	1	48

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Servicios de terceros		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		FUNCIÓN: Administración de las relaciones y evolución de proveedores		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Garantizar una adecuada marcha de las relaciones de la empresa con los proveedores de servicios de mantenimiento.	A	Inadecuada planificación y control del procedimiento que permite la evaluación de los proveedores de mantenimiento.	1	Planificación incorrecta del procedimiento que permite evaluar y homologar los proveedores.	Desconocimiento del nivel de calidad del servicio prestado por los proveedores.		5	7	1	35
				2	Dentro del procedimiento no existe la reevaluación de los proveedores que han actuado satisfactoriamente.	Proveedores mal evaluados y no rectificación de los problemas confrontados hasta el momento.		7	7	2	98
		B	Deficiente o nula evaluación de los proveedores de los servicios de mantenimiento.	1	No tienen definida una herramienta para la evaluación de los proveedores de servicios de mantenimiento.	Desconocimiento del nivel de calidad del servicio prestado por los proveedores.		8	8	1	64

			2	No verificación, en algunas ocasiones, del cumplimiento de la garantía de los servicios.	En ocasiones se aceptan trabajos realizados por los proveedores sin la calidad necesaria.	7	8	2	112
			3	Inadecuado análisis de los indicadores de control a las actividades realizadas por los proveedores de mantenimiento.	Proveedores mal evaluados y no rectificación de los problemas confrontados hasta el momento.	8	6	1	48

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Servicios de terceros		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
	FUNCIÓN: Selección de las actividades a tercerizar		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Garantizar una adecuada selección de las actividades de mantenimiento a tercerizar para garantizar un adecuado desempeño del área de mantenimiento en la empresa.	A	Deficiente selección de las actividades a tercerizar en el área de mantenimiento.	1	No se encuentra definida correctamente la política para la contratación de trabajos de mantenimiento, incluyendo sus metas y objetivos.	No se identifica qué actividades es más factible tercerizar que realizar con medios propios.	9	7	1	63	
				2	Incorrecto uso de la política de contratación de trabajos de mantenimiento.	No siempre se tercerizan las actividades que lo precisan y/o se hace en aquellas que no lo precisan.	8	7	2	112	



Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Personal del Mantenimiento		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Estructura y plantilla del personal		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Garantizar la estructura y plantilla adecuada del personal del área de mantenimiento en la empresa.	A	No se dispone del personal suficiente (en cantidad y calidad) en el área de mantenimiento.	1	No se encuentra definida la plantilla de personal del área de mantenimiento.	No se garantiza la platilla necesaria en el área de mantenimiento (ni en cantidad ni en calidad)			9	5	1	45
				2	Se encuentra definida la plantilla de personal del área de mantenimiento, pero no está cubierta adecuadamente.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento, tanto las preventivas como las correctivas.			10	4	1	40
				3	No están definidas claramente las responsabilidades y tareas del personal de mantenimiento.	Desorganización en el trabajo del área de mantenimiento.			7	7	2	98



			4	No se corresponde el perfil del personal con las necesidades existentes.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento, tanto las preventivas como las correctivas; así como, baja calidad en los trabajos realizados.	8	6	1	48
--	--	--	---	--	--	---	---	---	----

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Personal del Mantenimiento		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Clasificación, plan de formación y evaluación del personal		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Garantizar una adecuada calificación y formación del personal del área de mantenimiento que los mantenga a la altura de las exigencias actuales.	A	No se logra una adecuada formación del personal encargado del mantenimiento en la empresa.	1	No existencia de un registro de los operarios que trabajan en los equipos.	Desorganización en el trabajo del área de mantenimiento.			5	10	2	100
				2	No existe plan de actualización, capacitación y adiestramiento del personal de mantenimiento.	Personal no preparado en las últimas tendencias en el campo del mantenimiento, lo que trae ineficiencia en el desempeño del área.			5	8	1	40
				3	Plan de capacitación incompleto, no dirigido a todo el personal de mantenimiento.	Personal no preparado en las últimas tendencias en el campo del mantenimiento, lo que trae ineficiencia en el desempeño del área.			8	6	1	48

			4	Plan de capacitación desactualizado, no acorde con la tecnología del equipamiento.	Personal no preparado en las últimas tendencias en el campo del mantenimiento, lo que trae ineficiencia en el desempeño del área.	9	6	1	54
			5	Los trabajadores no reciben de manera periódica formación en materia de gestión de mantenimiento.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento por poca formación del personal.	8	8	1	64
			6	No están definidos los métodos y procedimientos para evaluar el desempeño del personal según su puesto de trabajo.	Desconocimiento del nivel de desempeño real del personal.	6	8	2	96
			7	Se realizan evaluaciones, pero no se consideran los resultados para el mejoramiento continuo.	Planes de trabajo del personal no enfocados al mejoramiento continuo de éstos	5	4	1	20

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Personal del Mantenimiento		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Motivación y participación		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Motivar, escuchar y hacer participe a los trabajadores en la planificación y mejoramiento de las actividades.	A	No existe una adecuada motivación hacia los trabajadores del área de mantenimiento.	1	No existe un sistema que permita documentar y evaluar sus propuestas de mejora.	Incumplimiento de los trabajadores con el plan de trabajo planificado en el mes (Eliminación de la estimulación).			10	8	2	160
				2	No existe un interés por la parte administrativa de manera periódica por las dificultades de su trabajo.	Incumplimiento de los trabajadores con el plan de trabajo planificado en el mes (Eliminación de la estimulación).			4	10	1	40
				3	Existen retrasos en el pago de salarios de los trabajadores por errores administrativos en el cálculo de nóminas.	Incumplimiento de los trabajadores con el plan de trabajo planificado en el mes (Eliminación de la estimulación).			10	10	1	100

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Gestión de piezas de repuestos		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Gestión de compras		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Adquirir los recursos necesarios, con la calidad y oportunidad requerida, para cumplir con el objetivo del área de mantenimiento.	A	Adquisición de recursos con mala calidad.	1	Violación del proceso establecido para la selección y clasificación de proveedores.	Compra de piezas que incumplen los requisitos de calidad.			7	4	2	56
				2	Violación del sistema establecido para el control de la calidad cuando se efectúa la compra.	Compra de piezas que incumplen los requisitos de calidad.			7	7	2	98
		B	Falta de oportunidad en la llegada a tiempo de las piezas de repuesto que se adquieren.	1	Inadecuada planificación (previsión) de la demanda de piezas de repuesto.	Existencia de sobrantes o faltantes de piezas.			9	9	1	81

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Gestión de piezas de repuestos		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Gestión de inventario		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Almacenar e inventariar adecuadamente todas las piezas y materiales que se necesiten.	A	Deficiente almacenamiento y conservación de los materiales.	1	Almacén en malas condiciones.	Deterioro de productos.			6	1	1	6
				2	Poca capacidad de almacén.	Deterioro de productos.			7	1	2	14
				3	Se almacenen en patios productos que no deben estar.	Deterioro de productos.			7	1	2	14
				4	Falta de organización dentro del almacén a la hora de localizar lo existente dentro del mismo.	Ocurrencia de hechos ilícitos (pérdida de materiales).			7	1	1	7
				5	Incorrecta rotación de los inventarios.	Inventarios ociosos.			6	6	1	36

			6	Inadecuado sistema para realizar inventarios de materiales contenidos en el almacén.	Incrementar innecesariamente el volumen de piezas en las reparaciones	8	7	2	112
			7	No existe un software con que se despache el producto.	Inventarios ociosos.	8	8	2	128



Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Evaluación y Control		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Organización de la evaluación		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Garantizar la evaluación y el control del desempeño del área de mantenimiento.	A	No se evalúa, ni se controla correctamente el desempeño del área de mantenimiento.	1	No se encuentra definido el procedimiento para realizar la evaluación y control del desempeño del área de mantenimiento.	Desconocimiento del nivel de desempeño real del área de mantenimiento en cada período.			10	5	1	50
				2	No se respeta el procedimiento de evaluación del mantenimiento establecido.	Desconocimiento del nivel de desempeño real del área de mantenimiento en cada período.			5	4	1	20
				3	No identificación correcta de las actividades que han de controlarse, así como	Desconocimiento del nivel de desempeño real del área de mantenimiento en cada período.			6	6	2	72



			los períodos de evaluación.				
--	--	--	--------------------------------	--	--	--	--

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Evaluación y control	#	Realizado por:	FECHA	HOJA					
HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		FUNCION: Empleo de indicadores y auditorías	REF	Revisado por:	FECHA	DE					
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Garantizar que se aplique correctamente la auditoria y los indicadores para evaluar el desempeño del área de mantenimiento.	A No se utiliza adecuadamente los indicadores para evaluar el desempeño del área de mantenimiento.	1	No están definidos los indicadores a emplear para evaluar el desempeño del mantenimiento.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento planificadas en el mes, tanto las preventivas como las correctivas, así como, baja calidad en los trabajos realizados.			9	7	1	63
			2	Los indicadores definidos no son los adecuados para evaluar las reparaciones que se planifican.	Deficiente cálculo de los índices de eficiencia y eficacia de mantenimiento, poco útil e inoportuna.			8	6	1	48

	B	No se usa adecuadamente la auditoria para evaluar y controlar el área de mantenimiento.	3	Se encuentran definidos los indicadores a emplear, pero no se emplean adecuadamente para evaluar el desempeño del área.	Deficiente cálculo de los índices de eficiencia y eficacia de mantenimiento, poco útil e inoportuna.	7	7	2	98
			1	No se tiene establecida la realización de auditorías internas en el área de mantenimiento.	Incumplimiento de las actividades a controlarse en el mes, así como, baja calidad en los trabajos realizados.	7	5	1	35
			2	Se posee un procedimiento para el desarrollo de auditorías internas, pero no se aplican adecuadamente.	Incumplimiento de las actividades a controlarse en el mes, así como, baja calidad en los trabajos realizados.	6	6	1	36

			3	No se emplean los resultados de las auditorías en el mejoramiento del accionar del área de mantenimiento	Desconocimiento del nivel de desempeño real del área de mantenimiento en cada período.	7	7	1	49
--	--	--	---	--	--	---	---	---	----

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Evaluación y control		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Toma de decisiones		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Tomar las decisiones adecuadas y permisibles en las actividades de control y evaluación del mantenimiento.	A	No se toman las decisiones correctas en el control y evaluación de las actividades de mantenimiento.	1	No existe ningún sistema para investigar y tener registrada las causas de las inconformidades del servicio de mantenimiento.	Decisiones poco oportunas al no disponer de información accesible en tiempo real.			5	10	1	50
				2	No existe ningún software que sirva de soporte a la toma de decisiones del área de mantenimiento.	Decisiones poco oportunas al no disponer de información accesible en tiempo real.			7	4	2	56



			3	No se posee estadística histórica sobre el desempeño del área de mantenimiento.	No se consideran las tendencias históricas en la toma de decisiones del área.	6	6	1	36
--	--	--	----------	---	---	---	---	---	-----------

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Infraestructura		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Instalaciones		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Disponer de las instalaciones adecuadas para desarrollar las actividades de mantenimiento.	A	No son adecuadas las instalaciones disponibles para la realización de las actividades de mantenimiento en la empresa.	1	No está bien ubicado el taller de mantenimiento con respecto a los equipos que hay que brindarle el servicio.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento, tanto las preventivas como las correctivas; así como, baja calidad en los trabajos realizados.			7	1	2	14
				2	Deficiente organización del taller de mantenimiento.	Desorganización en el trabajo del área de mantenimiento.			6	1	1	6
				3	Insuficiente espacio disponible en el taller de mantenimiento para poder realizar todos los trabajos demandados.	Retrasos en los trabajos de mantenimiento.			7	1	2	14

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Infraestructura		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
	FUNCION: Equipamiento y medios técnicos		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Disponer del equipamiento y medios técnicos adecuados para desarrollar las actividades de mantenimiento.	A No es adecuado el equipamiento y medios técnicos disponibles para la realización de las actividades de mantenimiento en la empresa.	1	El equipamiento y medios disponibles se encuentran en mal estado técnico.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento; así como, baja calidad en los trabajos realizados.			9	1	1	9
			2	La tecnología del equipamiento y medios disponibles no se corresponden con los demandados por las acciones de mantenimiento a ejecutar (tecnología obsoleta).	Acciones de mantenimiento dejadas de realizar o realizadas ineficientemente por el mal estado de los equipos.			8	1	1	8
			3	El equipamiento y medios disponibles no son suficiente para la cantidad de trabajo demandado.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento; así como, baja calidad en los trabajos realizados por el mal estado de los equipos.			8	1	1	8

			4	No se cuenta con una política de reemplazo de los equipos disponibles para las actividades de mantenimiento.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento; así como, baja calidad en los trabajos realizados por el mal estado de los equipos.	6	4	2	48
			5	No se consulta al personal de mantenimiento y/o producción para la selección de nuevo equipamiento.	Se adquiere equipamiento no adecuado para las actividades de mantenimiento a acometer.	4	4	1	16
			6	No se tiene un levantamiento de planta que describa e identifique a todos los equipos a mantener.	Se desconoce la carga de trabajo a acometer por el equipamiento.	5	7	1	35
			7	No se cuentan con los medios de oficina adecuados (computadoras, impresora, teléfonos)	Desorganización en el trabajo del área de mantenimiento.	8	5	1	40

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Evaluación y control		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Toma de decisiones		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Tomar las decisiones adecuadas y permisibles en las actividades de control y evaluación del mantenimiento.	A	No se toman las decisiones correctas en el control y evaluación de las actividades de mantenimiento.	1	No existe ningún sistema para investigar y tener registrada las causas de las inconformidades del servicio de mantenimiento.	Decisiones poco oportunas al no disponer de información accesible en tiempo real.			5	8	1	40
				2	No existe ningún software que sirva de soporte a la toma de decisiones del área de mantenimiento.	Decisiones poco oportunas al no disponer de información accesible en tiempo real.			7	4	2	56



			3	No se posee estadística histórica sobre el desempeño del área de mantenimiento.	No se consideran las tendencias históricas en la toma de decisiones del área.	6	4	1	24
--	--	--	----------	---	---	---	---	---	-----------

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Infraestructura		#	Realizado por:	FECHA			HOJA		
	FUNCION: Medios técnicos y herramientas		REF	Revisado por:	FECHA			DE		
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Garantizar que los medios técnicos y herramientas se mantengan en buen estado y que estén abundantes en el área para facilitarle el trabajo al personal de mantenimiento.	A	Algunos de los medios técnicos y herramientas del área de mantenimiento no se encuentran en buen estado para realizar los trabajos.	1	Existen algunos de los instrumentos que son usados en mantenimiento que tienen vencida su calibración.	Baja calidad y efectividad de las actividades de mantenimiento.	9	6	1	54
				2	No existe una política de reemplazo y actualización de los medios técnicos y herramientas del área de mantenimiento.	Baja calidad y efectividad de las actividades de mantenimiento.	8	4	2	64
		B	No se encuentran disponibles todos los medios técnicos y	1	Falta de catálogos e información técnica de las herramientas que se utilizan en cada	Deficiente planificación de las actividades de mantenimiento del equipamiento.	4	9	2	72

		herramientas necesarios en el área.	actividad de mantenimiento.					
			2 No se realizan las gestiones pertinentes para la adquisición de los medios y herramientas necesarios en el área de Mantenimiento.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento, demoras y ejecuciones con baja calidad.	9	8	1	72
			3 No se conoce el tipo de medios y herramientas necesarios para cubrir el mantenimiento de la tecnología instalada en la empresa.	Demoras en la ejecución de las actividades de mantenimiento del equipamiento.	6	4	1	24

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Seguridad		#	Realizado por:	FECHA			HOJA		
	FUNCION: Formación periódica en seguridad		REF	Revisado por:	FECHA			DE		
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	A	Garantizar una adecuada formación del personal de mantenimiento en materias de seguridad para así evitar cualquier accidente laboral.	No se logra una adecuada formación del personal de mantenimiento en materias de seguridad laboral en su puesto de trabajo.	1	Plan de capacitación de seguridad incompleto, no dirigido a todo el personal de mantenimiento.	No se garantiza la capacitación del personal necesaria en el área de mantenimiento (ni en cantidad ni en calidad)	5	5	1	25
				2	Plan de capacitación desactualizado, no acorde con la tecnología del equipamiento.	Incumplimiento de las actividades planificadas con respecto a la seguridad al trabajador, así como, puede ocurrir accidentes laborales.	5	6	1	30
				3	Los trabajadores no reciben de manera periódica formación en materia de seguridad y salud del trabajo.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento por poca formación del personal.	7	7	2	98

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Seguridad		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Control del plan de seguridad		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Garantizar el cumplimiento acertado del plan de seguridad elaborado para el área de mantenimiento.	A	No se cumple adecuadamente el plan de seguridad elaborado para el área de mantenimiento.	1	Se violan los requisitos que dan cumplimiento al plan de seguridad establecido en el área.	Ocurrencia de posibles accidentes laborales.	10	6	1			60
				2	No existe una auto-inspección periódica que verifique el cumplimiento del plan de seguridad.	Ocurrencia de posibles accidentes laborales.	8	7	2			112
				3	Plan de seguridad desactualizado, no acorde con la tecnología del equipamiento.	Incumplimiento de las actividades planificadas en el mes, así como, pueden ocurrir accidentes laborales.	8	7	1			56

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Seguridad		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Control de evaluación de riesgo		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Garantizar la seguridad del personal a través de la mitigación de los riesgos de trabajo potenciales.	A	No se garantiza la seguridad del personal a través de la mitigación de los riesgos de trabajo potenciales.	1	No se cuenta con todos los medios de protección individual.	Posibles accidentes laborales.			8	5	2	80
				2	Violación del uso de medios de protección individual por parte de los trabajadores del área.	Posibles accidentes laborales.			7	3	1	21
				3	No se ha efectuado la evaluación de riesgo al personal de mantenimiento.	Posibles accidentes laborales.			4	4	2	32
				4	No se cumple con el programa de prevención de riesgo relacionado con la seguridad.	Posibles accidentes laborales.			4	4	1	16

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Medio ambiente		#	Realizado por:	FECHA			HOJA				
	FUNCION: Control del plan medioambiental		REF	Revisado por:	FECHA			DE				
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Garantizar que no ocurran afectaciones al medio ambiente derivadas de acciones de mantenimiento.	A	No se garantizar el total cuidado del medio ambiente a través de las acciones de mantenimiento.	1	No se analizan adecuadamente los aspectos medioambientales y su significado en el área de mantenimiento.	Posibles afectaciones al medio ambiente al no cuidarse todos los aspectos que pueden ser afectados mediante actividades de mantenimiento.			4	7	2	56
				2	No todo el personal actúa de acuerdo con el plan medioambiental por la falta de conocimiento del mismo.	Posibles afectaciones al medio ambiente.			7	10	2	140
				3	El plan medioambiental del área de mantenimiento se encuentra incompleto.	Posibles afectaciones al medio ambiente al no cuidarse todos los aspectos que pueden ser afectados mediante actividades de mantenimiento.			10	9	1	90

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA		ÁREA: Medio ambiente		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
		FUNCION: Formación periódica medioambiental		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
1	Garantizar una adecuada formación del personal del área de mantenimiento en materia medioambiental.	A	No se logra una adecuada formación del personal de mantenimiento en materia medioambiental.	1	No se realiza el levantamiento de las carencias de conocimiento que en materia medioambiental posee el personal del área.	Personal no preparado en las últimas tendencias en el campo del medio ambiente, lo que trae posibles contaminaciones al medio ambiente.			4	9	2	72
				2	El plan de formación medioambiental del área de mantenimiento no cubre a todo el personal.	Personal no preparado en las últimas tendencias en el campo del medio ambiente, lo que trae posibles contaminaciones al medio ambiente.			7	7	1	49
				3	No existe una incentivación por parte de la dirección de la empresa a que el personal participe en las actividades de formación medioambiental.	No participación del personal en las actividades de superación medio ambiental.			4	4	1	16

			4	Plan de capacitación medio ambiente desactualizado, no acorde con la tecnología del equipamiento.	Personal no preparado en las últimas tendencias en el campo del medio ambiente, lo que trae posibles contaminaciones al medio ambiente.	10	8	1	80
--	--	--	---	---	---	----	---	---	-----------

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Aseguramiento a la calidad		#	Realizado por:	FECHA			HOJA				
	FUNCION: Normas del proceso tecnológico		REF	Revisado por:	FECHA			DE				
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Lograr el cumplimiento de las normas del proceso tecnológico en el área de mantenimiento.	A	No se cumple con las normas del proceso tecnológico en el área de mantenimiento.	1	No siempre la administración toma medidas cuando se violan los parámetros de las normas de los procesos.	Desorganización en el trabajo del área de mantenimiento.			7	6	1	42
				2	No se revisa la existencia de las normas del proceso tecnológico en las etapas de los productos a elaborar.	Baja calidad en los trabajos realizados.			9	9	2	162

			3	Se desconocen y no siempre se utilizan las normas de proceso tecnológico por la dirección y personal de mantenimiento	Baja calidad en los trabajos realizados.	7	7	1	49
			4	No se cumplen los parámetros de proceso, ni existe un aseguramiento metrológico en el área.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento, tanto las preventivas como las correctivas; así como, baja calidad en los trabajos realizados.	10	8	2	160

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Aseguramiento a la calidad		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
	FUNCION: Normas de inspección del proceso		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Garantizar el cumplimiento de las normas de inspección del proceso en el área de mantenimiento.	A No se cumple con las normas de inspección del proceso en el área de mantenimiento.	1	No se cumple de acuerdo al tiempo establecido por etapas las normas de inspección del proceso de mantenimiento.	Acciones de mantenimiento dejadas de realizar o realizadas ineficientemente por incumplir las normas establecidas.			8	4	2	64
			2	No se realizan las inspecciones que verifican el cumplimiento de las normas de inspección en el proceso de mantenimiento.	Deficiente uso de indicadores que permiten evaluar el rendimiento del proceso de mantenimiento.			8	6	2	96

			3	No se toma medidas por parte de la administración cuando son violadas las normas.	Desorganización en el trabajo del área de mantenimiento.	4	4	1	16
--	--	--	----------	---	--	---	---	---	-----------

Anexo #4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL FMEA	ÁREA: Aseguramiento a la calidad		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
	FUNCION: Código de prácticas de higiene		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Garantizar el cumplimiento del código de prácticas de higiene por el personal del área de mantenimiento.	A No se cumple con el código de práctica de higiene por el personal del área de mantenimiento.	1	Se realizan evaluaciones, pero no se consideran los resultados para el mejoramiento continuo	Deficiente uso de indicadores que permiten evaluar buena higiene en el local.			5	7	2	70
			2	Violación de las reglas de manipulación de los procesos para el logro de su inocuidad.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento por la falta de higiene en el local, así como, baja calidad en los trabajos realizados.			10	4	1	40
			3	No todo el personal técnico y obrero son capacitados para el cumplimiento de la práctica de higiene.	Incumplimiento de las actividades de mantenimiento por poca formación del personal.			10	8	2	160

			4	Plan de higienización incompleto, no dirigido a todo el personal de mantenimiento.	No se garantiza la capacitación del personal necesaria en el área de mantenimiento (ni en cantidad ni en calidad)	10	8	1	80
--	--	--	---	--	---	----	---	---	----

Anexo #5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Administración del mantenimiento. Sistema de información.

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado													
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR										
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo											
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H								
1	Falta de catálogos e información técnica de los equipos en el área.				X			X							X	X						-	-	-				
2	Deficiente captura de información en terreno respecto a la estadística de fallos.	X						X					X				X					Llevar el registro de la estadística de fallos del equipamiento .	Especialista Principal de mantenimiento	Permanente	7	4	1	28
3	No existencia de un software de apoyo a la Gestión de mantenimiento.			X				X						X		X					Diseñar o comprar un software que permita al personal apoyarse en los temas relacionados con la Gestión de	Especialista Principal de mantenimiento Económico	2018	7	2	1	14	



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Administración del mantenimiento. Organización y planificación

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No se encuentra implementado un Plan de Mantenimiento Programado.		X						X					X					X		Realizar el plan de mantenimiento programado para facilitar el volumen de trabajo de cada trabajador.	Especialista principal en mantenimiento	Anual	9	6	1	54
2	No se encuentran definidos correctamente los objetivos del área de mantenimiento.				X		X							X			X				Rediseñar los objetivos del área de mantenimiento	Especialista principal en mantenimiento	Diciembre 2017	4	2	1	8
3	Los objetivos del área de mantenimiento no están acordes con				X		X							X			X				Rediseñar los objetivos del área de mantenimiento , pero teniendo en cuenta la	Especialista principal en mantenimiento	Diciembre 2017	4	2	1	8



	la política de la empresa.																	política de la empresa.						
4	No se tiene calculado el volumen de trabajos de mantenimiento que puede realizarse.			X														Realizar el cálculo del volumen de trabajos de mantenimiento que se puede realizar por trabajador.	Especialista principal en mantenimiento	Anual	6	5	1	30
5	No se utilizan adecuadamente las órdenes de trabajo, ni se lleva el control de avance de las mismas.	X																Capacitar al personal de mantenimiento con respecto a cómo se utiliza y se controla las ordenes de trabajo.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	6 meses	9	5	1	45
6	No existe compatibilidad en la toma de decisiones entre producción y mantenimiento.			X														Planificar actividades que vincule al personal de las dos áreas para así lograr la coexistencia entre los mismos.	Especialista principal en mantenimiento Especialista en producción	3 meses	9	4	1	36



ANEXOS

7	No se ha realizado un análisis de criticidad de los equipos o el mismo es incompleto.			X										X			X			Realizar análisis de criticidad a todos los equipos que se encuentran en el área para prevenir cualquiera avería.	Mecánico B de mantenimiento	6 meses	10	4	1	40
8	No se conoce el tiempo que se emplea para realizar un efectivo mantenimiento.			X										X				X		Realizar un diagnóstico del tiempo que puede demorar un efectivo mantenimiento	Especialista principal en mantenimiento	30 días	8	2	1	16



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Administración del mantenimiento. Gestión del presupuesto

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo								Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo							
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	El presupuesto definido no obedece a un análisis de las necesidades del área de mantenimiento.		X							X					X				X		Realizar un análisis económico en el presupuesto definido para el área de mantenimiento teniendo en cuenta que el mismo alcance para todas las necesidades presentes en el año.	Especialista principal de economía Especialista principal en mantenimiento	Anual	10	5	1	50
2	El departamento de mantenimiento o la dirección a la cual se subordina no participa en la previsión del presupuesto			X					X					X					X		Tener en cuenta a la hora de la determinación del presupuesto para el área la presencia de uno de los miembros del	Especialista principal de economía Especialista principal en mantenimiento	Anual	9	4	1	36

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Servicios de terceros. Selección de proveedores

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:								Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado				
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:											S	O	D	NPR	
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S						H		
1	No tienen definido un procedimiento para la selección de proveedores de servicios de mantenimiento.				X					X					X						Diseñar un procedimiento que permita a la selección de los proveedores de servicio de mantenimiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Diciembre 2017	9	2	1	18
2	Se tiene definido un procedimiento para la selección de proveedores de servicios de mantenimiento, pero no está correctamente implementado.			X					X					X							Implementar más el procedimiento diseñado para facilitar aún más a la selección de los proveedores de servicio de mantenimiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Diciembre 2017	8	3	1	24

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Servicios de terceros. Administración de las relaciones y evolución de proveedores

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	Planificación incorrecta del procedimiento que permite evaluar y homologar los proveedores.			X					X						X		X				Realizar una correcta planificación del procedimiento que permite evaluar y homologar los proveedores.	Especialista principal de Gestión de Recursos Humanos	Diciembre 2017	5	4	1	20
2	Dentro del procedimiento no existe la reevaluación de los proveedores que han actuado satisfactoriamente.			X				X						X				X			Adicional otro punto dentro del procedimiento que se relacione con la reevaluación de los proveedores que han actuado satisfactoriamente	Especialista principal de Gestión de Recursos Humanos	Diciembre 2017	7	4	1	28
3	No tienen definida una herramienta para la evaluación de los proveedores de servicios de mantenimiento.	X							X						X		X				Diseñar una herramienta que permita evaluar el desempeño de los proveedores de servicio de mantenimiento.	Especialista principal de Gestión de Recursos Humanos	2018	8	4	1	32



ANEXOS

4	No verificación, en algunas ocasiones, del cumplimiento de la garantía de los servicios.		X					X					X			X	Realizar controles en el cumplimiento de la garantía de los servicios.	Especialista principal en mantenimiento	30 días	7	5	1	35
5	Inadecuado análisis de los indicadores de control a las actividades realizadas por los proveedores de mantenimiento.		X					X					X	X		Efectuar un profundo análisis de los indicadores de control a las actividades realizadas por los proveedores de mantenimiento.	Especialista principal en mantenimiento	Diciembre 2017	8	4	1	32	



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Servicios de terceros. Selección de las actividades a tercerizar

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No se encuentra definida correctamente la política para la contratación de trabajos de mantenimiento, incluyendo sus metas y objetivos.			X						X					X		X				Especificar detalladamente la política, metas y objetivos que se traça el área para realizar las contrataciones de los trabajos de mantenimiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos Especialista Principal en mantenimiento	Diciembre 2017	9	4	1	36
2	Incorrecto uso de la política de contratación de trabajos de mantenimiento.			X					X					X				X			Capacitar al personal encargado de realizar las contrataciones de trabajo de mantenimiento con respecto al uso de la política de contratación.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	6 meses	8	5	1	40



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Personal del Mantenimiento. Estructura y plantilla del personal

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:								Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado				
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:											S	O	D	NPR	
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección				Evaluación del riesgo											
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S						H		
1	No se encuentra definida la plantilla de personal del área de mantenimiento.			X						X					X		X				Definir la plantilla del personal del área de mantenimiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Anual	9	2	1	18
2	Se encuentra definida la plantilla de personal del área de mantenimiento, pero no está cubierta adecuadamente.				X					X					X		X				Completar adecuadamente e la plantilla de personal del área de mantenimiento para facilitar la elaboración de la nómina de pago.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Anual	10	2	1	20
3	No están definidas claramente las responsabilidades y tareas del			X				X						X				X			Diseñarle a cada uno de los trabajadores un plan de tareas que les	Especialista principal en mantenimiento	6 meses	7	3	1	21



	personal de mantenimiento.																	permite ver las actividades planificadas y su responsabilidad en el área.						
4	No se corresponde el perfil del personal con las necesidades existentes.			X					X					X	X			Desarrollar planes de capacitación para el trabajador, enfocados a fortalecer sus áreas débiles de acuerdo al puesto que ocupa.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Anual	8	4	1	32



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Personal del Mantenimiento. Clasificación, plan de formación y evaluación del personal

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No existencia de un registro de los operarios que trabajan en los equipos.	X							X						X			X			Diseñar un registro de los operarios que trabajan en los equipos.	Técnico A en Gestión de Recursos Humanos	Anual	5	5	1	25
2	No existe plan de actualización, capacitación y adiestramiento del personal de mantenimiento.		X						X						X		X				Desarrollar planes de actualización, capacitación y adiestramiento para el trabajador, enfocados a fortalecer sus conocimientos débiles de acuerdo al puesto que ocupa en el área de mantenimiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Anual	5	4	1	20



ANEXOS

3	Plan de capacitación incompleto, no dirigido a todo el personal de mantenimiento.			X											X				X	X		Completar el plan de capacitación con el propósito que el mismo sea para todo el personal de mantenimiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Diciembre 2017	8	4	1	32
4	Plan de capacitación desactualizado, no acorde con la tecnología del equipamiento.			X											X				X	X		Actualizar el plan de capacitación que se crea de acorde a la tecnología del equipo.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Anual	9	4	1	36
5	Los trabajadores no reciben de manera periódica formación en materia de gestión de mantenimiento.	X													X				X	X		Planificar cursos de capacitación de forma periódica con el propósito de formarlos en materia de Gestión de mantenimiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Anual	8	4	1	32
6	No están definidos los métodos y procedimientos para evaluar el desempeño del personal según su puesto de trabajo.	X													X				X		X	Definir los métodos y procedimientos para evaluar el desempeño del personal según su puesto de trabajo	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Diciembre 2017	6	5	1	30

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Personal del Mantenimiento. Motivación y participación

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado														
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR											
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo								Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo									
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H									
1	No existe un sistema que permita documentar y evaluar sus propuestas de mejora.		X							X				X					X				Diseñar un sistema que permita documentar y evaluar las propuestas de mejoras del personal del área.	Especialista principal de mantenimiento	Permanente	10	7	1	70
2	No existe un interés por la parte administrativa de manera periódica por las dificultades de su trabajo.	X						X						X		X							Capacitar a los directivos con el propósito de que identifique posibles dificultades en el trabajo del obrero.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	6 meses	4	5	1	20



ANEXOS

3	Existen retrasos en el pago de salarios de los trabajadores por errores administrativos en el cálculo de nóminas.	X								X					X			Calcular correctamente la nómina de pago de cada uno de los obreros para evitar retrasos en el pago del salario del trabajador.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	30 días	10	4	1	40
---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	---	--	--	---	---	---------	----	---	---	----



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Gestión de piezas de repuestos. Gestión de compras

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado													
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR										
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo											
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H								
1	Violación del proceso establecido para la selección y clasificación de proveedores.				X				X						X			X				Controlar el cumplimiento con el proceso establecido para la selección y clasificación de proveedores.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Permanente	7	2	1	14
2	Violación del sistema establecido para el control de la calidad cuando se efectúa la compra.			X				X						X				X				Verificar la realización del procedimiento de control de la calidad en el momento en que se efectúa la compra.	Técnico de Gestión de la calidad Especialista principal en mantenimiento	Permanente	7	4	1	28
3	Inadecuada planificación (previsión) de la demanda de piezas de repuesto.	X							X					X				X				Planificar correctamente la demanda de las piezas de repuesto.	Especialista principal en mantenimiento	6 meses	9	7	1	63



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Gestión de piezas de repuestos. Gestión de inventario

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado														
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR											
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo								Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo									
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H									
1	Almacén en malas condiciones.					X			X							X	X						-	-	-				
2	Poca capacidad de almacén.					X			X						X	X							-	-	-				
3	Se almacenen en patios productos que no deben estar.					X			X						X	X							-	-	-				
4	Falta de organización dentro del almacén a la hora de localizar lo existente dentro del mismo.					X			X						X	X							-	-	-				



5	Incorrecta rotación de los inventarios.			X					X						X	X		Realizar un análisis a la documentación del almacén para controlar las existencias de las piezas de repuestos.	Jefe brigada de almacenamiento	Permanente	6	3	1	18
6	Inadecuado sistema para realizar inventarios de materiales contenidos en el almacén.			X					X						X		Rediseñar el sistema para realizar inventarios de materiales contenidos en el almacén.	Especialista en Economía	Diciembre 2017	8	3	1	24	
7	No existe un software con que se despache el producto.	X							X						X		Diseñar o comprar un software que garantice una rotación de inventarios de acuerdo al sistema FIFO.	Especialista Principal de mantenimiento Especialista en Economía	2018	8	4	1	32	



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Evaluación y Control. Organización de la evaluación

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado													
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR										
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo								Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo								
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H								
1	No se encuentra definido el procedimiento para realizar la evaluación y control del desempeño del área de mantenimiento.			X						X					X		X				Confeccionar un procedimiento que permita realizar la evaluación y control del desempeño del área de mantenimiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Diciembre 2017	10	3	1	30	
2	No se respeta el procedimiento de evaluación del mantenimiento establecido.				X			X							X	X					-	-	-					

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Evaluación y control. Empleo de indicadores y auditorías

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No están definidos los indicadores a emplear para evaluar el desempeño del mantenimiento.			X					X						X			X			Definir los indicadores para evaluar el desempeño del mantenimiento en la empresa	Especialista principal en mantenimiento	Diciembre 2017	9	4	1	36
2	Los indicadores definidos no son los adecuados para evaluar las reparaciones que se planifican.			X					X					X		X				Definir adecuadamente los indicadores para evaluar las reparaciones que se planifican.	Especialista principal en mantenimiento	Diciembre 2017	8	3	1	24	
3	Se encuentran definidos los indicadores a emplear, pero no se emplean adecuadamente para evaluar el desempeño del área.			X				X					X					X		Utilizar adecuadamente los indicadores definidos para evaluar el área de mantenimiento.	Especialista principal en mantenimiento	3 meses	7	5	1	35	

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Evaluación y control. Toma de decisiones

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No existe ningún sistema para investigar y tener registrada las causas de las inconformidades del servicio de mantenimiento.	X							X							X		X			Confeccionar un sistema para investigar y tener registrada las causas de las inconformidades del servicio de mantenimiento	Especialista Principal de mantenimiento	Anual	5	4	1	20
2	No existe ningún software que sirva de soporte a la toma de decisiones del área de mantenimiento.				X				X						X			X			Diseñar o comprar un software que sirva de soporte a la toma de decisiones del área de mantenimiento	Especialista Principal de mantenimiento Especialista Económico	2018	7	2	1	14



ANEXOS

3	No se posee estadística histórica sobre el desempeño del área de mantenimiento.			X												X		X			Llevar el registro de la estadística de fallos del equipamiento.	Especialista Principal de mantenimiento	Permanente	6	2	1	12
---	---	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	---	--	--	--	---	------------	---	---	---	----

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Infraestructura. Instalaciones

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado													
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:																					
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo											
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H	S	O	D	NPR				
1	Deficiente organización del taller de mantenimiento.					X			X						X		X					-	-	-				
2	Deficiente organización del taller de mantenimiento.					X			X						X	X						-	-	-				
3	Insuficiente espacio disponible en el taller de mantenimiento para poder realizar todos los trabajos demandados.					X			X						X	X						-	-	-				



																			equipos a mantener.							
7	No se cuentan con los medios de oficina adecuados (computadoras, impresora, teléfonos).			X						X					X		X		Introducir en el plan del presupuesto destinado para el área de mantenimiento la compra de medios de oficinas (computadoras, impresora, teléfonos).	Especialista Económico Especialista principal de mantenimiento	Anual	8	4	1	32	

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Infraestructura. Herramientas

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	Existen algunos de los instrumentos que son usados en mantenimiento que tienen vencida su calibración.			X						X					X		X				Realizar un contrato con la OTN para calibrar las herramientas utilizadas en el mantenimiento.	Especialista principal de la Gestión de Recursos Humanos	6 meses	9	4	1	36
2	No existe una política de reemplazo y actualización de los medios técnicos y herramientas del área de mantenimiento.				X				X					X		X					Confeccionar la política de reemplazo y actualización de los medios técnicos y herramientas del área de mantenimiento	Especialista Principal en mantenimiento	2018	8	2	1	16
3	Falta de catálogos e información técnica de las herramientas que se utilizan en cada	X					X						X				X				Diseñar un manual técnico que permita catalogar e informar de las herramientas que se utilizan	Mecánico B en mantenimiento	Diciembre 2017	4	4	1	16



	actividad de mantenimiento.																	en cada actividad de mantenimiento.						
4	No se realizan las gestiones pertinentes para la adquisición de los medios y herramientas necesarios en el área de Mantenimiento.	X							X								X	Realizar un contrato con proveedores fiables que faciliten la adquisición de los medios y herramientas necesarios en el área de Mantenimiento.	Especialista principal de la Gestión de Recursos Humanos	Anual	9	4	1	36
5	No se conoce el tipo de medios y herramientas necesarios para cubrir el mantenimiento de la tecnología instalada en la empresa.			X					X							X	X	Capacitar al personal de mantenimiento en el tema de cómo utilizar y manejar las herramientas y medios que aparecen en su puesto de trabajo.	Especialista principal de Gestión de Recursos Humanos	6 meses	6	2	1	12

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Seguridad. Formación periódica en seguridad

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:								Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado				
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:											S	O	D	NPR	
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	Plan de capacitación de seguridad incompleto, no dirigido a todo el personal de mantenimiento.			X					X						X		X				Completar el Plan de capacitación de seguridad el mismo que sea dirigido a todo el personal de mantenimiento .	Especialist a Principal del área de Gestión de Recursos Humanos	Anual	5	4	1	20
2	Plan de capacitación desactualizado , no acorde con la tecnología del equipamiento.			X					X					X		X					Actualizar el plan de capacitación, que el mismo concuerde con la tecnología del equipamiento.	Especialist a Principal del área de Gestión de Recursos Humanos	Anual	5	4	1	20
3	Los trabajadores no reciben de manera periódica formación en materia de			X					X				X				X				Planificar periódicamente a capacitación del personal del área de Mantenimiento en materia de	Especialist a Principal del área de Gestión de Recursos Humanos	6 meses	7	4	1	28

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Seguridad. Control del plan de seguridad

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	Se violan los requisitos que dan cumplimiento al plan de seguridad establecido en el área.			X						X					X		X				Elaborar un plan de medidas disciplinarias basada en el cumplimiento del plan de seguridad establecido en el área, en caso de que se viole el mismo.	Técnico A en Gestión de Recursos Humanos	Diciembre 2017	10	2	1	20
2	No existe una auto-inspección periódica que verifique el cumplimiento del plan de seguridad.			X					X				X				X				Realizar un control interno de forma periódica que permita verificar el cumplimiento del plan de seguridad.	Técnico A en Gestión de Recursos Humanos	3 meses	8	4	1	32



3	Plan de seguridad desactualizado, no acorde con la tecnología del equipamiento.		X										X			X			Actualizar el Plan de seguridad acorde con la tecnología del equipamiento .	Técnico A en Gestión de Recursos Humanos	Anual	8	2	1	16
---	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	---	--	--	---	--	-------	---	---	---	----



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Seguridad. Control de evaluación de riesgo

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:								Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado						
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:											S	O	D	NPR			
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo												
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H									
1	No se cuenta con todos los medios de protección individual.			X						X					X				X			Elaborar un plan de los medios de protección individual que permita establecer la cantidad que se necesita para el personal.	Técnico A en Gestión de Recursos Humanos	Anual	8	4	1	32	
2	Violación del uso de medios de protección individual por parte de los trabajadores del área.				X				X						X	X						-	-	-					
3	No se ha efectuado la evaluación de riesgo al personal de mantenimiento.				X				X						X			X				Identificar y localizar los posibles riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.	Técnico A en Gestión de Recursos Humanos	3 meses	4	3	1	12	



4	No se cumple con el programa de prevención de riesgo relacionado con la seguridad.			X		X								X	X				-		-				4	4	1	16
---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	---	---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	---	---	---	----

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Medio ambiente. Control del plan medioambiental

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No se analizan adecuadamente los aspectos medioambientales y su significado en el área de mantenimiento.			X				X						X			X				Realizar un diagnóstico que permita determinar los aspectos medioambientales y su significado en el área de mantenimiento.	Secretaría comité de prevención y control de riesgo	6 meses	4	4	1	16
2	No todo el personal actúa de acuerdo con el plan medioambiental por la falta de conocimiento del mismo.	X						X					X				X				Capacitar al personal de acuerdo al plan medioambiental para que actúen de acuerdo al mismo.	Especialista Principal de Gestión de Recursos Humanos	6 meses	7	6	1	42
3	El plan medioambiental del área de mantenimiento se encuentra incompleto.	X							X				X				X				Completar el plan medioambiental del área de Mantenimiento.	Secretaría comité de prevención y control de riesgo	Septiembre 2017	10	5	1	50

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Medio ambiente. Formación periódica medioambiental

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No se realiza el levantamiento de las carencias de conocimiento que en materia medioambiental posee el personal del área.		X					X						X				X			Realizar un diagnóstico basado en el conocimiento que posee el personal del área con respecto a la materia medioambiental.	Secretaria comité de prevención y control de riesgo	2 meses	4	6	1	24
2	El plan de formación medioambiental del área de Mantenimiento no cubre a todo el personal.			X				X						X			X				Rediseñar el plan de formación medioambiental del área de Mantenimiento, con el propósito de que cubra a todo el personal.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	2018	7	2	1	14



3	No existe una incentivación por parte de la dirección de la empresa a que el personal participe en las actividades de formación medioambiental.			X			X							X	X						-	-	-						
4	Plan de capacitación medio ambiental desactualizado, no acorde con la tecnología del equipamiento.	X						X						X	X					Actualizar el plan de capacitación medio ambiental acorde con la tecnología del equipamiento.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	Septiembre 2017	10	4	1				40



Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Aseguramiento a la calidad. Normas del proceso tecnológico

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo								Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo							
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No siempre la administración toma medidas cuando se violan los parámetros de las normas de los procesos.			X					X						X		X				Realizar un plan de medidas disciplinarias que sean aplicadas al personal que viole los parámetros de las normas de los procesos.	Especialista principal de Gestión de la Calidad	Diciembre 2017	7	4	1	24
2	No se revisa la existencia de las normas del proceso tecnológico en las etapas de los productos a elaborar.	X							X					X					X		Realizar un control interno que permita determinar la existencia de las normas del proceso tecnológico en las etapas de los productos a elaborar.	Especialista principal de Gestión de la Calidad	30 días	9	6	1	54



ANEXOS

3	Se desconocen y no siempre se utilizan las normas de proceso tecnológico por la dirección y personal de mantenimiento			X					X						X	X		Capacitar a todo el personal de mantenimiento en aras de cumplir las normas de proceso tecnológico.	Especialista principal en Gestión de Recursos Humanos	6 meses	7	3	1	21
4	No se cumplen los parámetros de proceso, ni existe un aseguramiento metrológico en el área.	X							X						X		X	Realizar un control interno en aras de detectar los posibles problemas que no permiten cumplir con los parámetros de proceso y la no existencia de un aseguramiento metrológico en el área.	Especialista principal de Gestión de la Calidad	30 días	10	7	1	70

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Aseguramiento a la calidad. Normas de inspección del proceso

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo										
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	No se cumple de acuerdo al tiempo establecido por etapas las normas de inspección del proceso de mantenimiento.				X					X				X			X				Elaborar un procedimiento que permita controlar el cumplimiento del tiempo establecido por etapas las normas de inspección del proceso de mantenimiento .	Especialista principal de Gestión de la Calidad	Septiembre 2017	8	2	1	16
2	No se realizan las inspecciones que verifican el cumplimiento de las normas de inspección en el proceso de mantenimiento.			X					X				X				X				Realizar un control interno en el área con aras de verificar el cumplimiento de las normas de inspección en el proceso.	Especialista principal de Gestión de la Calidad	30 días	8	4	1	32

Anexo #5. Continuación. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Aseguramiento a la calidad. Código de prácticas de higiene

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mejora	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado												
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR									
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo								Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo							
		A	MA	M	MB	B	A	B	C	D	E	A	MA	M	MB	B	L	M	S	H							
1	Se realizan evaluaciones, pero no se consideran los resultados para el mejoramiento continuo			X					X					X				X			Tomar los resultados de las evaluaciones como base para el mejoramiento continuo de la empresa.	Director de la UEB	30 días	5	5	1	25
2	Violación de las reglas de manipulación de los procesos para el logro de su inocuidad.				X					X				X		X					Exigir y controlar el cumplimiento de las reglas de manipulación de los procesos para el logro de su inocuidad.	Especialista principal de Gestión de la Calidad	15 días	10	2	1	20



ANEXOS

3	No todo el personal técnico y obrero son capacitados para el cumplimiento de la práctica de higiene.		X														X	Capacitar a todo el personal técnico y obrero en función de cumplir con la práctica de higiene.	Especialista principal de Gestión de Recursos Humanos	6 meses	10	7	1	70	
4	Plan de higienización incompleto, no dirigido a todo el personal de mantenimiento.		x															X	Completar el plan de higienización, el mismo que sea dirigido a todo el personal de mantenimiento	Técnico A en Gestión de Recursos Humanos	Septiembre 2017	10	5	1	50

