



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILIS TOGA. 1948

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA E INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Trabajo de Diploma

“Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento del sistema de abasto de agua caliente en el Hotel Playa Cayo Santa María”.

Autora: Wendy Perez González

Tutores: MSc. Ing. José Ulivis Espinosa Martínez.

Dra. C. Ing. Estrella de la Paz Martínez

2015-2016

“Año 57 del Triunfo de la Revolución”.



Pensamiento



“El precio del éxito es trabajo duro, dedicación al trabajo que estamos haciendo, y la determinación de que ganemos o perdamos, hemos aplicado lo mejor de nosotros mismos a la tarea que tenemos entre manos”

Vince Lombardi

Dedicatoria



*A mis padres y mi novio, que los quiero con todo mi corazón,
porque han hecho todo lo posible por cumplir mis sueños.*

Agradecimientos

A decorative graphic consisting of three lines: a horizontal line passing through the text, a vertical line to the right of the text, and a second horizontal line below the first one, intersecting the vertical line.

*A mi tutor Ulivis que si no fuese por su guía no hubiese
logrado mi sueño y en especial a los departamentos de
relaciones públicas y piso del Hotel Playa Cayo Santa María.*

Resumen



RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en el Hotel Playa Cayo Santa María entidad subordinada a la Delegación Territorial Centro de Gaviota S.A, donde se realiza el análisis de fallos a los equipos del sistema de abasto de agua caliente a los bungalows, el inadecuado funcionamiento de los mismos provoca el detenimiento total de la prestación del servicio e incluso no se llega a brindar el producto con la calidad deseada y se puede ver afectado el personal que allí labora, empleando un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR) para evitar las consecuencias de las fallas y minimizar su impacto. Además, se analizan los costos generales de la actividad de mantenimiento asociados a la ocurrencia de paradas en los equipos objetos de estudio. Como principales resultados de la investigación se arrojó que el procedimiento seleccionado posibilitó determinar los problemas que afectan la prestación del servicio, así como detectar las oportunidades de mejora que mayor impacto pueden tener en el incremento del desempeño de la Gestión de Mantenimiento en el hotel.

Summary

SUMMARY

This work takes place in the Hotel Playa Cayo Santa Maria subordinate to the Territorial Delegation Center Gaviota SA, where failure analysis to system equipment supply hot water bungalow is done, improper operation there of it causes the total depth of the service and even fails to provide the product with the desired quality and can be affected staff who work there, using a procedure Based Maintenance Risk (MBR) to avoid the consequences of failures and minimize their impact. In addition, the overall costs of the activity associated with the occurrence of stops on equipment maintenance objects of study are analyzed. The main results of the research showed that the selected method made it possible to determine the issues affecting service delivery and identify opportunities for improvement that may have greater impact on increasing the performance of Maintenance Management at the hotel.

Índice

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	4
1.1 Introducción	4
1.2 El mantenimiento	5
1.2.1 Definiciones de mantenimiento	5
1.2.2 Objetivos del mantenimiento	6
1.2.3 Funciones del mantenimiento.....	7
1.2.4 Evolución histórica del mantenimiento	8
1.2.5 Tipos de mantenimiento.....	13
1.3 Gestión del mantenimiento	14
1.3.1 Planificación.....	15
1.3.2 Organización.....	15
1.3.3 Ejecución	16
1.3.4 Evaluación y control.....	17
1.3.5 Normalización de los procesos de gestión del mantenimiento.....	17
1.4 Sistemas de mantenimiento	19
1.5 Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR).....	21
1.6 Políticas de Mantenimiento en Cuba	23
1.7 El Mantenimiento en el sector del turismo en Cuba.....	24
1.8 El Mantenimiento en el Grupo de Turismo Gaviota S.A	25
1.9 Mantenimiento Basado en el Riesgo en el contexto hotelero cubano	25
1.10 Conclusiones parciales.....	25
CAPÍTULO 2	27

Capítulo 2: Caracterización del Hotel Playa Cayo Santa María y aplicación del procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo seleccionado.....	27
2.1 Introducción	27
2.2 Caracterización del Hotel Playa Cayo Santa María.....	27
2.2.1 Descripción del área de Servicios Técnicos.....	28
2.2.2 Descripción del proceso de abasto de agua caliente en los bungalows	31
2.3 Aplicación del procedimiento de MBR seleccionado	32
2.4 Conclusiones parciales.....	39
CONCLUSIONES GENERALES	44
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	

Introducción



INTRODUCCIÓN

Las industrias en la actualidad se han desarrollado de una forma progresiva, al punto de pasar muchas actividades que antes se realizaban manualmente a automatizadas con el fin de lograr la optimización, la eficiencia y eficacia, donde la capacidad de producción debe ser maximizada.

Las industrias generadoras de bienes y/o servicios que utilizan instalaciones, máquinas, herramientas, utensilios, dispositivos, etc., para lograr su objeto social y empresarial, necesitan que estos activos se mantengan en un correcto estado de funcionamiento, de confiabilidad y disponibilidad, por lo cual las organizaciones empresariales deben procurar que la vida útil de sus equipos sea la máxima posible para cumplir con su razón de ser, porque las empresas no pueden adquirir permanentemente equipos nuevos debido a los altos costos que requiere en el mercado financiero; lo cual se logra a través del mantenimiento industrial como una entidad de servicio a la producción. El mantenimiento dentro de la industria es el motor de la producción, sin mantenimiento no hay producción.

Es de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo, sea a mediano o largo plazo y además reducir costos de repuestos y materiales porque el desempeño de la empresa estará en la calidad de mantenimiento que se provea a cada uno de los elementos.

El mantenimiento ha sufrido varias transformaciones con la evolución de la tecnología; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las acciones de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las máquinas; con el desarrollo de las máquinas se organizan los departamentos de mantenimiento no solo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías. El mantenimiento no debe verse como un costo si no como una inversión ya que está ligado directamente a la calidad y eficiencia.

A raíz del impacto que tiene el mantenimiento en la competitividad, es que ha tomado especial interés dentro de las organizaciones, por lo tanto, el mismo ocupa un lugar fundamental en los objetivos y procesos de actualización del modelo económico y social cubano.

En los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (117, 196, 220, 224, 239, 242, 249, 252, 267, 272, 274, 279, 285 y 292), aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba se pone al mantenimiento dentro de las primeras prioridades en todas las esferas, incluyendo diversos sectores claves del país, así se evidencia, en el lineamiento No 117: “Constituirán la primera prioridad las actividades de mantenimiento tecnológico y constructivo en todas las esferas de la economía”.

Es por ello que el sector empresarial del turismo inmerso en un proceso de crecimiento acelerado en la satisfacción del cliente y con el rol más importante en 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, que le permita satisfacer las exigencias de la sociedad y los consumidores para enfrentar los retos de la competencia.

El Hotel Playa Cayo Santa María, situado en el Cayo del mismo nombre, en el municipio de Caibarién, provincia de Villa Clara, entidad subordinada a la Delegación Territorial Centro de Gaviota S.A, tiene como objetivo la prestación de servicios hoteleros y turísticos con la finalidad de brindar un producto con calidad al mercado, rigiéndose por las definiciones y principios generales previstos en la Resolución No. 134 de 30 de abril de 2013 del Ministro de Economía y Planificación.

El hotel cuenta con 14 bungalows o bloques habitacionales, cada uno de estos cuenta con un cuarto de equipos ubicados en las cubiertas de los mismos, de última tecnología y de otras obsoletas que provienen desde su fundación. El inadecuado funcionamiento de los mismos genera el detenimiento total de la prestación del servicio e incluso no se llega a brindar el producto con la calidad deseada y se puede ver afectado el personal que allí labora. El mantenimiento que se ha aplicado en dicho centro ha incluido tareas preventivas y correctivas basadas en un plan de mantenimiento preventivo planificado según referenciado en el Manual de Servicios Técnicos (2011), que no responde completamente a las condiciones cambiantes y a la confiabilidad requerida en los equipos, puesto que existen pérdidas por fallas causadas por el mantenimiento asociadas en ocasiones por problemas tecnológicos, humano y organizativo. Esto trae consigo, pérdidas considerables tanto en materiales, en tiempo, como en quejas de los clientes, según el procesamiento de las encuestas que se realizan en el hotel que se muestran en el anexo 1, de 683 habitaciones

como promedio diario de ocupación, solo 12 habitaciones se quejaron por servicios técnicos lo que representa un 1,76%, por lo que se requiere abordar este problema desde el punto de vista técnico, haciendo uso de los estilos actuales que garanticen un excelente nivel de calidad en los servicios. Los elementos anteriormente expuestos constituyen la **situación problemática** identificada que fundamentó la investigación desarrollada.

Problema de la investigación

¿Cómo lograr que el sistema de abasto de agua caliente del Hotel Playa Cayo Santa María garantice la confiabilidad de sus equipos, cumpliendo con los estándares de seguridad y evitando así la insatisfacción de los clientes?

Objetivo general

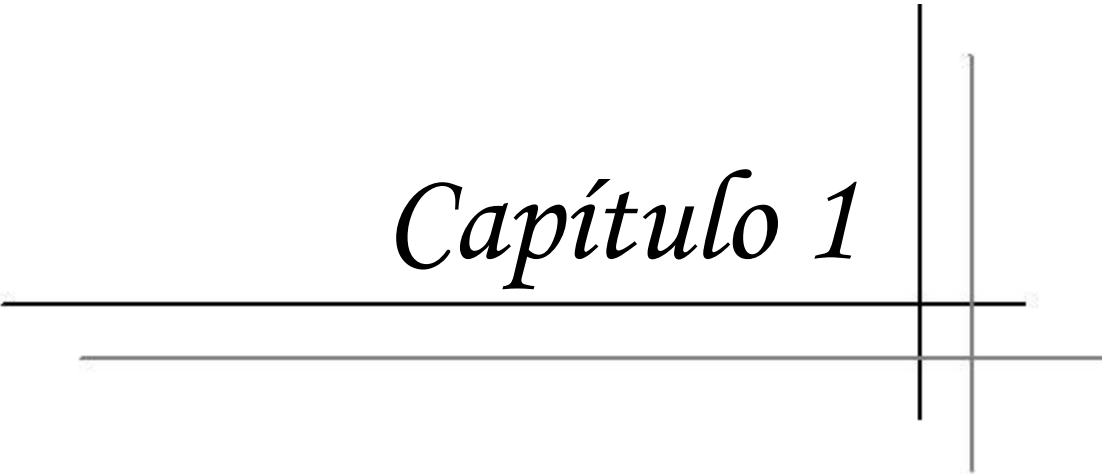
Implementar un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo a los equipos del sistema de abasto de agua caliente del Hotel Playa Cayo Santa María.

Objetivos específicos

- Seleccionar un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo para los equipos del sistema de abasto de agua caliente del Hotel Playa Cayo Santa María.
- Aplicar el procedimiento seleccionado de Mantenimiento Basado en el Riesgo para el mantenimiento en el sistema de abasto de agua caliente del Hotel Playa Cayo Santa María.

Los objetivos planteados se desarrollan en la tesis mediante la estructura lógica que se muestra a continuación: Capítulo 1: Revisión Bibliográfica de la Investigación; Capítulo 2: Caracterización de la entidad objeto de estudio, aplicación del procedimiento de MBR seleccionado, además, se muestran las principales conclusiones alcanzadas con el desarrollo del trabajo; un grupo de recomendaciones que contribuyen a desarrollar trabajos futuros que enriquezcan el resultado alcanzado, la bibliografía consultada y 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

A decorative graphic consisting of two horizontal lines and two vertical lines intersecting. The top horizontal line is black and the bottom one is gray. The left vertical line is black and the right one is gray. They intersect to the right of the chapter title.

1.1 Introducción

El presente capítulo muestra un análisis crítico de la literatura especializada y otras fuentes, con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación, fundamentalmente con todo lo relacionado con el Mantenimiento Basado en el Riesgo para la gestión del mantenimiento a equipos y en este sentido se consultó bibliografía especializada y actualizada tanto nacional como internacional. Los temas fundamentales a tratar se resumen en el hilo conductor de la investigación que se muestra a continuación:

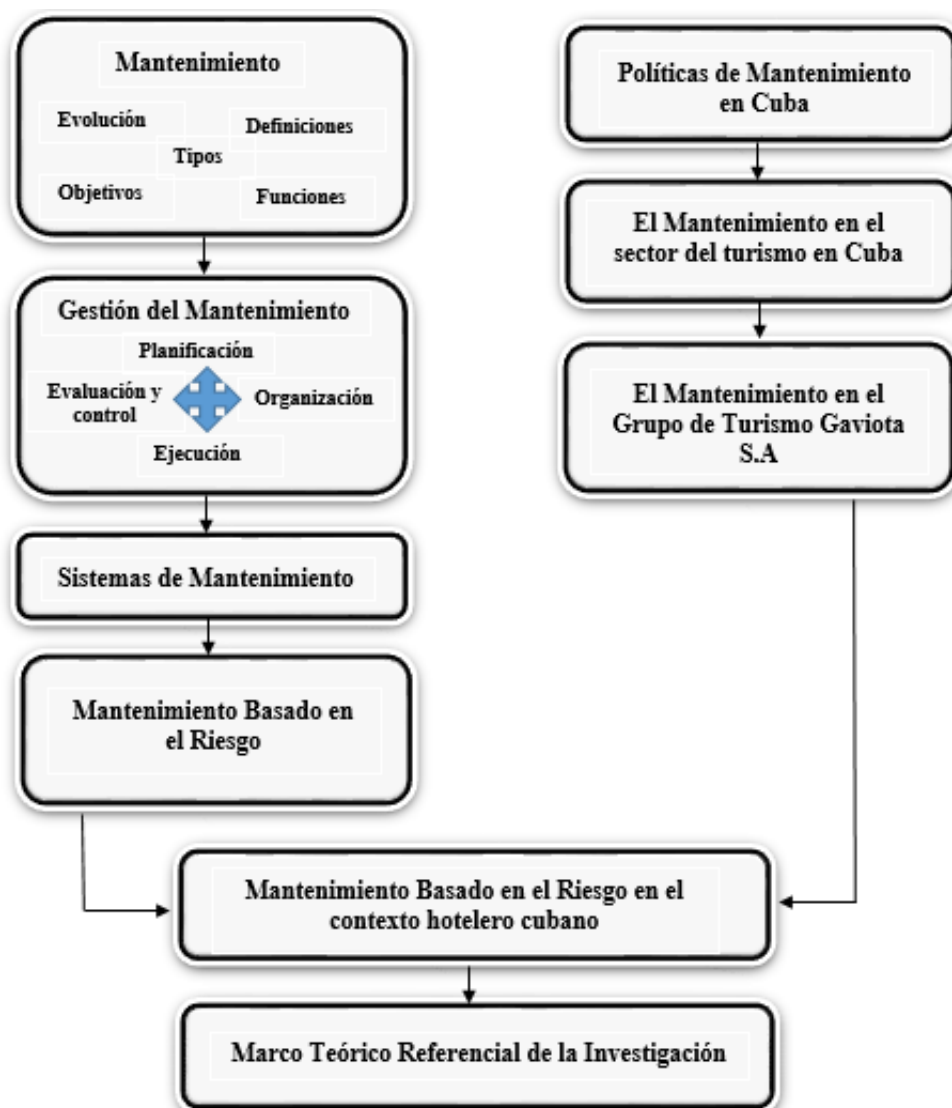


Figura 1.1 Estrategia seguida para la construcción del marco teórico referencial de la investigación. **Fuente:** elaboración propia.

1.2 El mantenimiento

La misión del mantenimiento es implementar y mejorar en forma continua la estrategia de mantenimiento para asegurar el máximo beneficio a los clientes mediante prácticas innovadoras y seguras.

El mantenimiento está basado en los 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 obtener la máxima productividad; por lo tanto, incide en la calidad y cantidad de la producción.

En consecuencia, la finalidad del mantenimiento es brindar la máxima capacidad de producción a la planta, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones.

1.2.1 Definiciones de mantenimiento

La definición del término mantenimiento ha sido expresada 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 definido distintos estilos o filosofías de mantenimiento, las cuales han facilitado y definido como debe ser la aplicación y la administración de procesos básicos como la reparación, inspección y monitoreo de equipos y componentes.

Todos los bienes sufren cambios irreversibles debido al uso, lo que provoca una cierta pérdida de funcionalidad. Para ello, la tarea del mantenimiento se puede definir como el conjunto de actividades a realizar, necesarias para mantener la funcionalidad del mismo (Knezevic, 1996).

El mantenimiento se puede definir también, como el objetivo de alcanzar niveles óptimos de disponibilidad y fiabilidad en las instalaciones de fabricación para optimizar su productividad y aumentar la competitividad de la empresa (AENOR, 2002).

Mantenimiento son todas las actividades necesarias para mantener el equipo e instalaciones en condiciones adecuadas para la función que fueron creadas; además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones. (Neto Chusin, 2008)

Una definición general de Mantenimiento es la siguiente:

Mantenimiento son las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos fijos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, para lograr una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad del personal. (De la Paz Martínez, 2015).

1.2.2 Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnica, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del contexto operacional en el que se encuentra el sistema. De acuerdo con varios autores (Torres, 2005; Neto Chusin, 2008 y De la Paz Martínez, 2015) han definido los objetivos de mantenimiento que se puede 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 son los objetivos probables dentro de una industria, estarían garantizando la disponibilidad de equipo y las instalaciones con una alta confiabilidad de la misma y con el menor costo posible.

1.2.3 Funciones del mantenimiento

Portuondo Pichardo (1990) plantea que las funciones de mantenimiento caracterizan y de hecho justifican la existencia de una subdivisión de la empresa dedicada al mantenimiento. Al respecto describió las funciones básicas de mantenimiento desglosadas en primarias y secundarias. Las primeras referidas al mantenimiento, inspecciones, servicio de lubricación y protección contra la corrosión, recuperación y modificación de equipos, instalaciones y edificaciones. Las funciones secundarias incluyen la protección técnica y los medios técnicos para la limpieza tecnológica de equipos e instalaciones, los medios técnicos para la eliminación de desechos y la generación y distribución de algunas producciones auxiliares como energía eléctrica, vapor, aire comprimido, aire para instrumentos y agua de enfriamiento.

Para asegurar el cumplimiento de los objetivos del mantenimiento deberán ser desarrolladas las funciones siguientes:

- Organizar el sistema de mantenimiento que se decida establecer.
- Planificar, ejecutar y controlar las acciones técnicas de mantenimiento.
- Seleccionar, conservar y aplicar los lubricantes.
- Coordinar con el área de servicios generales las labores de limpieza de los locales de trabajo en general y con los operarios (técnicos y personal de enfermería) la limpieza del equipamiento.
- Conservar en buen estado los dispositivos de seguridad y velar porque se cumplan las normas de seguridad en la operación y el mantenimiento de los equipos.
- Elaborar las solicitudes de herramientas y utillaje propios de la actividad de mantenimiento.
- Asesorar la gestión de inventarios de piezas de repuesto y agregados para el mantenimiento.

- Participar en la concepción y ejecución del programa de conservación para los activos fijos en almacén y los instalados, pero no en explotación.
- Registrar detalladamente los recursos de todo tipo, invertidos en el mantenimiento.
- Concebir y ejecutar programas de mejoramiento continuo del mantenimiento, con énfasis en la formación del personal.
- Participar en la evaluación y selección del personal para llevar a cabo estas funciones.
- Participar en la evaluación de nuevas inversiones (ampliaciones, modernizaciones o reemplazo), corroborando si se corresponden con las necesidades reales del hospital.
- Participar con el inversionista en las tareas de puesta en marcha de equipamientos u objetos de obra.
- Participar en el establecimiento de políticas referidas a la tercerización del mantenimiento.
- Realizar evaluaciones periódicas del cumplimiento de estas funciones.

1.2.4 Evolución histórica del mantenimiento

La historia del mantenimiento como parte estructural de las empresas, data 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).

La evolución del área de mantenimiento atravesó distintas épocas, acorde con las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles.

El proceso de mantenimiento permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación a los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura a través del tiempo; el análisis se lleva a cabo en una de estas etapas, que muestran las empresas en función de sus metas de producción para ese momento, la clasificación generacional relaciona las áreas de mantenimiento y producción en términos de evolución.

La **primera generación** cubre el período hasta la Segunda Guerra Mundial, en esa temporada la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los periodos de paradas no

generaban impactos negativos en la producción, además de que la maquinaria se caracterizaba por ser sencilla y diseñada para una función determinada, lo que hacía que fuera confiable y fácil de reparar. En esos días la maquinaria se reparaba solo cuando se dañaba en su totalidad.

Mientras que en la **segunda generación** se vio marcada por un aumento de la mecanización, pues durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Hacia el año 1950 se habían construido máquinas de todo tipo y cada vez más complejas. La industria había comenzado a depender de ella.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más latente. Esto llevó a la idea de que las fallas de la maquinaria se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del “Mantenimiento Preventivo”. En el año de 1960 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

Este coste de mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar “Sistemas de Control y Planificación de Mantenimiento”. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en la industria ha cobrado velocidades más altas. La **tercera generación** comienza en los años 80 y está vigente actualmente. En esta generación las expectativas del mantenimiento son lograr mayor disponibilidad y confiabilidad de la planta, mayor seguridad, garantizar la calidad del producto, minimizar los daños al medio ambiente, mayor vida de los equipos y mayor relación coste-eficacia.

El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, coste total y servicio al cliente. Esto se hace más latente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de stock en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el

paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la máquina y la calidad del producto. Al mismo tiempo están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las consecuencias de las fallas de una planta para la seguridad y/o el medio ambiente. Al mismo tiempo los estándares en estos dos campos también están mejorando en respuesta a un mayor interés del personal gerente, los sindicatos los medios de información y el gobierno.

Finalmente, el coste de mantenimiento todavía está en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales. En algunas industrias, es ahora el segundo gasto operativo de coste más alto y en algunos casos incluso el primero (González Rocha y Mora Ballesteros, 2006)

Como resultado de esto, en solo treinta años lo que antes no suponía casi ningún gasto se ha convertido en la prioridad de control de coste más importante.

Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva una máquina funcionando y sus posibilidades de falla.

Ha habido un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan ahora centenares de ellos, y surgen más cada vez. (González Rocha y Mora Ballesteros, 2006).

Como se ha visto la idea general del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo. Ya en lo que se conoce como **cuarta generación** se

implementan sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y, de la organización y ejecución del departamento de mantenimiento (Sabina R., 2012).

La gestión del mantenimiento se orienta hacia la satisfacción del cliente. Se extiende la externalización del servicio de mantenimiento y se fijan ratios medibles para poder calificar el servicio de mantenimiento, con bonificaciones y penalizaciones. Los responsables de mantenimiento deben tener un conocimiento exhaustivo de las normativas para no incurrir en errores legales. (López García, 2013)

A continuación, en la figura 1.2 a) y 1.2 b) se muestra la evolución de los objetivos del mantenimiento y de las técnicas empleadas a lo largo de las cuatro generaciones por las que dicho mantenimiento ha transitado, anteriormente detalladas el contenido de cada una de estas generaciones.

OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.			
1ª GENERACIÓN	2ª GENERACIÓN	3ª GENERACIÓN	4ª GENERACIÓN
*Se realiza cuando se produce un fallo.	*Mayor disponibilidad. *Mayor vida operacional. *Menores costes.	*Mayor disponibilidad y fiabilidad. *Mayor seguridad. *Mayor calidad de servicio. *Respeto al Medio Ambiente. *Mayor vida operacional. *Eficiencia de costes.	*Mayor disponibilidad y fiabilidad. *Mayor seguridad. *Mayor calidad del producto. *Respeto al Medio Ambiente. *Mayor vida de los equipos. *Mayor mantenibilidad. *Eficiencia de costes. *Patrones de fallos. *Eliminación de los fallos.

a) Evolución de los objetivos del mantenimiento

EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO.			
1ª GENERACIÓN	2ª GENERACIÓN	3ª GENERACIÓN	4ª GENERACIÓN
*Mantenimiento Correctivo.	*Revisiones periódicas. *Uso de grandes ordenadores. *Sistemas de control y planificación del mantenimiento.	*Monitoreo de Condición. *Basado en fiabilidad y mantenibilidad. *Estudio de riesgos. *Uso de pequeños y rápidos ordenadores. *Modos de fallo y causas de fallos. *Sistemas expertos. *Polivalencia y trabajo en equipo.	*Monitoreo de Condición. *Modos de fallo y causas de fallos (FMEA, MECA) *Polivalencia y trabajo en equipo (Mantenimiento autónomo) *Estudios de fiabilidad y mantenibilidad. *Mantenimiento Preventivo. *Gestión del Riesgo. *Sistemas de Mejora Continua. *Mantenimiento Predictivo y Proactivo. *Grupos de mejora y seguimiento de acciones.
1940	1960	1990	2004

b) Evolución de las técnicas de mantenimiento

Figura 1.2 Evolución de los objetivos y técnicas del mantenimiento. **Fuente:** (Sabina R., 2012).

A finales del siglo XX y principios del XXI, la importancia de los recursos energéticos por su costo y por su carácter de agotables hace que la eficiencia energética tenga un papel capital en el mantenimiento y explotación de las instalaciones, incluyendo en muchos casos la cesión de los contratos energéticos a las empresas mantenedoras, que en ese caso se encargan de comprar la energía primaria y vender la energía útil transformada garantizando unos ratios establecidos en contrato. Hacia esta dirección tiende la que se puede llamar como **quinta generación** del mantenimiento. De este modo la propiedad puede dedicarse exclusivamente a su actividad principal mientras la empresa mantenedora se dedica a la explotación técnica del edificio (López García, 2013). Está centrada en la terotecnología, o sea, en 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, dismantelar, etc.). Integra prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los activos físicos buscando costos de ciclo de vida (CCV) económicos.

Además de la utilización de las técnicas de las generaciones anteriores, esta 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 (González-Quijano, 2004).

1.2.5 Tipos de mantenimiento

Algunas de las denominaciones más utilizadas al definir los tipos de mantenimiento se presentan a continuación:

Mantenimiento correctivo: Es el tipo de mantenimiento que se encarga de realizar la reparación una vez que se ha producido la avería o el paro de la máquina o instalación. 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.

Mantenimiento preventivo: Este tipo de mantenimiento consiste en la programación de la actuación de la máquina para realizar una serie de trabajos con el objetivo de rebajar las averías o las paradas intempestivas, previenen la posible avería inspeccionando visualmente, midiendo temperaturas, controlando la lubricación, controlando fisuras, corrosiones, etc. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos averiados.

Mantenimiento predictivo: 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.

Mantenimiento productivo: Consiste en un concepto más amplio del mantenimiento e involucra a todos los departamentos que intervienen en la producción o fabricación en el mismo. No recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa. El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones dependen y es

responsabilidad de todos. Asume el reto de trabajar hacia los cero fallos, cero averías, cero incidencias y cero defectos.

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.

Mantenimiento proactivo: Es una técnica dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla se han mantenido dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operación al que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

1.3 Gestión del mantenimiento

La gestión involucra el concepto de conducción o dirección aplicada por diferentes personas a través de la organización, en las empresas formales está diseminada 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.

Mantenimiento es la totalidad de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos fijos, 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 medio ambiente y la seguridad del personal (De la Paz Martínez, 2014).

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).

La gestión de una empresa se refiere a su administración y está relacionada con el proceso administrativo la 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.

Según la ISO 9000: 2015, 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.

La gestión de mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones: la planificación, la organización, la ejecución y el control.

1.3.1 Planificación

Se denomina planificación del mantenimiento al conjunto de actividades que, a partir de las necesidades de mantenimiento, definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad (Borroto Pentón, 2005).

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

1.3.2 Organización

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

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

1.3.3 Ejecución

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

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

Existen tres maneras de llevar a cabo la ejecución del mantenimiento: por medios propios, por contratación, o una parte realizarla por contratación y el resto por medios propios, siendo esta ultima la opción más utilizada. La ejecución del mantenimiento por medios propios solo se justifica cuando el volumen de trabajo de mantenimiento asegura una adecuada utilización de personal calificado y de los recursos materiales, por lo que la empresa debe contar previamente con un personal calificado.

1.3.4 Evaluación y control

Una vez gestionados los recursos disponibles para llevar a cabo el mantenimiento es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, comparándolo con las metas prefijadas.

El control es una acción a ser realizada en forma constante en la organización, aunque existe una fuerte tendencia al autocontrol), utilizando mecanismos simples, sobre la base de los objetivos definidos, para un período determinado. Está basado en patrones de comparación preestablecidos, en consecuencia, será eficaz en la medida en que los resultados de su aplicación sean económicos y sirvan para tomar medidas de corrección.

Posteriormente se definiría cómo se va a controlar, se harán inspecciones o se autocontrolará el objeto ya definido. En cualquier caso, se requerirá una preparación adecuada que parta de la correcta definición de los parámetros a controlar y de la forma en que serán analizados y evaluados los resultados. Por último, se define el momento en que se controla y la frecuencia de control. En esencia, se trata de responder a las preguntas: qué, cómo, cuándo y cuánto se controlará y esto estará en dependencia no sólo de los objetivos de la organización, sino también de las herramientas de que se disponga para el control.

Debe destacarse que el mecanismo de control que se establezca debe ser económico, pues, aunque parezca obvio, en muchos casos esto no se cumple, resultando más caro el control que las pérdidas que provoca su falta. Por esto los controles deben ser aplicados sobre pocos conceptos y los más importantes, de manera que el responsable de mantenimiento, siguiendo pocos resultados periódicos de control, tenga una semblanza rápida y confiable de la marcha del servicio, no solamente de su eficacia sino y sobre todo, de su eficiencia.

Según todo lo planteado, resulta evidente que primero habrá que definir el objeto de control que, según los objetivos de mantenimiento, pudiera tratarse de un equipo, una instalación, una planta física o incluso la propia organización de mantenimiento y sus funciones. (Pérez Jaramillo, 2004).

1.3.5 Normalización de los procesos de gestión del mantenimiento

Acerca de ISO 55000 – PAS 55

Existen varios requerimientos, directrices y elementos claves que sirven de guía para lograr un enfoque verdadero de gestión de activos físicos.

Bajo este contexto se encuentran la Norma ISO 55000 Asset Management y PAS 55 Asset Management que proporcionan las directrices, exigencias y aspectos claves para la implementación de un sistema de gestión de activos físicos.

La Institución Británica de Normalización BSI publicó el estándar PAS 55 para normalizar la gestión de activos. Este estándar es actualmente utilizado como el eje rector de la gestión de activos que está siendo implementado por la industria en el mundo entero.

El estándar PAS 55 ha demostrado ser una metodología excelente para mejorar el desempeño de los activos y generar un impacto financiero dramático en las organizaciones que lo han implementado.

Incluye una Evaluación (PAM) para identificar estado y condición del sistema de gestión de activos y un programa de certificación de empresas de consultoría y entrenamiento.

La norma ISO 55000 permitirá a la organización lograr sus objetivos mediante una gestión eficiente de sus activos físicos. Los requerimientos establecidos en la misma, proporcionan un enfoque estructurado para desarrollar un sistema de gestión de activos para soportar el logro de los objetivos de la organización y proporciona adicionalmente los controles necesarios para garantizar que así sea.

El contenido de las normas ISO 5500X se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1.1: Contenido de las normas ISO 5500X. Fuente elaboración propia

Normas	Contenido
ISO 55000	Definiciones (Por qué)
ISO 55001	Define los requerimientos para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de activos (Qué)
ISO 55002	Guías para la aplicación de ISO 55001(Cómo)

1.4 Sistemas de mantenimiento

En la literatura especializada, han sido tratados indistintamente los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y tipos de mantenimiento.

Lo más común en las denominaciones es el término de sistemas. En Cuba, algunos autores [Fernández, Matos & Prim, 1983; Navarrete Pérez & González Martín, 1986; Portuondo Pichardo, 1990; Taboada Rodríguez et al., 1990] han identificado como sistemas de mantenimiento a los siguientes: Sistema controlado mediante la supervisión en la producción, Sistema regulado, Sistema por interrupción en la producción o contra avería, Sistema inspectivo, predictivo o por diagnóstico y Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

A lo largo de la historia en el desarrollo industrial se han empleado diferentes sistemas de mantenimiento en dependencia de las condiciones dadas. Entre los más identificados tradicionalmente se pueden mencionar:

- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).
- Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Productivo Total (TPM).
- Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)
- Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM).

Al primer sistema de mantenimiento se hizo referencia anteriormente. A continuación, se abordan los siguientes:

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

El MCC se puede definir como un “método sistemático y estructurado para determinar el mantenimiento más adecuado a aplicar a una instalación para que ésta siga cumpliendo con las funciones para las que fue concebida y en su contexto operacional actual” (Moubray, 1997).

El RCM es una metodología que permite el diseño y optimización de los planes de Mantenimiento mediante el análisis de cada sistema, determinando cómo puede fallar funcionalmente y qué consecuencias pueden derivarse de esas fallas. Los efectos de cada

modo de falla se evalúan de acuerdo al impacto sobre la seguridad, el medio ambiente, la operación y el costo.

Se basa en la confiabilidad desde el diseño del equipo y su objetivo es preservarla durante el ciclo de la operación, el resultado busca obtener un programa de mantenimiento preventivo que logre los niveles deseados de seguridad y confiabilidad al mínimo costo posible. Es a través del programa preventivo que se logran detectar fallas incipientes y corregirlas antes de que ocurran o causen mayores efectos, igualmente busca reducir la probabilidad de falla (Martínez Giraldo, 2014).

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El concepto de mantenimiento productivo total hay que situarlo en el contexto de una evolución del concepto de mantenimiento clásico y de una nueva filosofía de producción, es decir, el concepto de calidad total (Tobalina, 1994).

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, manteniéndolos en su estado de referencia y aplicando sobre ellos la mejora continua.

Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM)

Sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial y se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los sistemas de mantenimiento anteriormente expuestos. En particular, el SAM incluye mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo o por diagnóstico. (De la Paz Martínez, 1996).

1.5 Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)

El riesgo un término de naturaleza probabilística, que se define como la probable ocurrencia de un evento no deseado o falla, con consecuencias que se traducen en pérdidas.

En 1993 el Instituto Norteamericano del Petróleo (*American Petroleum Institute –API*) inició un proyecto denominado Inspección Basada en Riesgo (*Inspection Based Risk –RBI*) en el cual participaron una serie de empresas relacionadas, entre las cuales destacaban Shell, Unocal, Exxon. Texaco, Dow Chemical. Mobil, Chevron (Normas API 580/581, 2003). El resultado de esta labor fue dos publicaciones:

- API 580 Risk Based Inspection
- API 581 Base Resource Document- Risk- Based Inspection.

API 580 establece los principios mínimos y presenta las directrices generales para el desarrollo de un programa de RBI para equipos estáticos y tuberías, mientras API 581 proporciona métodos cuantitativos para establecer un programa de inspección. Juntos, estos documentos contribuyen un estándar para prácticas de RBI ampliamente reconocido para la industria (Norma API University, 2008).

La metodología Inspección Basada en Riesgo (IBR) es una herramienta de análisis que evalúa el nivel de riesgo asociado a la operación de equipos. La evaluación se realiza a través de estimadores de frecuencia de falla de equipos como un daño que puedan atacar la pared contenedora de éstos y de las consecuencias en términos de los daños al personal, la instalación, medio ambiente y pérdidas de producción ocasionadas por una falla.

Sobre la propuesta de una metodología para la realización de planes de Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM) existen particularidades de diferentes autores como (Balda, A., 2006; González-Quijano, 2004; Khan F.I., Haddara M., 2003; Zhao M-X., Su J., Liu S-G., 2012; MIL-STD-882D10 February 2000; ISO/DIS 14224; Ciliberti, 1996; NORSOK STANDARD Z-008; Normas API 580/581, 2003; Norma API University, 2008 y Espinosa Martínez, 2015;) como se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 2.2: Contenido de los métodos o enfoques para realizar el análisis de criticidad.

Fuente elaboración propia

Metodología	Contenido
Estándar militar MIL-STD-882D	La evaluación de la severidad y la probabilidad del riesgo de percance debe estar asociada con cada peligro identificado, donde se determina el impacto negativo potencial del peligro sobre el personal, las instalaciones, equipos, las operaciones y el ambiente. Los riesgos de percance una vez identificados y valorados, deben ser mitigados a un nivel aceptable (definidos por el sistema, usuario o cliente) de acuerdo a las leyes, regulaciones federales, decretos y tratados. Los estudios de mitigación de los riesgos consideran los costos del ciclo de vida y los requisitos de seguridad de los sistemas durante todo el ciclo de vida.
Método de los puntos	La estimación de la probabilidad de ocurrencia de los eventos y de sus respectivas consecuencias se realiza utilizando una escala relativa donde no se establecen rangos numéricos explícitos. La determinación de las consecuencias, probabilidad y el nivel de riesgo de esta metodología se resulta en una matriz de riesgo.
Método de Criticidad Ciliberti	El análisis consiste en la determinación de los valores de consecuencia y probabilidad para seguridad, higiene y ambiente, los cuales se introducen en la Matriz de SHA para determinar su nivel de riesgo, luego se grafican en la Matriz de procesos los valores de consecuencias y probabilidad, para obtener el nivel de riesgo para procesos, posteriormente estos niveles de riesgos se grafican en la matriz de riesgo final y se obtiene el nivel de criticidad del activo bajo análisis.
Mantenimiento Basado en Criticidad	Emplea un proceso de análisis de criticidad muy similar a la metodología HAZOP (Hazard Analysis Study) para priorizar el mantenimiento de equipo para las industrias del Gas y Petróleo y las industrias de procesamiento de producto petroquímico. Este método (CBM) sopesa equitativamente el impacto en el proceso y seguridad para establecer la criticidad del activo. Este enfoque optimiza la eficacia de programas de integridad mecánica enfocado en los activos más importantes o críticos
Criticidad Basada en NORSOK STANDARD Z-008	El propósito es establecer los requisitos y pautas para establecer una base para la optimización de programas de mantenimiento para facilidades nuevas y en servicio, ubicadas Offshore y Onshore, considerando los riesgos relacionados con: personal, ambiente, pérdidas de producción y costos económicos directos.
Criticidad Basada en API 581	Permite establecer frecuencias y alcance de las inspecciones con base en la combinación del comportamiento histórico, modos de degradación o deterioro, características de diseño, condiciones de operación, mantenimiento, inspección y

	políticas gerenciales tomando en cuenta al mismo tiempo la calidad y efectividad de la inspección, así como las consecuencias asociadas a las potenciales fallas.
--	---

Aunque de forma general coinciden en que dichas metodologías se componen de tres grandes fases fundamentales:

- **Fase I:** Estimación del riesgo, teniendo en cuenta una estimación de las consecuencias de cada fallo y la probabilidad de que ese fallo se produzca, que incluye la utilización de Análisis de Árbol de Fallos (FTA).
- **Fase II:** Evaluación del riesgo, definiendo un nivel de riesgo aceptable y comparando los riesgos estimados de cada fallo con ese valor.
- **Fase III:** Planificación del mantenimiento, optimizando el plan de mantenimiento para reducir la probabilidad de los fallos que sobrepasan el criterio de aceptación, reduciendo así su riesgo.

Se decide aplicar la metodología de Espinosa Martínez (2015) porque ya ha sido aplicada a empresas cubanas y específicamente del mismo sector, y los resultados alcanzados han sido los esperados, es una metodología de fácil aplicación por su transparencia y flexibilidad a la hora de decidir la escala a utilizar, es más acorde al personal de las instalaciones, está encaminada al trabajo con la implementación de la ISO 50000 y al mantenimiento y la eficiencia energética.

1.6 Políticas de Mantenimiento en Cuba

Fundamentalmente la política de mantenimiento tiene que contestar preguntas del tamaño y extensión del mantenimiento del lugar y estar encaminada al logro de las estrategias gerenciales manteniendo un nivel de costo razonable y contando con todo un personal suficiente y calificado capaz de desarrollar cualquier tipo de actividad que se asigne.

Tareas predictivas

- Analizar las condiciones del equipo y tomar acción del equipo cuando la condición del equipo lo indique
- Análisis de vibración, medida de espesor

Tareas preventivas

- Efectuar mantenimiento en equipos en un intervalo fijo de tiempo, km recorridos, etc
- Cambiar aceite cada 10000 km

Tareas detectivas

- Analizar posibles fallas secundarias y determinar la causa raíz y recomendaciones
- ACR, confiabilidad en diseño.

Tareas reactivas

- Tomar acción después que un fallo secundario ha ocurrido.
- Reparar una bomba después de haber fallado

Para complementar cada una de estas tareas es necesario seguir una serie de actividades que se muestran a continuación:

1. Llevar a cabo algún trabajo durante el periodo de receso para evitar atrasarte mucho y evitar contratar ayuda extra temporal.
2. Contratar organizaciones de afuera que provean destrezas en máquinas especializadas o equipos.
3. Diferir o aplazar algún trabajo de mantenimiento hasta periodos flojos, para mantener la fuerza de trabajo intacta durante esos periodos.
4. Reemplazar máquina y equipo en el tiempo óptimo.

1.7 El Mantenimiento en el sector del turismo en Cuba

A diferencia de otras ramas de la industria, las instalaciones hoteleras se caracterizan por mantenerse dando servicio todos los días del año, sus 24 horas, y el cliente siempre está recibiendo el servicio en tiempo real, lo que cualquier insuficiencia en equipos, sistemas e inmuebles, se convierte inmediatamente en una insatisfacción.

El mantenimiento en las instalaciones hoteleras constituye una de las bases fundamentales para el mejor desempeño de la actividad del turismo, por cuanto un hotel con un mantenimiento adecuado se convierte en una fuente de satisfacción del cliente y contribuye a que disfrute en toda su plenitud de las oportunidades que el mismo ofrece a la vez que propicia que sus visitas al lugar se repitan una y otra vez.

1.8 El Mantenimiento en el Grupo de Turismo Gaviota S.A

El mantenimiento en las instalaciones hoteleras, se basa en la actualidad en dos tipos de mantenimiento: el correctivo o reactivo y el preventivo a plazo fijo, los cuales son ejecutados con la propia brigada de los hoteles, con la brigada de manteniendo territorial de gaviota o con terceros.

Al hacer el análisis de todas las acciones de mantenimiento diarias que se realizan, se aprecia que predominan las correctivas por sobre las preventivas. Por la estructura de la plantilla y la forma en que está organizada, se crean las condiciones para que esto suceda. La tendencia es en la mayoría de los casos a la improvisación o sea el llamado “apaga fuegos”. Este tema será abordado más adelante con mayor profundidad.

El Grupo de Turismo Gaviota S.A. cuenta con una brigada de mantenimiento, la cuales son UEB, subordinadas a cada delegado territorial. Tiene incluido en sus 6 servicios el mantenimiento y reparación a los sistemas de clima centralizados y por expansión directa, sistemas de ventilación, bombeo de agua helada, caliente, ATA, equipos de lavandería y de comunicaciones. Estas UEB actúan como terceros y tienen a su cargo las acciones de mantenimiento correctivo y preventivo de estos equipos y sistemas.

1.9 Mantenimiento Basado en el Riesgo en el contexto hotelero cubano

En los hoteles que forman parte del Grupo de Turismo Gaviota S.A hasta la fecha no se han desarrollado investigaciones que justifiquen las actividades correspondientes al mantenimiento basado en el riesgo, así como su puesta en práctica. A partir del curso de Capacitación del personal de SSTT en el Hotel Playa Cayo Santa María se han visto los primeros pasos encaminados a dicho mantenimiento.

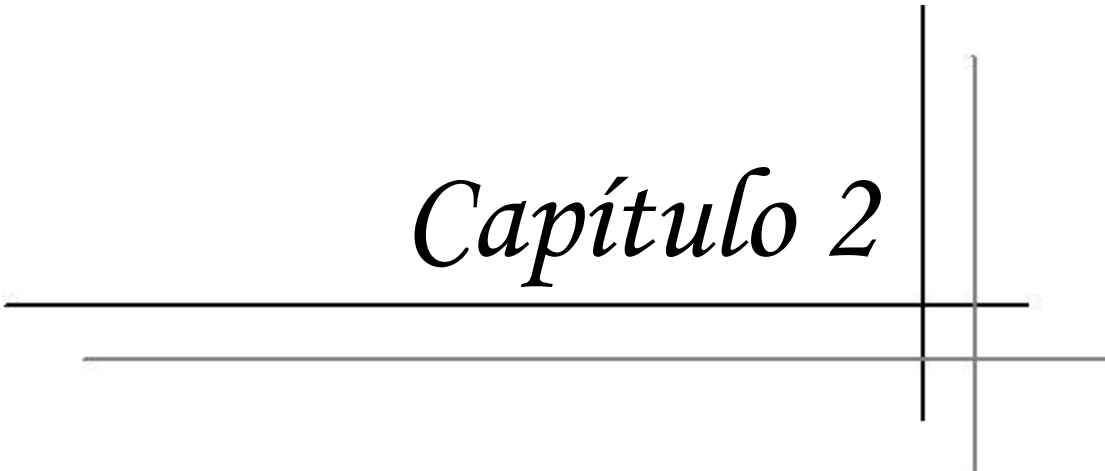
1.10 Conclusiones parciales

1. El “estado de la práctica” evidenció que el Sistema de Gestión de Mantenimiento en el Grupo de Turismo Gaviota S.A se rige por el Manual de Sistema de Servicios Técnicos que no es aplicado correctamente; por lo que es necesario establecer un sistema de mantenimiento que garantice la estabilidad del equipamiento en el servicio por concepto de paradas y consumo energético; en correspondencia con los

objetivos planteados en la resolución económica del VI Congreso del Partido de lograr el fortalecimiento institucional.

2. Al analizar las metodologías plantea por diferentes autores para la realización de planes de Mantenimiento Basado en el Riesgo se considera que el más apropiado es el de Espinosa Martínez (2015) por ya haber sido aplicado en Cuba y en empresas del sector del turismo y con buenos resultados, es muy fácil de aplicar y está más acorde al personal en cuanto a la flexibilidad y transparencia, además, está encaminada al trabajo con la implementación de la ISO 50000 y al mantenimiento y la eficiencia energética.

Capítulo 2



Capítulo 2: Caracterización del Hotel Playa Cayo Santa María y aplicación del procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo seleccionado.

2.1 Introducción

Para dar solución al problema de la investigación planteado, se define en este capítulo la caracterización de la entidad objeto de estudio y como respuesta a las conclusiones parciales arribadas en el Capítulo 1, se realiza la aplicación del procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo seleccionado.

2.2 Caracterización del Hotel Playa Cayo Santa María

El Hotel Playa Cayo Santa María se fundó el 24 de diciembre de 2011 desde entonces se encuentra situado en el cayo del mismo nombre, en el municipio de Caibarién, provincia de Villa Clara, entidad subordinada a la Delegación Territorial Centro de Gaviota S.A. Es uno de los hoteles que existen en Cuba del tipo marca propia, es decir no presenta dirección extranjera. Cuenta con una plantilla aprobada de 372 trabajadores, una plantilla cubierta de 354 trabajadores como promedio de ellos: 110 obreros, 175 de servicio, 5 administrativos, 57 técnicos y 7 cuadros; actualmente la plantilla tiene un total de 605 trabajadores de los cuales 233 son subcontratación. La composición por sexo es de 273 mujeres y 332 hombres.

La instalación está diseñada para brindar servicios hoteleros y turísticos, con una modalidad de un servicio todo incluido (All Inclusive), siendo este nuestro servicio principal, también contamos con otros servicios fuera del paquete incluido y que consideramos ventas extras, los cuales el cliente deberá pagar en efectivo, formando de esta forma los servicios secundarios de la instalación como son:

- servicio de lavandería.
- servicio de masajes, peluquería y sauna (SPA)
- servicios de ventas de tabacos y bebidas extra cartas.
- servicios de telefonía hacia distintos países o regiones del mundo.
- servicios de casas de cambio (CADECA)

- servicios de ventas de excursiones hacia distintos puntos de la provincia y la cayería.

Objeto social

Está diseñado para brindar un producto turístico de óptima calidad a través de una amplia gama de ofertas turísticas orientadas a la satisfacción de las necesidades, gustos y exigencias de sus clientes, con el objetivo de obtener elevados ingresos y utilidades y regido por el principio de potenciar los valores de la naturaleza, la cultura y la sociedad cubana.

Misión

Es un hotel de Sol y Playa 5* ubicado en Cayo Santa María cuyo diseño arquitectónico se basa en un minimalismo elegante y funcional, lo cual unido a los elevados estándares de calidad de sus servicios y el enfoque a la satisfacción del cliente, lo tipifican y diferencian del resto de los hoteles del destino.

Visión

Ser líderes en el destino Cayos de Villa Clara y destacar entre los 20 mejores hoteles de Cuba, con un servicio de excelencia orientado a satisfacer las expectativas de nuestros clientes.

2.2.1 Descripción del área de Servicios Técnicos

Política general

La actividad de mantenimiento en el hotel tiene como fin mantener en óptimo estado el equipamiento y las instalaciones, que garanticen la correcta prestación del servicio acorde a lo planificado para la temporada por la dirección, cumpliendo con lo establecido en el sistema de calidad, basándose en el manual de servicios técnicos de GAVIOTA S.A.

Directrices de mantenimiento

La actividad de mantenimiento se desarrollará sobre la base de la planificación, lo que permite utilizar óptimamente los recursos humanos y materiales. Las instalaciones elaborarán el Plan Anual de Mantenimiento, el cual incluirá el tipo, duración y fechas de los mantenimientos a ejecutar, partiendo de:

- Los ciclos de mantenimiento.
- El estado técnico de los equipos
- El comportamiento de los equipos durante el período de operación.
- Los requerimientos del servicio.

Se crearán o desarrollarán los sistemas de mantenimiento preventivo planificado u otras técnicas apropiadas, de manera que garanticen explotar y prolongar la vida económicamente útil de los equipos hasta los niveles máximos disponibles.

Se elaborará e implantará la base normativa de la actividad que incluye entre otros:

- La clasificación de los equipos, definiendo cuales son los que afectan los servicios (equipos básicos o fundamentales) y los que no afectan el mismo (equipos auxiliares).
- Tipos de mantenimiento
 1. Para las instalaciones se elaborarán los contenidos de trabajos de los mantenimientos Diarios, Semanales, Quincenales, Mensuales, Trimestrales, Semestrales y Anuales.
 2. Volúmenes típicos y duración de cada uno, incluyendo su programa de ejecución.
 3. Ciclos de mantenimiento, los cuales deberán ser ajustados teniendo en cuenta su comportamiento real.
 4. Contenido de las carpetas de los equipos, que deberán contar con la adecuada documentación técnica para cada equipo y toda la información referente a reparaciones y equipos auxiliares o accesorios.

Los Hoteles contarán con talleres de acuerdo a sus características de servicio que apoyen los trabajos de mantenimiento dentro de los límites de calidad, tiempo y economía apropiados.

Se aplicarán sistemas de control del costo por cada reparación, que permitan una evaluación correcta del desarrollo y resultados de los trabajos.

Se trabajará en el estudio sistemático del reemplazo de equipos existentes por otros más eficientes y económicos.

El personal de mantenimiento será responsable del cumplimiento estricto de las medidas de seguridad y el uso adecuado de los medios de protección para todas aquellas actividades a desarrollar que así lo requieran.

Se establecerán o desarrollarán métodos de inspección para sistemas a presión y válvulas de seguridad, que garanticen la seguridad física de los equipos y del personal.

Se crearán los métodos y disposiciones que garanticen que todos los trabajadores en cada Hotel tomen parte activa en el desarrollo de trabajos, que tiendan al ahorro de energía y su conservación; al ahorro de agua y al ahorro de materiales y piezas de repuesto, así como en la prevención de dificultades en los servicios, debido al mantenimiento inadecuado o insuficiente, de tal modo que sea fácilmente canalizada la información, de toda aquella anomalía que se observe.

Se considerará por los Comités de Innovadores y/o Racionalizadores la actividad de mantenimiento, a fin de introducir logros técnicos que faciliten al mismo tiempo una mayor seguridad a las instalaciones y al personal involucrado en su aplicación, así como el incremento de ahorro de piezas de repuesto por las vías de reparación y restitución, disminuyendo sus compras o importaciones.

La actividad de mantenimiento en cada Hotel tendrá como tarea permanente la constante superación técnico-cultural de sus técnicos, para lo cual se elaborará anualmente el Plan de Formación del personal.

Se trabajará en la formación de técnicos con perfil amplio, la polivalencia del personal permitirá el trabajo con plantillas más reales y se podrá abarcar todas las especialidades necesarias por más de un operario o técnico.

Se preverá la formación de personal mediante cursos para aquellas actividades que requieran determinadas calificaciones u aprobaciones por los organismos rectores, ejemplo: operadores de calderas, operadores de turbocompresores, operadores con centrales de incendios, etc.

Se incluirán de manera preferente en los cursos de superación de directivos de la actividad de mantenimiento, aspectos sobre dirección, organización, control y análisis económico de la actividad.

El mantenimiento que se ha aplicado en dicho centro ha incluido tareas preventivas y correctivas basadas en un plan de mantenimiento preventivo planificado según referenciado en el Manual de Servicios Técnicos (2011), orientado desde la dirección del hotel y a su vez es orientado desde la Dirección Territorial Centro GAVIOTA S.A.

El área de servicios técnicos se encuentra ubicada dentro de la fábrica, patio de servicios del hotel, la misma cuenta con cuatro oficinas, una carpintería, un taller mecánico y de refrigeración, un taller eléctrico, un taller de soldadura, un pañol y un almacén. Tiene una plantilla de 37 trabajadores, un jefe de servicios técnicos, dos técnicos en servicios técnicos para el turismo, una técnica en ahorro y uso racional de la energía, un especialista B en servicios técnicos, un programador controlador, cuatro operarios de mantenimiento a equipos en instalación (mecánica general), un operario de mantenimiento a equipos en instalación (climatización), tres plomeros instaladores B, un pintor de la construcción, seis operarios generales de mantenimiento y reparación, un operario C instalador reparador, seis limpiadores de piscina, cinco electricistas, un carpintero y tres albañiles.

El principal problema que ha venido afectando la instalación es la dureza del agua, debido a que el hotel no cuenta con equipos suavizadores con la capacidad necesaria para realizar esta actividad y el sistema de aprovisionamiento de las sales es muy tardío.

2.2.2 Descripción del proceso de abasto de agua caliente en los bungalows

El sistema de producción de abasto de agua caliente utilizara como fuente fundamental la energía solar, el volumen de agua acumulada es variable en dependencia del tipo de bungalow, compartido en dos tanques de 5, 4 y 3m³ cada uno, uno de acumulación solar y otro con el apoyo eléctrico. El sistema está conformado por dos circuitos, el circuito primario de agua que hace circular el agua entre los colectores solares y el tanque con intercambiador de tubos, circuito de recirculación que hace circular el agua desde los tanques de almacenamiento hasta las habitaciones. Las bombas de los circuitos primario y recirculación de agua caliente serán del tipo gemelas para montaje en línea una trabajando y otra de reserva. El control del sistema se realiza mediante una central de comunicación, la cual recibe las señales de las sondas ubicadas en la salida de los paneles y en el tanque de acumulación y para o arranca la bomba del circuito primario en función de la diferencia de temperatura, la bomba de circuito de recirculación está funcionando en dependencia de

La temperatura de retorno que es censada por termostato que controla su arranque y parada, las bombas incluyen presostato. El sistema solar es concebido para que funcione de manera autónoma. Las tuberías en los locales técnicos son de acero negro o galvanizado, roscado o soldado aisladas térmicamente. La reposición de agua al sistema de agua caliente sanitaria se hace desde la tubería de ATA del edificio, con un ramal que va hasta el cuarto de equipos. El sistema de producción de agua caliente está provisto de un metro contador en el suministro de agua del sistema de ATA. El agua es calentada hasta una temperatura de 60°C en los colectores solares. El sistema de apoyo es capaz de asumir todo el calentamiento del agua en caso de fallas en el sistema solar. La temperatura en los tanques de acumulación es de 55°C y la de entrega del agua caliente a los locales de 50 °C, su funcionamiento es durante las 24 horas del día y está controlada por una válvula mezcladora termostática para garantizar la temperatura de suministro en los valores previstos.

Los intercambiadores de tubo tienen en cada salida y entrada válvulas de cierre, manómetro y termómetro.

Cada bomba gemela está equipada con filtro, válvula de cierre, válvula de equilibrado, juntas anti-vibratorias y manómetros.

En cada tanque hay instaladas válvulas de operación, manómetro, termómetro, purgas de agua, purgas de aire y válvulas de seguridad.

El suministrador del sistema de abasto de agua caliente del hotel fue suministrado por SOMITEC.

2.3 Aplicación del procedimiento de MBR seleccionado

Para darle cumplimiento al objetivo de la presente investigación, se aplicará el procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo propuesto por Espinosa JU. (2015), donde las etapas que lo conforman se muestran a continuación:

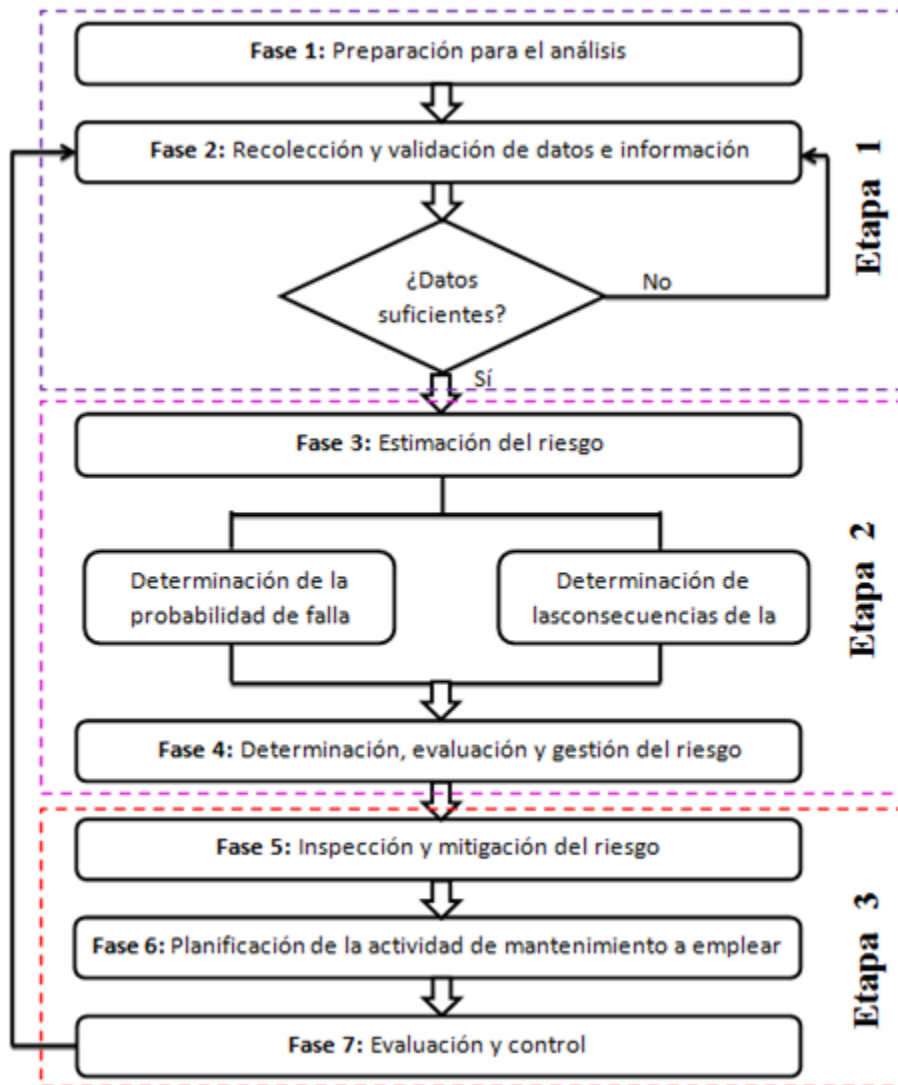


Figura 2.1 Procedimiento a seguir para la ejecución del plan de mantenimiento. **Fuente:** (Espinosa Martínez, 2015).

Fase 1: Preparación para el análisis

Conformar el grupo de trabajo para la metodología de MBR

El tamaño del grupo de expertos se definió mediante el procedimiento propuesto por Hurtado de Mendoza (2003) que se muestra en el anexo 2.

En la tabla 1.3 se muestran algunos datos de los especialistas que conforman este grupo de trabajo en el hotel objeto de estudio. El proceso de selección se desarrolló teniendo en cuenta que los mismos tuvieran suficientes conocimientos sobre el tema a tratar y

experiencia en la tarea, de manera que garantizarán resultados consecuentes con el objetivo perseguido.

Tabla 1.3: Relación de los expertos seleccionados.

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	José Antonio Leiva Pérez	Mecánico de habitación	5
2	Arley Valdez Hurtado	Mecánico General	5
3	Yoldis Arbeláez Martínez	Eléctrico	5
4	Aida Rosa Montes de Oca Guevara	Técnica en ahorro y uso racional de energía	5
5	Héctor González Hernández	Mecánico de Brigada de Bomba	10
6	Lean Saign Chiang Rodríguez	Jefe de Servicios Técnicos	5
7	Ernesto González Méndez	Mecánico de habitación	5
8	Juan Concepción Benítez	Jefe de Brigada	3

Establecer el plan de trabajo

En este paso, se deben definir claramente los objetivos que se persiguen con el estudio que se va a realizar, ya que su definición condicionará el alcance del análisis MBR, así como facilitará el proceso ya que se garantiza que el grupo de trabajo entienda y acepte las condiciones bajo las cuales acometerán su labor.

El líder del equipo o el facilitador (en este caso es el Jefe de Servicios Técnicos), prepara el plan de trabajo para llevar a cabo la aplicación del MBR a los equipos del sistema de abasto de agua caliente a los bungalows del Hotel Playa Cayo Santa María y precisa como objetivos del mantenimiento en los definidos por Espinosa Martínez (2007) en su tesis de maestría:

El mantenimiento en los bungalows persigue los siguientes objetivos:

1. Garantizar la máxima disponibilidad del equipamiento y la instalación al mínimo costo posible.
2. Mejorar la fiabilidad del servicio teniendo en cuenta las horas de funcionamiento del equipamiento, calidad del servicio, seguridad de las personas, buen rendimiento energético y mínimo deterioro ambiental. Todos estos conceptos son medibles de la siguiente forma:
 - Horas de funcionamiento: según el programa de trabajo, se definen las horas de funcionamiento anual, previstas y ejecutadas.
 - Calidad del servicio: teniendo en cuenta si el fallo del equipo afecta la calidad del servicio (nivel de afectación de la calidad que conlleva al fallo del equipo).
 - Seguridad de las personas: la eficacia de la seguridad se mide teniendo en cuenta el índice de ocurrencia de accidentes (cantidad de accidentes en un período dado de tiempo) y en el índice de gravedad de estos (si los efectos son graves o si proporcionan algún tipo de riesgo a los trabajadores).
 - Buen rendimiento energético: traducido en la eliminación de las pérdidas de energía que incrementan los costos de operación.
3. Prolongar la vida útil de los activos fijos de los bungalows.
4. Contribuir a la comodidad y el mantenimiento de las condiciones ambientales.
5. Cuidar la imagen de la institución desde el punto de vista del entorno físico.

Los límites de aplicación están relacionados a la hora de la selección del equipamiento a analizar, el cual se mostrará en la fase 2, llevado a todos aquellos equipos que de no funcionar correctamente pudieran ocasionar el detenimiento total de la prestación del servicio e incluso no se llega a brindar el producto con la calidad deseada y se puede ver afectado el personal que allí labora.

Fase 2: Recolección y validación de datos e información

Definir una jerarquía técnica para los equipos de la planta

La jerarquía técnica para los equipos de la planta se muestra en el anexo 3.

Listado de funciones y especificaciones de los equipos

Completar este paso significa detallar todas las funciones que tiene el sistema que se está estudiando, cuantificando cuanto sea posible cómo se lleva a cabo esa función en cada uno de los equipos que conforman el sistema de abasto de agua caliente de los bungalows, este listado de funciones y especificaciones de los equipos se puede apreciar en la tabla de elaboración del FMECA en la primera columna (ver anexo 8).

Análisis del estado técnico de los equipos

Para el análisis del estado técnico de los equipos se le aplicó, a los equipos que conforman el sistema de abasto de agua caliente de los bungalows, la Guía para elaborar el diagnóstico del estado técnico de las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas, la lubricación y la organización y limpieza de la industria, expedida por el Ministerio de Industrias en febrero del 2013 (ver anexo 4).

Selección del equipamiento a analizar

La selección de los equipos que son prioritarios se puede basar en la importancia relativa de los siguientes criterios:

- Cantidad de paradas que ocasiona al servicio y consumo energético.
- Nivel de afectación que puede tener para la salud de los trabajadores y el medio ambiente.

La satisfacción de los clientes es el objetivo fundamental de cualquier institución o empresa sea de producción o de servicio, por lo que las paradas en el proceso de prestación de servicio debido a problemas técnicos de los equipos o al sobreconsumo eléctrico tienen en muchos casos como consecuencia la mala calidad del servicio, la insatisfacción de los clientes y por consiguiente se daña la imagen del hotel.

Por otra parte, el recurso humano es el bien máspreciado de una organización y es una obligación de la misma velar por la seguridad y el bienestar de todos sus trabajadores.

La contaminación es la alteración nociva del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio (contaminante), causando inestabilidad, desorden, daño o malestar en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. La contaminación puede producir enfermedades, así como causar graves daños en un río o estanque y afectar la vida allí existente.

Bajo el supuesto de seleccionar para el análisis inicial de la aplicación del MBR en el hotel a aquellos equipos donde dicha aplicación refleje el logro de los mejores beneficios y a la vez traiga una mayor seguridad a los trabajadores y al medio ambiente del hotel objeto de estudio, se seleccionó un grupo de equipos, determinados a través del Criterio de los expertos con el uso de la prueba W de Kendall con el software MathCad 15.0, como se muestra en el anexo 5. En la prueba estadística el Coeficiente de Concordancia de Kendall (W), ofrece el valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos. Este método de pronóstico es importante porque brinda un modelo para la ordenación de entidades de acuerdo a un consenso, cuando no hay un orden objetivo de las entidades. Finalmente quedan seleccionados los equipos que se muestran a continuación:

- Resistencia
- Bomba en línea
- Panel solar

Fase 3: Estimación del riesgo

El riesgo puede ser definido como la combinación entre la probabilidad de que ocurra un determinado evento o fallo y la consecuencia (generalmente negativa) asociada con ese fallo o evento.

El análisis de probabilidad de falla en un programa de MBR se realiza para estimar la probabilidad de la ocurrencia que genere una consecuencia adversa.

La determinación de las consecuencias de fallo tiene como objetivo principal evaluar el impacto de los modos de fallo, para analizar más profundamente a las mismas se estudia por cada fallo, las consecuencias para el medio ambiente, la seguridad de los trabajadores, operacionales, consumo de energía y para la imagen del hotel como se muestra en el anexo 9.

Para la estimación del riesgo se construye el FMECA (ver anexo 8 hasta la columna de Criticidad), como se puede apreciar la estimación se realizará de forma cualitativa por lo que para lograr la correcta elaboración del FMECA se analizan con anterioridad el árbol de fallas, el escenario y el árbol de consecuencias de cada equipo seleccionado en la fase

anterior (ver anexo 6). 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.

La utilización de este método de análisis de riesgos permite un conocimiento exhaustivo de las relaciones causa-efecto existente entre los diversos fallos posibles del sistema.

Una vez desarrollado el FMECA y el árbol de falla de cada equipo se procede a la construcción del diagrama de relación entre modos de fallo, causas del fallo y causa raíz para cada componente y sistema del equipo que se analiza, ver en el anexo 7.

Fase 4: Determinación y evaluación del riesgo

Esta fase se realiza a través de la utilización de la matriz de riesgo como se muestra en el procedimiento seleccionado y en el anexo 10. Para cada causa de los distintos modos de fallos por equipos se ubica en dicha matriz como se puede observar en la tabla del FMECA en el anexo 8 en la columna de aceptabilidad el cual se analiza como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.4: Niveles de aceptabilidad

Ranking	Descripción	
0-30	Aceptable	Hasta el 25 %
31-54	Admisible	
55-108	Tolerable	Entre el 26 y 50 %
109-162	Inaceptable	Entre el 51 y el 75
163-216	Inadmisible	Mayor al 75 %

Fase 5: Inspección y mitigación del riesgo

En esta etapa del procedimiento se le dan valores de aceptabilidad al nivel de riesgo según la tabla del anexo 11 y se puede observar en el anexo 8 en la columna de aceptabilidad.

Fase 6: Planificación del tipo de mantenimiento a utilizar en los bungalows

La planificación del tipo de mantenimiento que se debe aplicar al componente asociado al modo de fallo correspondiente se realiza a través del esquema desarrollado por González-Quijano (2004) que se muestra en el anexo 12 y queda definido para los componentes en las últimas tres columnas del anexo 8 y de forma general para cada equipo el tipo de

mantenimiento a realizar de manera que se minimice la probabilidad de falla, es el siguiente:

Tabla 2.2: Tarea de mantenimiento por equipo

Equipo	Tipo de Mantenimiento
Resistencia	Mantenimiento preventivo programado
Bomba en línea	Mantenimiento preventivo programado
Panel solar	Mantenimiento rutinario

Fase 7: Evaluación y control

Para evaluar y controlar cuán efectivas han sido las acciones correctivas, preventivas y/o de mejoras propuestas como consecuencia de la planificación del tipo de mantenimiento estará en dependencia de los imprevistos que puedan ocurrir en el hotel, ya sea sustitución de un equipo por otro, donde de ser el caso sería necesario repetir el estudio realizado en la presente investigación para evaluar los posibles riesgos que el mismo posea para la seguridad de los trabajadores, el medio ambiente y el servicio. Si la situación en el hotel sigue en las mismas condiciones se propone un seguimiento con una periodicidad de un año, para controlar que los equipos no hayan cambiado de lugar en la matriz de riesgo, y la frecuencia planteada en el FMECA (ver anexo 8).

2.4 Conclusiones parciales

1. En el Hotel Playa Cayo Santa María el sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado empleado no permite garantizar en su totalidad los objetivos que se le exige para este tipo de trabajo pues presenta problemas que afecta el desempeño adecuado del servicio, por lo que se hace necesario implementar estrategias de mejora en la planificación de los equipos.
2. El procedimiento de mantenimiento basado en el riesgo se ajustó a las condiciones existentes en el hotel, ayudando así a la toma de decisiones sobre las actividades de mantenimiento a aplicar según la criticidad de los fallos que pueden ocurrir en los equipos objeto de estudio.

Conclusiones

A decorative graphic located at the bottom right of the page. It consists of two horizontal lines and two vertical lines intersecting. The top horizontal line is dark and the bottom one is light gray. The left vertical line is dark and the right one is light gray. They intersect to form a cross-like structure.

CONCLUSIONES GENERALES

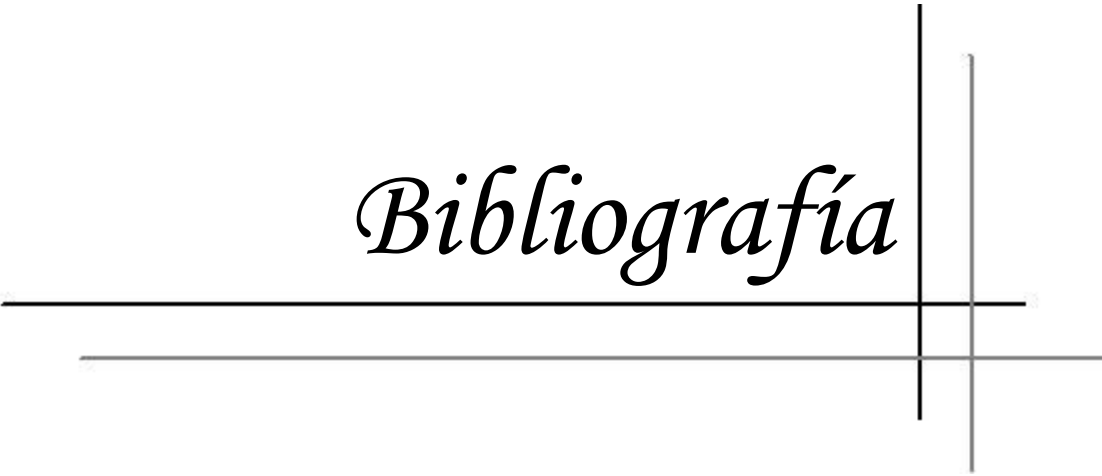
1. El estudio bibliográfico realizado para la construcción de la Revisión Bibliográfica de la investigación confirma la existencia de una amplia base conceptual sobre el mantenimiento y sus aplicaciones, sin embargo, son escasos los precedentes sobre el tratamiento del Mantenimiento Basado en el Riesgo en Cuba, específicamente en el Grupo GAVIOTA S.A.
2. No existe un sistema de información en el hotel que permita recolectar los datos necesarios para realizar un análisis estadístico de la frecuencia necesaria para llevar a cabo las actividades de mantenimiento propuestas.
3. La aplicación del procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo seleccionado en el Hotel Playa Cayo Santa María posibilitó determinar los problemas que afectan la prestación del servicio y la satisfacción de los clientes, así como detectar las oportunidades de mejora que mayor impacto pueden tener en el incremento del desempeño de la Gestión de Mantenimiento en el hotel.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

1. Considerar las acciones planteadas en la presente investigación para ser aplicadas en el Hotel Playa Cayo Santa María
2. Realizar un plan de capacitación para el personal de mantenimiento con vistas a entrenarlo en el tema objeto de estudio para alcanzar mejores resultados en las actividades de mantenimiento.
3. Aplicar el procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo al resto de los equipos y sistemas del Hotel playa Cayo Santa María, analizando la factibilidad de su implantación y considerando las modificaciones que en cada caso pudieran ser necesarias.

Bibliografía



BIBLIOGRAFÍA

1. API University. (2008) “RBI Focuses Resources, Optimizes Inspection Planning”
2. Balda, A. (2006) *Plan de Inspección Basada en Riesgo para Equipos Estáticos de una Instalación de Procesamiento de Hidrocarburos*. Trabajo de Postgrado, Universidad Simón Bolívar.
3. Borroto Pentón, Y. (2005) *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara*. Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas. UCLV. Santa Clara, Cuba.
4. Bustamante Barberena, Geraldo A. (2006) *Situación actual e implementación de mejoras, en el mantenimiento mecánico de los sistemas de enfriamiento por agua y de suministro de agua de proceso de planta San Miguel, de cementos progreso, S.A.* Trabajo de grado para Ingeniero Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala.
5. Crespo Márquez, Adolfo y otros, (2004) *Ingeniería de Mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos*. AENOR. España.
6. Crespo Márquez, Adolfo, (2007) *The Maintenance Management Framework. Models and Methods for Complex Systems Maintenance*. Sevilla. España.
7. Chersia Azcárate, Alejandra D. (2009) *Elaboración de planes de mantenimiento basado en riesgo de equipos estáticos en los sistemas de precalentamiento, calentamiento y fraccionamiento de cruso*. Trabajo de grado para Ingeniero Mecánico. Barcelona. España.
8. Choudhry, Moorad, (2006) *An introduction to value at risk*. Cuarta Edición. John Wiley & Sons, LTD. Estados Unidos.
9. Crouhy, Michely otros, (2006) *The essentials of risk management*. McGraw-Hill. New York. Estados Unidos.
10. De la Paz Martínez, Estrella M. (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. UCLV. Santa Clara. Cuba.

11. Espinosa Martínez, J. U. (2007) *Sistema de Mantenimiento basado en Producciones Más Limpias para equipos energéticos de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos de la UCLV*. Tesis presentada para optar por el Título Académico de Máster en Ingeniería Industrial Mención Mantenimiento. UCLV. Santa Clara. Cuba.
12. Gangi, S. (2012) *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad: Ejemplo de Aplicación en una Industria Farmacéutica*. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Colombia.
13. García Garrido, Santiago, (2013) *Ingeniería de Mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento*. Madrid. España.
14. García Garrido, Santiago, (2010) *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Díaz de Santos, S.A. Madrid. España.
15. García González-Quijano, Javier, (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 presentada para optar por el Título Académico de Máster en Gestión Técnica y Económica en el Sector Eléctrico. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad Pontificia Comillas. Madrid. España.
16. González Rocha, Angel M. y Mora Ballesteros, Leonardo, (2006) *Modelo Gerencial de Mantenimiento para la Planta Manufacturas de Cemento S.A.* Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.
17. Gutiérrez Urdaneta, Edwin E. y otros, (2012) *Optimización Costo Riesgo para la determinación de Frecuencias de Mantenimiento o de Reemplazo*. Reliability and Risk Management, S.A. Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.
18. Knezevic, Jezdimir, (1996) *Mantenimiento*. Isdefe. Madrid. España.
19. López García, J. (2013) *Gestión del Mantenimiento eficiente: Las cinco generaciones del Mantenimiento*. Disponible en:

http://www.google scholar.com/articles/las_cinco_generaciones_del_mantenimiento.html

20. Martínez Giraldo, León Augusto, (2014) *Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional*. Tesis presentada para optar por el Título Académico de Máster en Ingeniería Eléctrica. Facultad de Minas, Departamento de Energía Eléctrica y Automática. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia.
21. Martínez R. Luis, (2007) *Organización y Planificación de sistemas de mantenimiento*. Centro de Altos Estudios Gerenciales. Instituto Superior de Investigación y Desarrollo. Caracas. Venezuela.
22. Medel Jiménez, Julio C., (2010) *Factibilidad de aplicación del Mantenimiento Basado en Fiabilidad en las PYME'S*. Unidad profesional interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas. Instituto Politécnico Nacional. México.
23. Montecelos Trashorras, Jesús, (2006) *Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios*. Ed. Thomson Learning Ibero. España.
24. Mora Gutiérrez, Alberto, (2012) *Mantenimiento Industrial Efectivo* Editorial COLDI. Envigado Antioquia Colombia.
25. Moreno Escudero, E. y J. Rubiano Sánchez, (2010) *Modelo de un Plan de Mantenimiento basado en la Metodología RBI (Inspección Basada en Riesgo) para equipos críticos de una Estación de Cargadero de Nafta*. Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander Asedius Bogotá. Bucaramanga.
26. Moubray, J. (1997) *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Ed. Butterworth-Heinemann.
27. Navarrete, E. y otros, (1998) *Gestión y Calidad del Mantenimiento*. CEIM: MES. La Habana. Cuba.

28. Neto Chusin, Edwin Orlando, (2008) *Mantenimiento Industrial*. Ecuador.
29. Nitz, Luis M. (2004) *Sistema de inspección basada en el riesgo*. Facultad de Ingeniería. Universidad Austral. Comodoro Rivadavia. Argentina.
30. Normas API 580/581 (2003) *Inspección Basada en Riesgo y su implementación en las Mantenciones Minerawww.mantenimin.cl/esp/ resúmenes/ A24.pdf*.
31. Norma Técnica PDVSA IR-S-14, (2000) *Integridad Mecánica De Equipos Estáticos*. PDVSA. Venezuela.
32. Norma UNE EN-13306, (2002) Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
33. Parra, Carlos, (2012) *Taller: Técnicas básicas de confiabilidad, priorización de sistemas críticos y análisis de modos y efectos de fallas críticos*. Ingeman. Chile.
34. Parra Márquez, Carlos A. y Crespo Márquez, Adolfo, (2012) *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Desarrollo y aplicación práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento*. Ingeman. Sevilla. España.
35. Pérez Borrajo, Arlety, (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. UCLV. Santa Clara. Cuba.
36. Portuondo Pichardo, F. (1990) *Economía de Empresas Industriales*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.
37. Prado, Raúl R. (1996) *Manual Gestión de Mantenimiento a la medida*. Piedra Santa S.A. Guatemala.
38. Sabina, R. C., (2012) *El mantenimiento en la Industrial. Su importancia*.
39. Silva Martínez, Carlos E. (2007) *Diseño de un sistema de mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre*. Trabajo de graduación para Ingeniero Mecánico. Pereira. Colombia.
40. Torres, Leandro Daniel, (2005) *Mantenimiento. Su Implementación y Gestión*. Segunda Edición. Argentina.

41. Trujillo C., Geraldo, (2014) *Aplicación de la Norma ISO 5500X para la Gestión de Activos Físicos*. Asociación mexicana de profesionales en Gestión de Activos A.C. México.
42. Tobalina, F. (1994) *TPM. Mantenimiento productivo total. Realidad y aplicación práctica*.
43. Vega Mendoza, Pedro José, (2009) *Diseño de la estrategia de Mantenimiento basada en la confiabilidad, RCM, e inspección basada en el riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la planta para concentrados de la Empresa ITALCOL S.C.A.* Tesis de grado. Escuela de Ingeniería y administración Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Colombia.
44. Yee Chong, Yen, (2004) *Investment risk management*. John Wiley & Sons, LTD. Estados Unidos.
45. Zhao M-X. ; Su J. y S-G. Liu, (2012) *Risk assessment based maintenance management for distribution network*. Journal of international council on electrical engineering. Volumen2, Número 1, pp. 84-89.

Anexos

Anexo 1. Encuesta de satisfacción Hotel Playa Cayo Santa María

¿Qué aspectos de nuestro Hotel usted considera que deben mejorarse inmediatamente?



E-mail:

SI () No ()

Sugerencias?

Anexo 1. Continuación...

				
	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
Habitaciones				
• ¿Servicio de la camarera?	()	()	()	()
• ¿Habitaciones limpias?	()	()	()	()
• ¿Camas confortables?	()	()	()	()
• ¿Bien iluminadas?	()	()	()	()
• ¿Bien decoradas y amuebladas?	()	()	()	()
• ¿Con todos los complementos que necesitaba?	()	()	()	()
• ¿Con todo trabajando en orden?	()	()	()	()
• ¿Eficiente servicio de lavandería?	()	()	()	()

	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
Baños				
• ¿Limpios?	()	()	()	()
• ¿Bien iluminados?	()	()	()	()
• ¿Con todos los complementos que necesitabas?	()	()	()	()
• ¿Con todo trabajando en orden?	()	()	()	()
• ¿Agua Caliente?	()	()	()	()

	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
Desayuno				
• Restaurante Buffet				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()
• Beer Garden				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()

Sugerencias? _____

	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
Almuerzo				
• Restaurante Buffet				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()
• Ranchón playa				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()
• Beer Garden				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()

Sugerencias? _____

				
	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
Cena Restaurantes				
Restaurante Buffet				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()
Restaurante Oriental "Panda Rojo"				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()
Restaurante Gourmet "Romántico"				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()
• Restaurante Italiano "Garibaldi"				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()
• Restaurante Marino "Puerto San Juan"				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()
• Beer Garden				
• Servicio	()	()	()	()
• Comida	()	()	()	()

Sugerencias? _____

	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
Bares				
• Lobby Bar	()	()	()	()
• Aqua Bar	()	()	()	()
• Bar Piscina Oeste	()	()	()	()
• Bar Piscina Este	()	()	()	()
• Cigar Bar	()	()	()	()
• Bar playa	()	()	()	()

Sugerencias? _____

	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
Room Service	()	()	()	()
Heladería	()	()	()	()

Sugerencias? _____

	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
Animación				
• Instalaciones Deportivas	()	()	()	()
• Animación Diurna	()	()	()	()
• Animación Nocturna	()	()	()	()
• Animación Infantil	()	()	()	()
• Gimnasio	()	()	()	()

	Muy Bien	Bien	Mal	Muy Mal
SPA				
• Amabilidad	()	()	()	()
• Relación Calidad/Precio	()	()	()	()
• Ambientación	()	()	()	()

Sugerencias? _____

Anexo 2. Método de expertos (**fuente:** Hurtado Mendoza, 2003)

En este método la selección de los expertos se realiza mediante la aplicación de un procedimiento cuyas etapas se describen a continuación:

1. Elaboración de una lista de candidatos a expertos que cumplan con los requisitos necesarios para el estudio.

Teniendo en consideración estos requisitos se reúnen un conjunto de candidatos que se ubican en una tabla como la que se muestra a continuación.

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia	Especialidad
...	...	...	...	...

2. Determinación del coeficiente de competencia de cada candidato.

Es un método de autoevaluación totalmente anónimo. Se aplica un instrumento, en el cual el candidato expresa el grado de conocimiento sobre el tema y las fuentes de dicho conocimiento, que se explica a continuación.

Encuesta

1-Marque con una (x), en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tiene sobre el tema.

Nombre del experto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2- Marque con una (x), el nivel que Usted cree que corresponde a cada uno de los aspectos reflejados en la tabla siguiente:

Anexo 2. Continuación...

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			
2	Experiencia práctica			
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero			
6	Intuición			

Con la primera pregunta de la encuesta se determina K_a y con la segunda K_c , ya con el valor de estos coeficientes se pasa a calcular K_{comp} . En el procesamiento se calcula el coeficiente de competencia de la siguiente forma:

$$K_{comp} = 0.5 * (K_c + K_a)$$

Donde:

K_{comp} : Coeficiente de competencia.

K_c : Coeficiente de conocimiento: resulta del promedio de los valores que cada candidato le otorga a cada una de las preguntas, según el conocimiento que considere tenga al respecto.

K_a : Coeficiente de argumentación: es el resultado de la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación. [$K_a = \Sigma n$]

Para determinar los valores de K_a se tiene en cuenta la tabla que utiliza Hurtado de Mendoza, la que se presenta a continuación:

Anexo 2. Continuación...

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
2	Experiencia práctica	0.5	0.4	0.2
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero	0.05	0.05	0.05
6	Intuición	0.05	0.05	0.05

3- Selección de los expertos

Para seleccionar los expertos se toman los siguientes criterios:

Competencia del experto Alta (A): si $K_{comp.} > 0.8$

Competencia del experto Media (M): si $0.5 < K_{comp.} \leq 0.8$

Competencia del experto Baja (B): si $K_{comp.} \leq 0.5$

El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, nunca se utilizará expertos de competencia baja.

Lo anterior se combina con el cálculo del número de expertos necesarios para el análisis, a través de la expresión siguiente:

$$M = \frac{p * (1 - p) * K}{i^2}$$

De acuerdo con el número de expertos resultante del cálculo, se seleccionan aquellos de mayor competencia según el K_{comp} determinado en el paso 2, con la encuesta.

Anexo 2. Continuación...

Selección del grupo de expertos

1. Elaboración de una lista de candidatos a expertos que cumplan con los requisitos necesarios para el estudio.

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	José Antonio Leiva Pérez	Mecánico de habitación	5
2	Arley Valdez Hurtado	Mecánico General	5
3	Yoldis Arbolaez Martínez	Eléctrico	5
4	Aida Rosa Montes de Oca Guevara	Técnica en ahorro y uso racional de energía	5
5	Héctor González Alfonso	Mecánico de Brigada de Bomba	10
6	Lean Saign Chiang Rodríguez	Jefe de Servicios Técnicos	5
7	Ernesto González Méndez	Mecánico de habitación	5
8	Juan Concepción Benítez	Jefe de Brigada	3
9	Julio César Echeverría Crespo	Electricista B de Mantenimiento	5
10	Lievin Fuentes Perdomo	Electricista B de Mantenimiento	6
11	Orelvis Lopez Torres	Mecánico de habitación	2

2. Determinación del coeficiente de competencia de cada candidato.

Para la determinación de este coeficiente se emplea un método de autoevaluación totalmente anónimo. Se aplica una encuesta a cada uno de los candidatos, en la que expresa el grado de conocimiento sobre el tema y las fuentes de dicho conocimiento, los resultados obtenidos se detallan a continuación.

Anexo 2. Continuación...

Encuesta

1-Marque con una (x), en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tiene sobre el tema.

Nº	Ocupación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mecánico de habitación (1)								X		
2	Mecánico General								X		
3	Eléctrico					X					
4	Técnica en ahorro y uso racional de energía									X	
5	Mecánico de Brigada de Bomba										X
6	Jefe de Servicios Técnicos								X		
7	Mecánico de habitación										X
8	Jefe de Brigada									X	
9	Electricista B de Mantenimiento (1)					X					
10	Electricista B de Mantenimiento (2)					X					
11	Mecánico de habitación (3)							X			

Anexo 2. Continuación...

2- Marque con una (x), el nivel que Usted cree que corresponde a cada uno de los aspectos reflejados en la tabla siguiente:

Mecánico de habitación (1)

Fuentes de argumentación o fundamentación		Escala por niveles		
Nº		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	X		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición	X		

Mecánico General

Fuentes de argumentación o fundamentación		Escala por niveles		
Nº		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	X		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición		X	

Anexo 2. Continuación...

Eléctrico

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales		X	
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición		X	

Técnica en ahorro y uso racional de energía

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted		X	
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	X		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	X		
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición		X	

Anexo 2. Continuación...

Mecánico de Brigada de Bomba

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	X		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición		X	

Jefe de Servicios Técnicos

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	X		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	X		
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero	X		
6	Intuición	X		

Anexo 2. Continuación...

Mecánico de habitación (2)

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales		X	
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero			X
6	Intuición	X		

Jefe de Brigada

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales		X	
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición	X		

Anexo 2. Continuación...

Electricista B de Mantenimiento (1)

Fuentes de argumentación o fundamentación		Escala por niveles		
Nº		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			X
2	Experiencia práctica			X
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			X
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			X
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero			X
6	Intuición		X	

Electricista B de Mantenimiento (2)

Fuentes de argumentación o fundamentación		Escala por niveles		
Nº		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			X
2	Experiencia práctica		X	
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			X
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			X
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero			X
6	Intuición		X	

Anexo 2. Continuación...

Mecánico de habitación (3)

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			X
2	Experiencia práctica			X
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			X
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			X
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero			X
6	Intuición		X	

Anexo 2. Continuación...

Resumen de los coeficientes de competencia para la selección de los expertos

Nº	Coeficiente de conocimiento	de Coeficiente de argumentación	de Coeficiente de competencia	Nivel de competencia
1	1	1	1	Alto
2	0.8	1	0.9	Alto
3	0.5	1	0.75	Medio
4	0.8	0.9	0.85	Alto
5	1	1	1	Alto
6	0.8	1	0.9	Alto
7	1	1	1	Alto
8	0.9	1	0.95	Alto
9	0.5	0.5	0.5	Bajo
10	0.5	0.7	0.6	Medio
11	0.7	0.5	0.6	Medio

3- Selección de los expertos

Para esto se efectúa el cálculo correspondiente a través de la formula siguiente:

K: Constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido, los valores se ofrecen a continuación:

Nivel de confianza (%)	Valor de K
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6896

Anexo 2. Continuación...

$K = 3.8416$ para $\alpha = 0.05\%$ (Nivel de significación)

i – nivel de precisión deseado, varía de (0.005 – 0.1)

$i = 0.1$

$P = 0.02$ (proporción estimada de errores de los expertos)

$$M = \frac{P * (1 - P) * K}{i^2}$$

$$M = \frac{0.02 * (1 - 0.02) * 3.8416}{0.1^2}$$

$$M = 7.529 \approx 8 \text{ expertos}$$

Para el equipo de trabajo se debe contar con ocho expertos; por lo que teniendo en cuenta las personas que tienen mayor coeficiente de competencia, se seleccionan los candidatos que se muestran en la tabla siguiente:

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	José Antonio Leiva Pérez	Mecánico de habitación	5
2	Arley Valdez Hurtado	Mecánico General	5
3	Yoldis Arbolaez Martínez	Eléctrico	5
4	Aida Rosa Montes de Oca Guevara	Técnica en ahorro y uso racional de energía	5
5	Héctor González Alfonso	Mecánico de Brigada de Bomba	10
6	Lean Saign Chiang Rodríguez	Jefe de Servicios Técnicos	5
7	Ernesto González Méndez	Mecánico de habitación	5
8	Juan Concepción Benítez	Jefe de Brigada	3

Anexo 3. Jerarquía técnica para los equipos.



Anexo 4. Guía para elaborar el diagnóstico del estado técnico de las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas, la lubricación y la organización y limpieza de la industria.

Considerando que se aprecia en un importante grupo de Industrias una situación de insuficiente atención a la actividad del Mantenimiento Industrial se ha indicado por la dirección del país al recién creado MINISTERIO DE INDUSTRIAS rector de la actividad de Mantenimiento Industrial, trabajar fuerte en función de implementar los lineamientos 117 y 220 del VI Congreso del PCC, lo cual permitirá revertir esta situación en el menor plazo posible, dada la necesidad de incrementar los niveles de producción y servicios que favorezcan las exportaciones y sustitución de importaciones.

Con vistas a poder elaborar una POLITICA NACIONAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL que favorezca la eficacia y eficiencia de la actividad de Mantenimiento en la Industria Cubana se ha decidido por la dirección del MINISTERIO DE INDUSTRIAS, realizar un diagnóstico en las principales instalaciones industriales de los OACEs y los OSDEs.

Para ello se ha diseñado esta guía que tiene como objetivo que los especialistas, técnicos y obreros calificados que participen en este trabajo puedan realizar una evaluación del estado técnico de las Maquinas, Equipos e Instalaciones tecnológicas Industriales, que junto con la aplicación de la Guía de Diagnóstico de Gestión del Mantenimiento del CEIM, permitirán disponer de la información fundamental y necesaria para elaborar la POLITICA NACIONAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Procedimientos utilizados en la guía

- **Selección de las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas para ser evaluadas**

La selección representativa de las Máquinas, Equipos e Instalaciones tecnológicas se realizará considerando los criterios siguientes:

- Cantidad de Equipos a seleccionar:

Anexo 4. Continuación...

Equipos Instalados Cantidad a Evaluar

Más de 500	de 21 a 25
Más de 250 y menos de 499	de 16 a 20
Más de 100 y menos de 249	de 11 a 15
Menos de 100	10

- Las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas que conformaran la muestra, se seleccionan sobre la base tomar los que estén identificados en el proceso tecnológico como fundamentales o de mayor importancia, haciendo énfasis en aquellos que son únicos en la fábrica, los que al paralizarse provocan afectaciones productivas de alto impacto.
- La evaluación se realizará por los especialistas, técnicos u obreros calificados de mayor experiencia, oficio y conocimientos, basarán sus resultados en la apreciación y valoración que realicen en cada caso, expresándolo de forma cuantitativa en el modelo de trabajo donde no se podrán dar calificaciones superiores a la base tomada (B.T).

Por cada Máquina, Equipo o Instalación tecnológica seleccionada se dará una puntuación en correspondencia con la valoración que se haga de su estado técnico, considerando los criterios siguientes:

Evaluación del estado técnico de los principales equipos

Porcentaje	Evaluación
0 – 40	Mal
41 – 80	Regular
81 – 100	Bien

Anexo 4. Continuación...

- **Estructura de la puntuación**

La estructura de la puntuación será la misma para cualquier Empresa, UEB o Entidad que se diagnostique, independientemente de la magnitud y variedad del equipamiento.

GAVIOTA S.A	Hotel Playa Cayo santa María		D	M	A	
	Hotel Playa Cayo santa María		5	4	16	
Resumen de la evaluación del estado Técnico			Evaluación			
No	Grupos		B.T.	P.O.	%	
M 1	Estado técnico mecánico		25	22.9	91.6	
M 2	Estado técnico eléctrico		25	24.8	99.2	
M 3	Estado técnico de las instalaciones civiles y condiciones socio ambientales		20	12	60	
M 4	Lubricación		20	18	90	
M 5	Organización y limpieza		10	10	100	
TOTAL			100	87.7	87.7	
OBSERVACIONES:						
El resumen del estado técnico correspondiente a las instalaciones industriales puede categorizarse como Bien						

BT = Base tomada o puntuación máxima a obtener

PO= Puntos Obtenidos de acuerdo a la Evaluación que realiza el especialista, técnico u obrero calificado.

Anexo 4. Continuación...

- **ESTADO TECNICO MECÁNICO**

Objetivo: Hacer un diagnóstico de las condiciones técnicas en que se encuentran las partes y sistemas mecánicos de cada Máquina, equipo e instalaciones tecnológicas Industriales seleccionadas.

GAVIOTA S.A	Hotel Playa Cayo santa María	D	M	A	M 1	
	Hotel Playa Cayo santa María	5	4	16		
ESTADO TÉCNICO MECÁNICO					Evaluación	
No	Máquinas y Equipos seleccionadas				B. T.	P. O
1	Panel solar				25	25
2	Bomba en línea				25	25
3	Tanque de almacenamiento primario				25	25
4	Tanque de almacenamiento secundario con resistencia				25	20
5	Panel de control				25	22
Totales					125	117
Valor promedio de las evaluaciones					25	23.4

Anexo 4. Continuación...

- **ESTADO TÉCNICO ELÉCTRICO**

Objetivo: Evaluar el estado técnico de los diferentes elementos que conforman el sistema eléctrico de fuerza de una industria (pizarras de fuerza y control, alumbrado, redes y otros sistemas eléctricos) así como los sistemas eléctricos y electrónicos de máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas seleccionados.

GAVIOTA S.A	Hotel Playa Cayo santa María	D	M	A	M 2
	Hotel Playa Cayo santa María	5	4	16	
ESTADO TÉCNICO ELÉCTRICO					Evaluación
No	Máquinas y Equipos seleccionadas	B. T.		P. O	
1	Panel solar	25		25	
2	Bomba en línea	25		25	
3	Tanque de almacenamiento primario	25		25	
4	Tanque de almacenamiento secundario con resistencia	25		25	
5	Panel de control	25		25	
Totales		125		125	
Valor Promedio de las evaluaciones		25		25	

Anexo 4. Continuación...

• **ESTADO TÉCNICO DE LAS INSTALACIONES CIVILES Y CONDICIONES SOCIOAMBIENTALES.**

Objetivo: Hacer un diagnóstico del estado técnico de las instalaciones civiles y de los medios y equipos concebidos para brindar condiciones que favorezcan la vida laboral de los trabajadores (condiciones socio ambientales).

GAVIOTA S.A	Hotel Playa Cayo santa María	D	M	A	M 3
	Hotel Playa Cayo santa María	5	4	16	
ESTADO TECNICO DE LAS INSTALACIONES CIVILES Y CONDICIONES SOCIOAMBIENTALES					Evaluación
No	Evaluación de los Aspectos siguientes.	B.T.		P.O.	
1	Existe plan de mantenimiento y reparación de edificios y pintura general y se cumple	2		2	
2	Estado técnico de los Techos	2		1	
3	Estado técnico de las paredes, estructuras de las naves (metálicas, hormigón, etc.)	2		1	
4	Estado técnico de Puertas y ventanas	2		1	
5	Estado técnicos de los Baños y taquillas	2		1	
6	Estado técnico y condiciones de la Cocina, comedor, cafetería	2		1	
7	Estado de la Pintura de los edificios, estructuras metálica, tuberías, etc.	2		1	
8	Estado técnico de las Calles, aceras, cercas y portadas	2		2	
9	Estado técnico de los Pisos, drenajes, alcantarillas y áreas verdes	2		0	
10	Estado técnico de Bebederos, cajas de agua, frízer y cámaras de frío	2		2	
TOTAL		20		12	

Anexo 4. Continuación...

• LUBRICACIÓN

Objetivo: Hacer un diagnóstico de la situación que existe en la aplicación de los procedimientos establecidos para la actividad de lubricación, así como de las condiciones técnicas existentes para su funcionamiento.

GAVIOTA S.A	Hotel Playa Cayo santa María	D	M	A	M 4
	Hotel Playa Cayo santa María	5	4	16	
LUBRICACION					
No	Evaluación de los aspectos siguientes:			B.T.	P.O.
1	Existe el estudio de lubricación actualizado			4	4
2	Se controla la ejecución de la lubricación mediante tarjetas.			4	3
3	Se tienen los lubricantes recomendados por el estudio de Lubricación			4	4
4	El local de lubricantes del taller posee las condiciones mínimas requeridas.			3	3
5	Existen los medios o utensilios mínimos para lubricar con calidad.			3	2
6	El almacén de lubricantes reúne las condiciones mínimas de seguridad			2	2
TOTAL				20	18

• ORGANIZACIÓN Y LIMPIEZA

Objetivo: Evaluar la organización y limpieza que existen en las áreas y equipos.

GAVIOTA S.A	Hotel Playa Cayo santa María	D	M	A	M 5	
	Hotel Playa Cayo santa María	5	4	16		
ORGANIZACIÓN Y LIMPIEZA						
No	Evaluación de los Aspectos siguientes				B. T	P. O
1	Cómo es la organización y limpieza de las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas				5	5
2	Organización y limpieza de la fábrica				5	5
TOTAL					10	10

Anexo 5. Análisis a través del Criterio de los Expertos

Equipo	Nombre
Panel solar	EQ1
Bomba en línea	EQ2
Tanque primario	EQ3
Panel de control	EQ4
Resistencia	EQ5

Tabla del criterio de los expertos para cada equipo analizado

La escala a utilizar es 1 más importante, 5 menos importante

	EXP1	EXP2	EXP3	EXP4	EXP5	EXP6	EXP7	EXP8
EQ1	3	4	4	4	4	3	4	5
EQ2	2	2	1	1	1	1	1	2
EQ3	5	4	5	3	4	3	5	3
EQ4	5	5	5	4	4	4	4	4
EQ5	2	2	1	1	1	1	1	1

Planteamiento de Hipótesis

H_0 : No hay concordancia entre los expertos

H_1 : Hay concordancia entre los expertos

	EXP1	EXP2	EXP3	EXP4	EXP5	EXP6	EXP7	EXP8	SUMA	Diferencia
EQ5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	11,5	-12,5
EQ2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	12,5	-11,5
EQ1	3	3,5	3	4,5	4	3,5	3,5	5	30	6
EQ3	4,5	3,5	4,5	3	4	3,5	5	3	31	7
EQ4	4,5	5	4,5	4,5	4	5	3,5	4	35	11
VALORES LIGAS	1	1	1	1	2,5	1	1	0	8,5	494,5

W	χ^2	Probab.
0,86451049	27,664336	6,802E-06

Anexo 5. Continuación...

Región Crítica

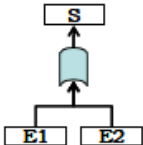
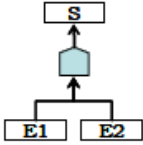
$$p \leq \alpha$$

$$0.000 \leq 0.05$$

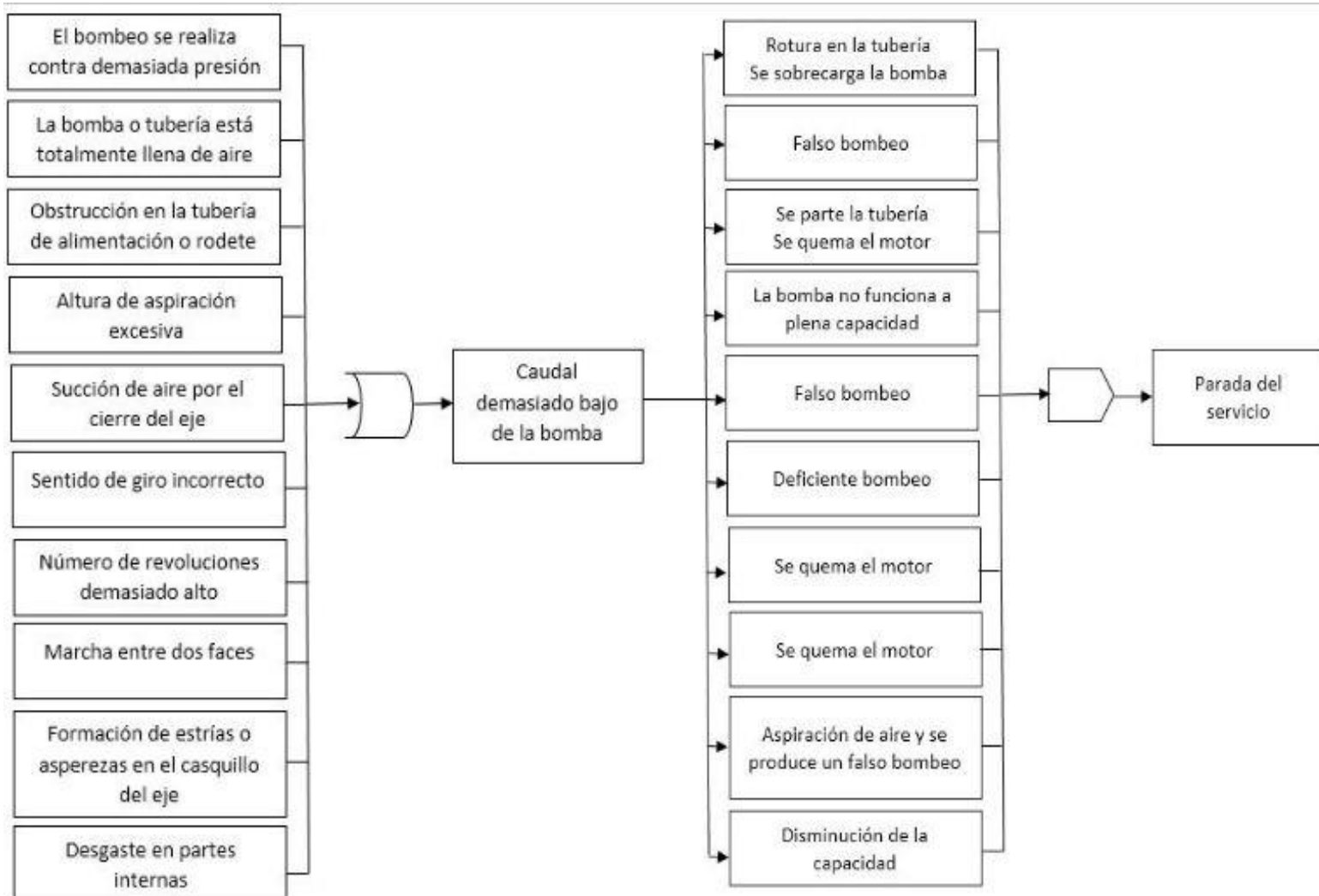
Decisión: Se cumple la región crítica, por lo tanto, rechazo la hipótesis nula, es decir, existe concordancia entre los expertos, y los equipos más criticos son la resistencia y la bomba en línea.

Anexo 6. Árbol de fallas, escenario y árbol de consecuencias de fallas de cada equipo seleccionado como crítico.

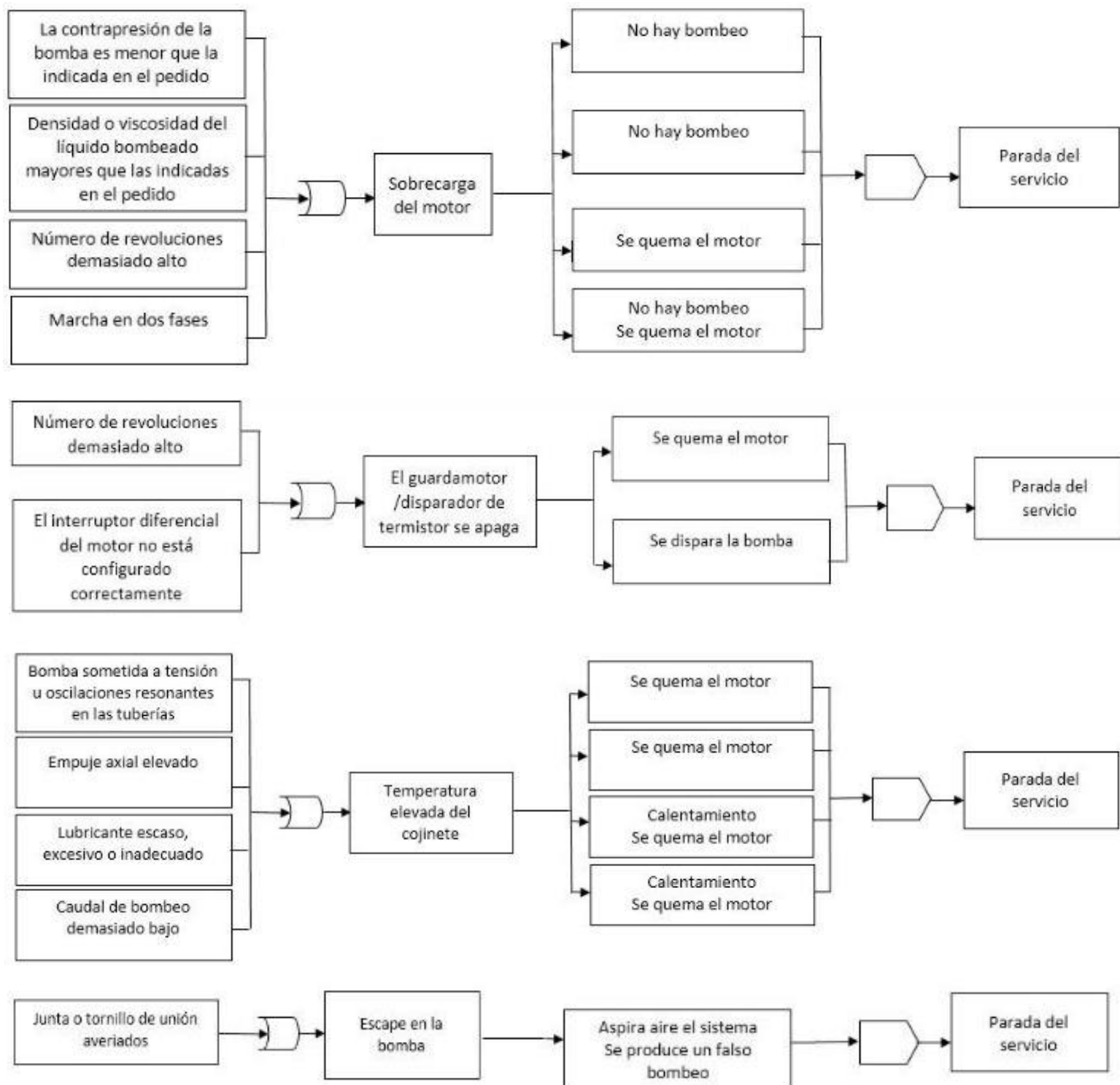
Símbolos utilizados en los Árboles de fallos

		Puerta "O" El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurre al menos uno de los sucesos de entrada (E1, E2)
		Puerta "Y" El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1, E2).

Equipo: Bomba en línea



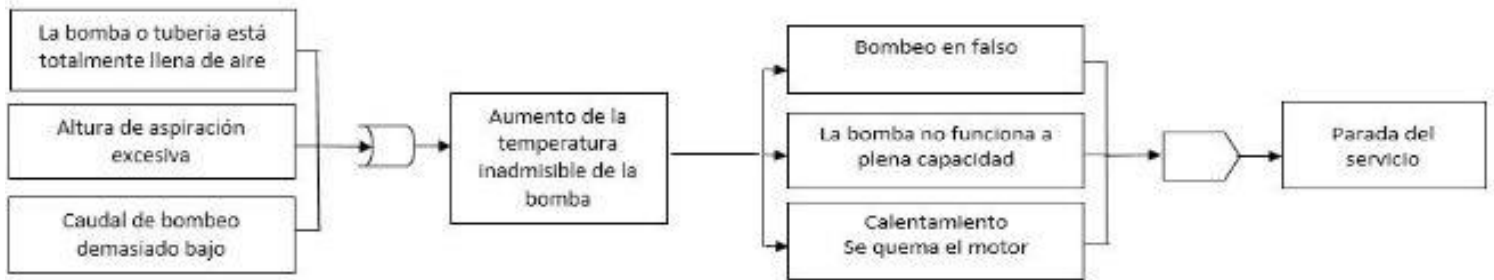
Anexo 6. Continuación...



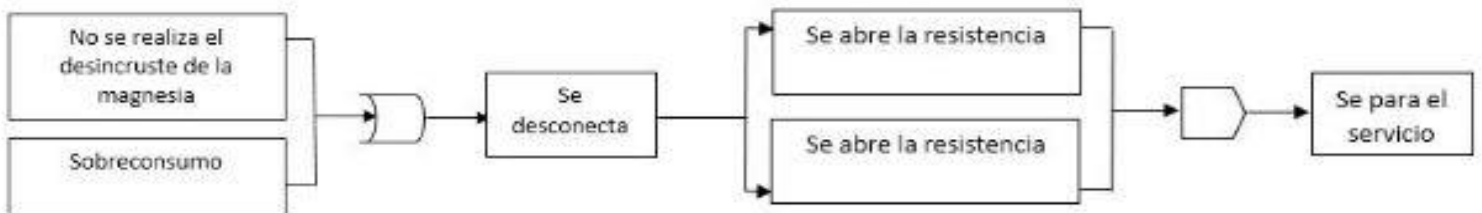
Anexo 6. Continuación...



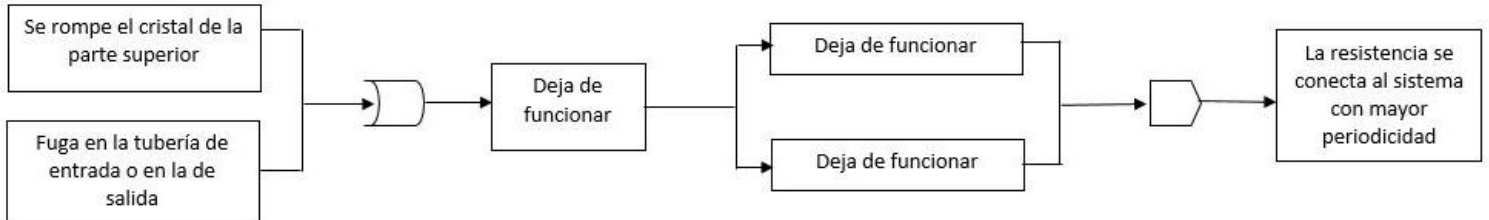
Anexo 6. Continuación...



Equipo: Resistencia

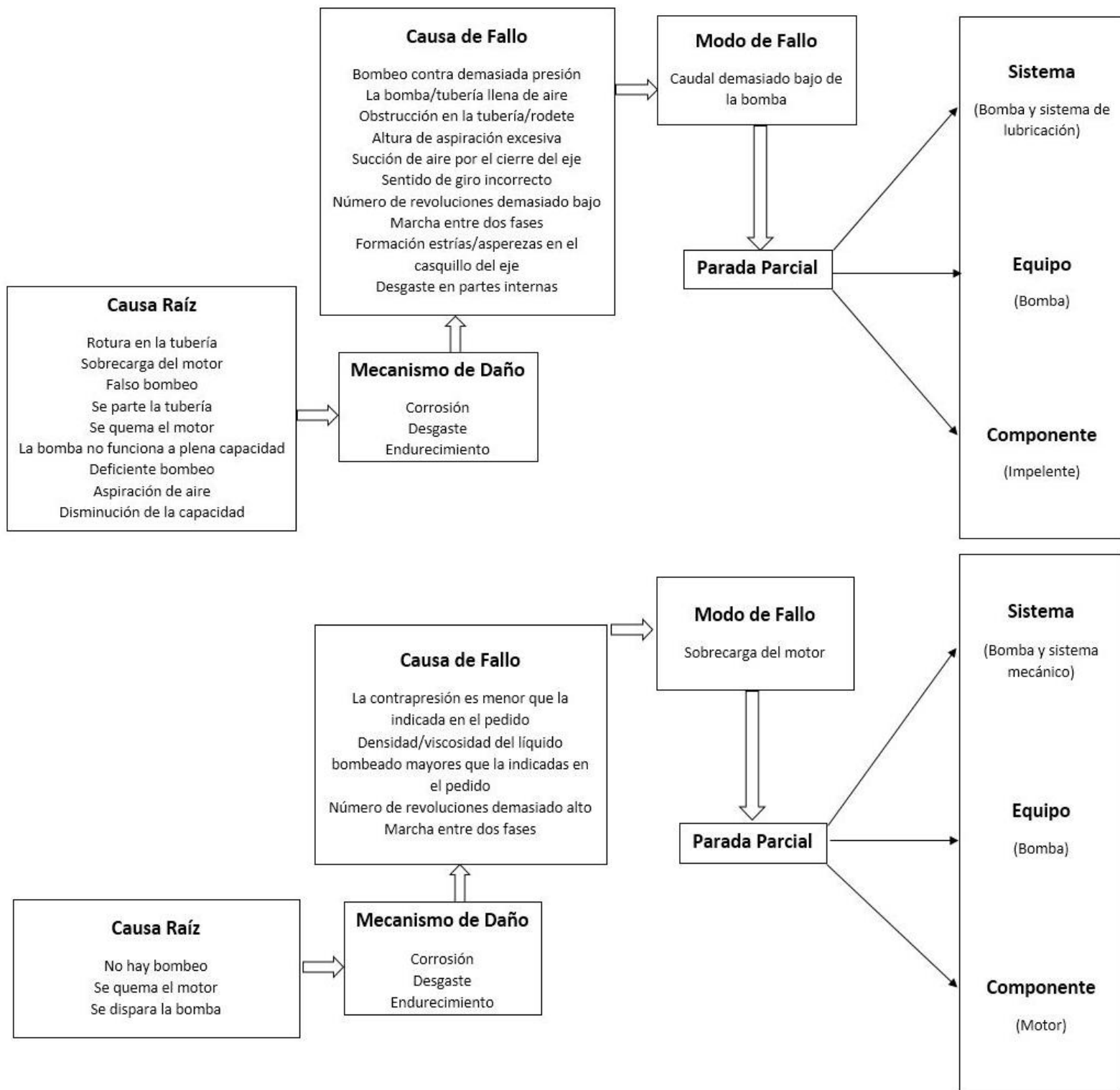


Equipo: Panel solar

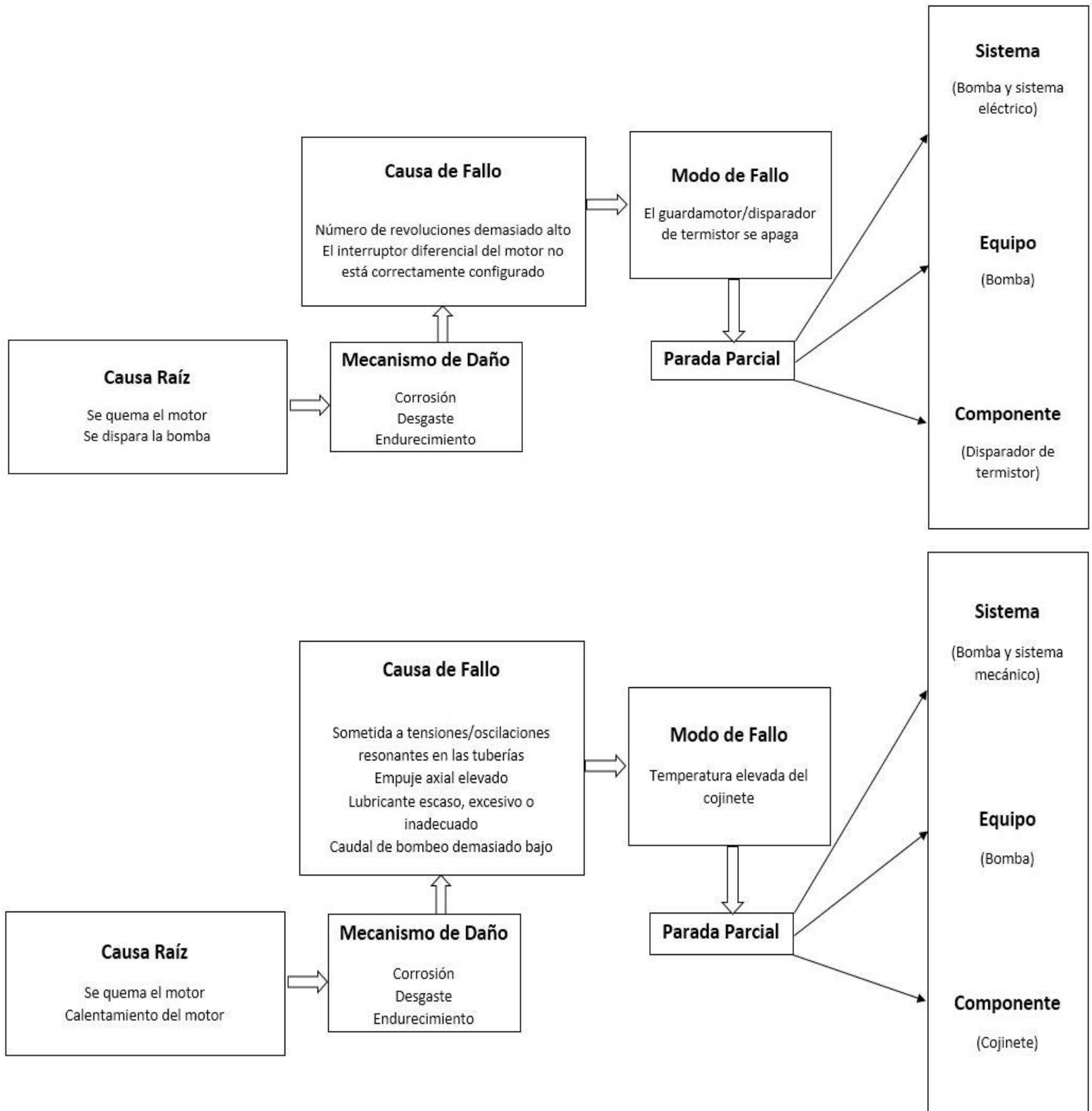


Anexo 7. Relación entre modos de fallo, causa de fallo y causa raíz para cada componente y sistema del equipo.

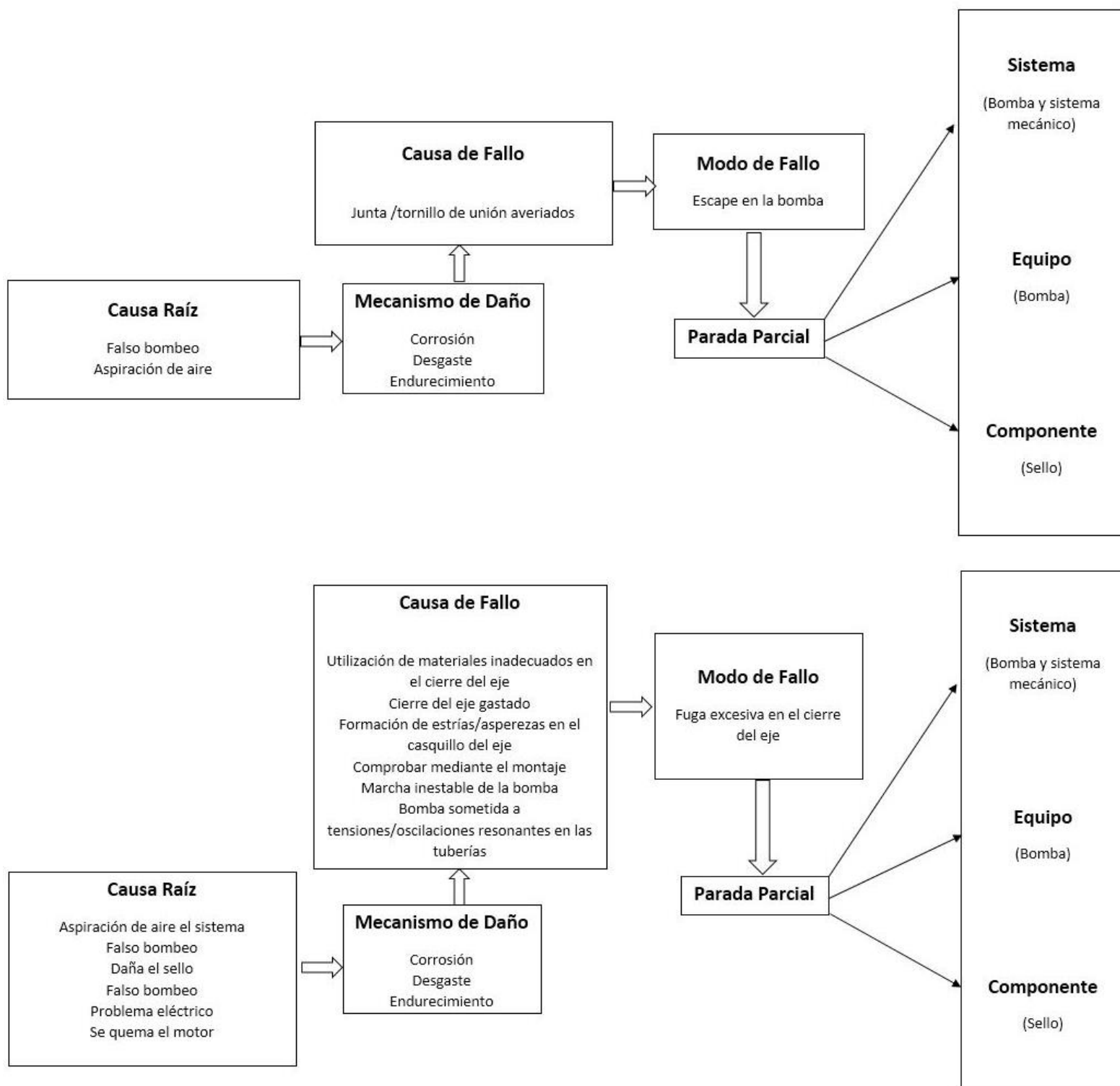
Equipo: Bomba en línea



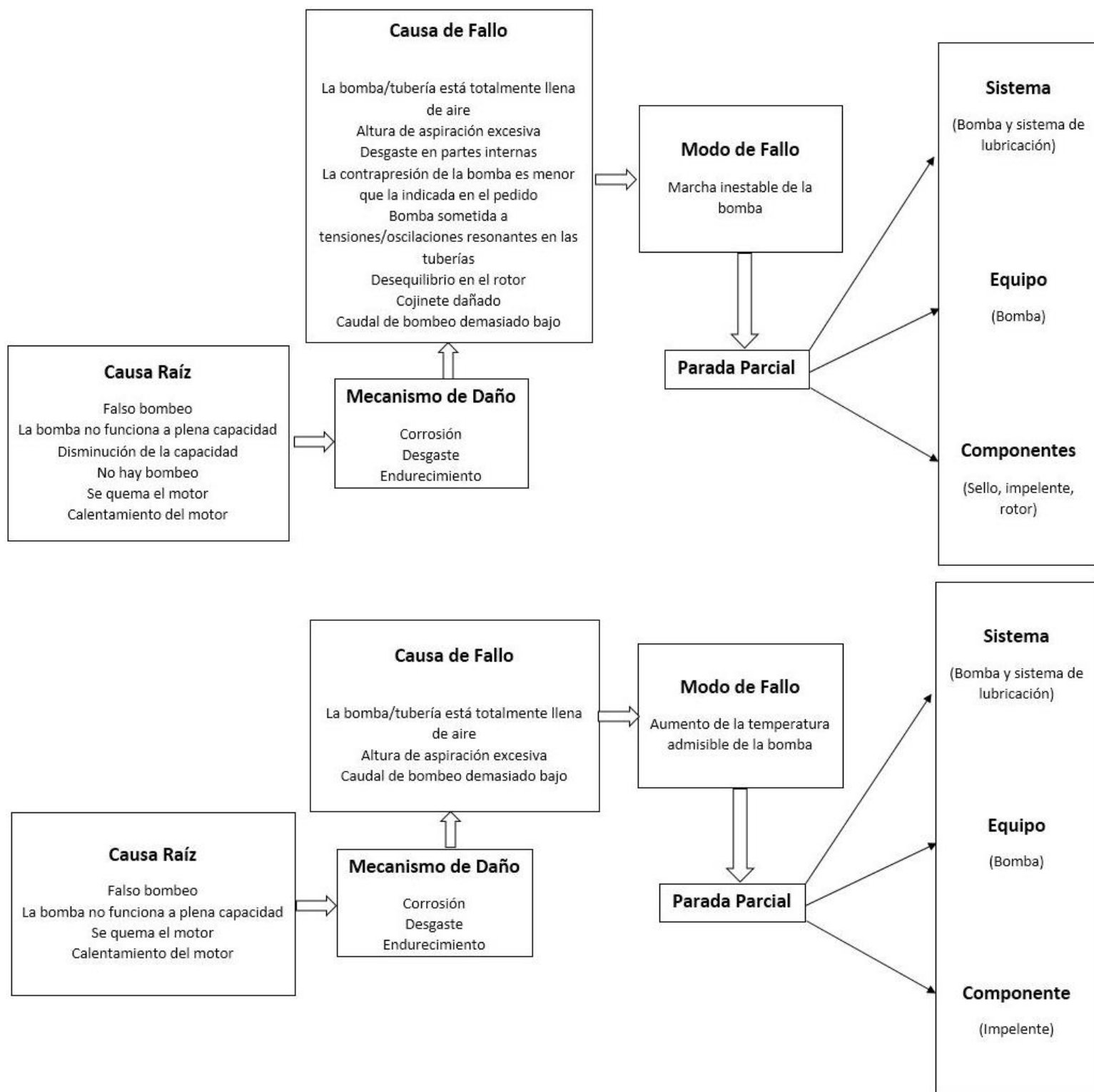
Anexo 7. Continuación...



Anexo 7. Continuación...

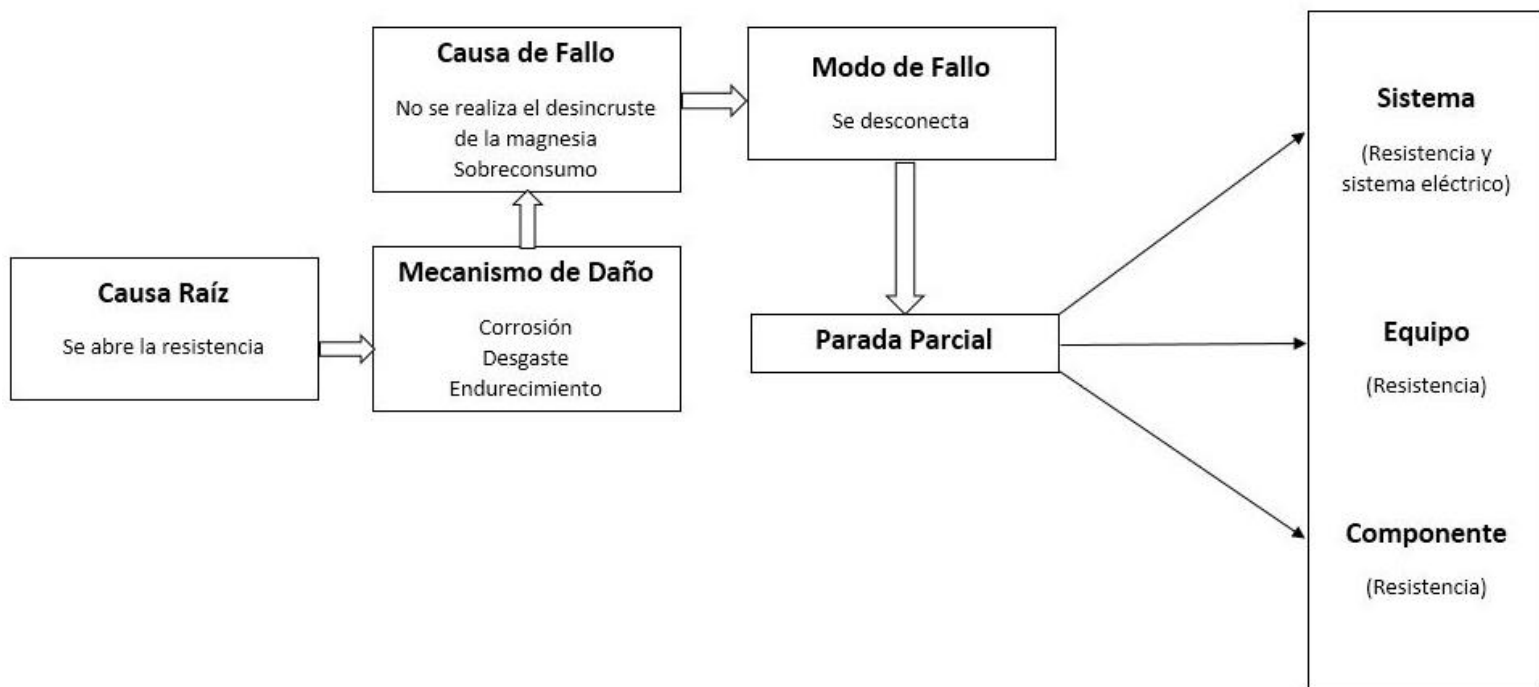


Anexo 7. Continuación...

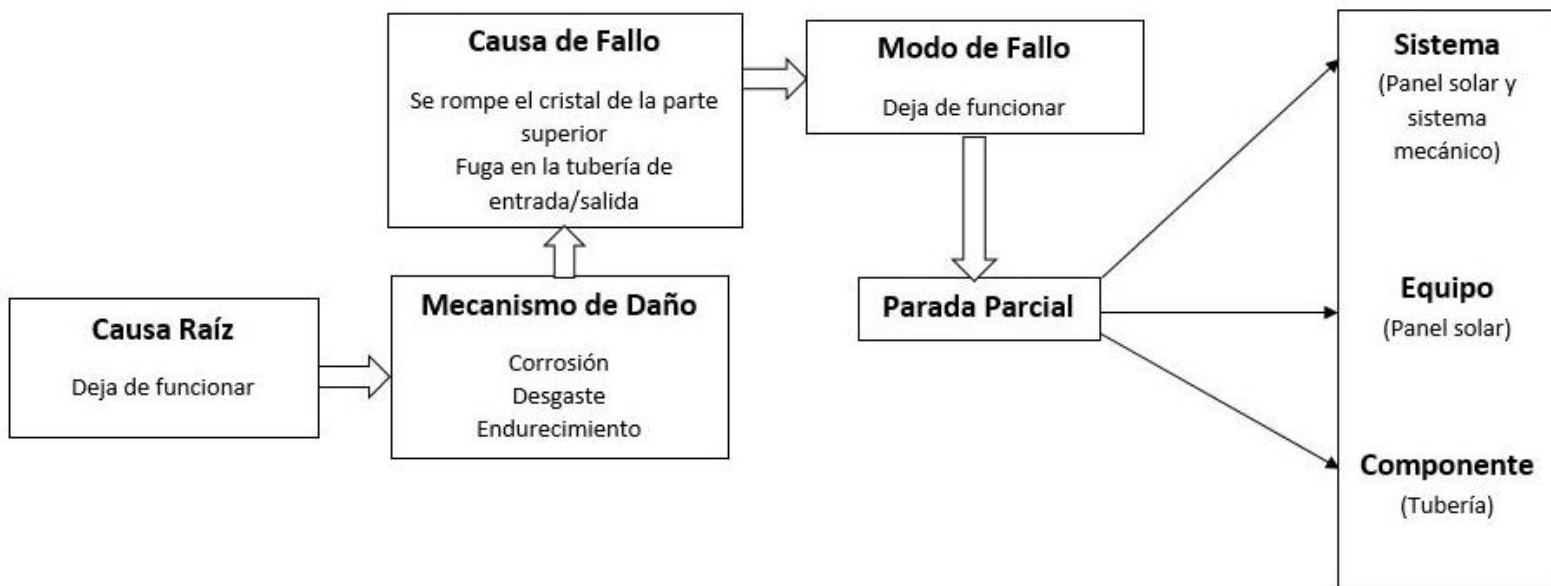


Anexo 7. Continuación...

Equipo: Resistencia



Equipo: Panel solar



Anexo 8. Construcción del FMECA

Descripción de los elementos que componen el FMECA:

Función: Se debe identificar claramente la función del equipo, es decir, la razón de ser del mismo, el motivo por el cual fue adquirido para que cumpliera un objetivo. Normalmente se identifica claramente con el nombre del mismo equipo.

Modos de falla: Se describen según la funcionalidad del equipo a analizar, normalmente se pueden identificar como el evento que causa una falla funcional.

Causas de falla: Define qué pudo haber originado ese tipo de falla.

Efectos de falla: Después de haber identificado los modos y causas de falla se pasa a referir los efectos de falla, que describen lo que pasa cuando un modo de falla ocurre, permite analizar la importancia de las fallas y que consecuencia llegaría a ocurrir si se materializa dicho modo de falla.

Detección / Síntoma de la falla: Es la manera como se puede identificar una falla, si muestra algún síntoma previo que permita identificarla antes de que ocurra.

Anexo 8. Continuación...

Tabla de severidad

Ranking	Descripción	
1	Insignificante	No afecta la capacidad física, ni al medio ambiente, no tiene impacto operacional.
2	Marginal	Afecta a una o más personas causando incapacidad temporal no mayor a 8 días, provoca daños menores (accidentes e incidentes), causa impacto en el contexto operacional de la unidad funcional.
3	Grave	Afecta a una o más personas causando incapacidad temporal entre 9 y 30 días, afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas reversibles en 6 meses, impacto en el contexto operacional.
4	Crítico	Afecta a una o más personas causando incapacidad temporal entre 31 y 90 días, afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas reversibles en 1 o 3 años, impacto en el contexto operacional.
5	Desastroso	Afecta a una o más personas causando incapacidad temporal mayor a 90 días o permanente, afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas reversibles en más de 3 años, impacto en el contexto operacional.
6	Catastrófico	Afecta a una o más personas causando la muerte, afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas reversibles en más de 5 años, impacto en el contexto operacional.

Anexo 8. Continuación...

Tabla de frecuencia

Ranking	Descripción	
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año
6	Constante	Más de 10 casos al año

Tabla de detección

Ranking	Descripción	
1	Siempre o casi siempre	Siempre hay probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles es seguro que se detecta la existencia de una deficiencia o un defecto.
2	Muy alto	Muy alta probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles es casi seguro que se detecta la existencia de una deficiencia o un defecto.
3	Alto	Alta probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles se tiene una buena posibilidad de detectar la existencia de una deficiencia o un defecto.
4	Moderado	Probabilidad moderada de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles es probable detectar la existencia de una deficiencia o un defecto.
5	Bajo	Baja probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles no es probable detectar la existencia de una deficiencia o un defecto.
6	Muy bajo	Siempre hay probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles no se puede detectar la existencia de una deficiencia o un defecto.

Anexo 8. Continuación...

Elaborado por: Wendy Perez		Sistema: Agua caliente bungalows			Contexto Operacional:							
Fecha: 1/4/2016		Equipo: Bomba en línea										
Revisado por:												
Componente Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Efectos de la Falla	Detección de la falla/Síntoma	Valoración FMECA					Tarea de mantenimiento propuesta/sugerida	Frecuencia propuesta de forma cualitativa	Responsable
					S	F	D	RPN (Criticidad)	Aceptabilidad			
Bomba en línea	Caudal demasiado bajo de la bomba	El bombeo se realiza contra demasiada presión	Rotura en la tubería se sobrecarga la bomba	El sonido de la bomba es forzado	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		La bomba o tubería está totalmente llena de aire	Bombeo en falso	Sonido de la bomba	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		Obstrucción en la tubería de alimentación o en el rodete	Se parte la tubería o se quema el motor	Sonido y velocidad de funcionamiento de la bomba	2	4	3	24	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Semanal	Mecánico habitación
		Altura de aspiración excesiva	La bomba no funciona a plena capacidad	La bomba recircula	2	4	5	40	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Succión de aire por el cierre del eje	Falso bombeo	Sello en mal estado	2	3	3	18	Aceptable	Funcionamiento hasta el fallo	Hasta que ocurra el fallo	Mecánico habitación
		Sentido de giro incorrecto	Deficiente bombeo	Presión que muestra el	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación

				manómetro								
		Número de revoluciones demasiado bajo	Se quema el motor	Velocidad del motor	2	4	5	40	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Marcha entre dos fases	Se quema el motor	Velocidad del motor	2	4	5	40	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Formación de estrías o asperezas en el casquillo del eje	Aspira aire y se produce un falso bombeo	Desarme por un mantenimiento planificado	2	3	6	36	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Desgaste en partes internas	Disminución de la capacidad	Desarme por un mantenimiento planificado	2	4	6	48	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
	Sobrecarga del motor	La contrapresión de la bomba es menor que la indicada en el pedido	No hay bombeo	Sonido de la bomba y observación del manómetro	2	1	3	6	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		Densidad o viscosidad del líquido bombeado mayores que las indicadas en el pedido	No hay bombeo	Sonido de la bomba y observación del manómetro	2	1	3	6	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		Número de revoluciones	Se quema el motor	Sonido de la bomba y	2	4	3	24	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación

		demasiado alto		observación del manómetro								
		Marcha en dos fases	No hay bombeo y se quema el motor	Presión que muestra el manómetro	2	1	2	4	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
	El guardamotor / disparador de termistor se apaga	Número de revoluciones demasiado alto	Se quema el motor	Sonido de la bomba y observación del manómetro	2	4	3	24	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		El interruptor diferencial del motor no está configurado correctamente	Se dispara la bomba	Sonido de disparo	2	4	4	32	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
	Temperatura elevada del cojinete	Bomba sometida a tensión u oscilaciones resonantes en las tuberías	Se quema el motor	Se producen vibraciones	2	4	6	48	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Empuje axial elevado	Se quema el motor	Sonido de la bomba	2	4	3	24	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		Lubricante escaso, excesivo o inadecuado	Calentamiento y se quema el motor	Sonido de la bomba	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Semanal	Mecánico habitación
		Caudal de bombeo demasiado bajo	Calentamiento y se quema el motor	Sonido de la bomba	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación

	Escape en la bomba	Junta o tornillo de unión averiados	Aspira aire el sistema y se produce un falso bombeo	Observación directa y se produce salidero alrededor y magnesita	2	3	2	12	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Semanal	Mecánico habitación
	Fuga excesiva en el cierre del eje	Utilización de materiales inadecuados del cierre del eje	Aspira aire el sistema y se produce un falso bombeo	Observación directa y se produce salidero alrededor y magnesita	2	3	2	12	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Semanal	Mecánico habitación
		Cierre del eje gastado	Aspira aire el sistema y se produce un falso bombeo	Observación directa y se produce salidero alrededor y magnesita	2	3	2	12	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		Formación de estrías o asperezas en el casquillo del eje	Aspira aire el sistema y se produce un falso bombeo	Desarme por un mantenimiento planificado	2	3	6	36	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Comprobar mediante el desmontaje	Daña el sello	Se produce salidero y se quema la bomba	2	2	2	8	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Semanal	Mecánico habitación
		Marcha inestable de la bomba	Falso bombeo y problema eléctrico	Obsevación directa	2	1	3	6	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		Bomba sometida a tensión u oscilaciones resonantes en las tuberías	Se quema el motor	Se producen vibraciones	2	4	6	48	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico habitación

	Marcha inestable de la bomba	La bomba o tubería está totalmente llena de aire	Bombeo en falso	Sonido de la bomba	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Semanal	Mecánico habitación
		Altura de aspiración excesiva	La bomba no funciona a plena capacidad	La bomba recircula	2	4	5	40	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Desgaste en partes internas	Disminución de la capacidad	Desarme por un mantenimiento planificado	2	4	6	48	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		La contrapresión de la bomba es menor que la indicada en el pedido	No hay bombeo	Sonido de la bomba y observación del manómetro	2	1	3	6	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		Bomba sometida a tensión u oscilaciones resonantes en las tuberías	Se quema el motor	Se producen vibraciones	2	4	6	48	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Desequilibrio en el rotor	Se quema el motor	Sonido de la bomba	2	4	3	24	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Semanal	Mecánico habitación
		Cojinete dañado	Se quema el motor	Sonido de la bomba	2	4	3	24	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación
		Caudal de bombeo demasiado bajo	Calentamiento y se quema el motor	Sonido de la bomba	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación

	Aumento de la temperatura inadmisible en la bomba	La bomba o tubería está totalmente llena de aire	Bombeo en falso	Sonido de la bomba	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Semanal	Mecánico habitación
		Altura de aspiración excesiva	La bomba no funciona a plena capacidad	La bomba recircula	2	4	5	40	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Caudal de bombeo demasiado bajo	Calentamiento y se quema el motor	Sonido de la bomba	2	3	3	18	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Mensual	Mecánico habitación

Anexo 8. Continuación...

Elaborado por: Wendy Perez		Sistema: Agua caliente bungalows			Contexto Operacional:							
Fecha: 1/4/2016		Equipo: Resistencia										
Revisado por:												
Component e Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Efectos de la Falla	Deteccion de la falla/Sintoma	Valoracion FMECA					Tarea de mantenimiento propuesta/sug erida	Frecuencia propuesta de forma cualitativa	Responsable
					S	F	D	RPN (Criticidad)	Aceptabilidad			
Resistencia	Se desconecta	No se realiza el desincruste de la magnesia	Se abre la resistencia	El agua no llega a las habitaciones con la temperatura requerida	2	6	2	24	Acceptable	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico tercero
		Sobreconsu mo	Se abre la resistencia	Medición de la temperatura	2	5	3	30	Acceptable	Mantenimiento correctivo	Trimestral	Mecánico tercero

Anexo 8. Continuación...

Elaborado por: Wendy Perez		Sistema: Agua caliente bungalows			Contexto Operacional:										
Fecha: 1/4/2016										Equipo: Panel solar					
Revisado por:															
Componente Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Efectos de la Falla	Detección de la falla/Síntoma	Valoración FMECA					Tarea de mantenimiento propuesta/sugerida	Frecuencia propuesta de forma cualitativa	Responsable			
					S	F	D	RPN (Críticidad)	Aceptabilidad						
Panel solar	Deja de funcionar	Se rompe el cristal de la parte superior	Deja de funcionar	La resistencia se conecta al sistema con mayor periodicidad	2	3	2	12	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Diario	Mecánico de habitación			
		Fuga en la tubería de entrada o en la de salida	Deja de funcionar	Las presillas que sujetan la tubería se sulfatan y ocurre salidero	2	4	3	24	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Diario	Mecánico de habitación			

Anexo 9. Análisis de las consecuencias por modo de fallas.

Para el análisis de las consecuencias se evalúan los siguientes tipos de consecuencias que pueden ocurrir:

- Consecuencias para la seguridad física (C. SF)
- Consecuencias para el medio ambiente (C. MA)
- Consecuencias operacionales (C. O)
- Consecuencias en la pérdida de imagen del hotel (C. PI)

Para la evaluación de cada una de estas consecuencias se plantea una escala de valoración como se muestra en la siguiente tabla de categoría de impactos:

Categoría	Seguridad física	Medio ambiente	Operacionales	Consumo de energía	Imagen hotel
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros del hotel	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales	Genera daños en los sistemas más importantes que están directamente relacionados con el funcionamiento de los equipos	Muy alto	Se conoce a nivel internacional y afecta el prestigio del hotel a nivel internacional
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas enfermedades en uno o más miembros del hotel	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	Afecta las condiciones operacionales de los sistemas de los equipos	Alto	Se conoce a nivel nacional afecta prestigio del hotel

3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones, la restauración puede ser acumulada	Tiene más incidencia sobre el funcionamiento de la maquinaria, afectando condiciones operacionales de los sistemas de los equipos	Moderado	Se conoce a nivel local, el hotel puede perder prestigio ante el cliente
2	El personal del hotel requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones	Tiene poca incidencia sobre los sistemas rotación, propulsión y accesorios, pero sin afectar las condiciones de operación de los equipos asociados	Bajo	Se conoce a nivel interno del hotel
1	Sin impacto en el personal de la instalación	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones	No tiene incidencia sobre la producción	Muy bajo	Perjudica la imagen del hotel

Anexo 9. Continuación...

Se utiliza el Tiempo Promedio entre Fallas (TPEF) o la frecuencia de falla en número de eventos por año, en caso de no contar con esta información se debe utilizar base de datos genéricos (PARLOC, OREDA, etc.) y si esta no está disponible entonces se basa en la opinión de los ocho expertos que fueron seleccionados en el hotel, dicha información queda registrada en la tabla de categoría de frecuencia que se muestra a continuación.

Categoría	Definición	MTBF (años)
5	Ocorre varias veces al año en este hotel	$MTBF < 1$
4	Ocorre al menos una vez cada tres años en este hotel	$1 \leq MTBF \leq 3$
3	Ha ocurrido alguna vez en este hotel	$3 < MTBF \leq 10$
2	No ha ocurrido nunca en este hotel, pero es probable que ocurra según la experiencia en este sistema	$10 < MTBF \leq 28$
1	No ha ocurrido nunca en este hotel, y es improbable que ocurra según la experiencia en el sistema	$MTBF > 28$

Criticidad = Frecuencia de Falla x Impacto Total

Impacto Total = Seguridad física + Medio ambiente + Operacionales + Consumo de energía + Imagen del hotel.

Anexo 9. Continuación...

		Σ Consecuencias						
		Daños a la seguridad física	Daños al medio ambiente	Daños operacionales	Daños sobre consumo de energía eléctrica	Daños a la imagen del hotel	$C=F*(\Sigma$ Consecuencias)	
Equipo o componente	Frecuencia de falla	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Criticidad	Nivel Criticidad
Impelente	5	1	1	1	2	1	30	Media
Motor	3	1	1	1	4	1	24	Baja
Terma	4	1	1	1	1	1	20	Baja
Cojinete	5	1	1	1	2	1	30	Media
Sello	4	1	1	1	1	1	20	Baja
Rotor	2	1	1	1	1	1	10	Baja
Casco	1	1	1	1	1	1	5	Baja
Resistencia	5	1	1	1	1	1	5	Baja
Panel solar	5	1	1	1	1	1	5	Baja

Matriz de Criticidad-PEP



Anexo 10. Matriz de riesgo

		Consecuencias					
		A	B	C	D	E	F
Probabilidad	Muy alta	S	S	H	H	H	H
	Alta	M	S	S	H	H	H
	Moderada	M	M	S	S	H	H
	Baja	L	M	M	S	S	H
	Muy baja	L	L	M	M	S	S

Figura 2.2 Matriz de riesgo. **Fuente:** Moreno, E. y Rubiano, J., 2010.

Zonas de la matriz

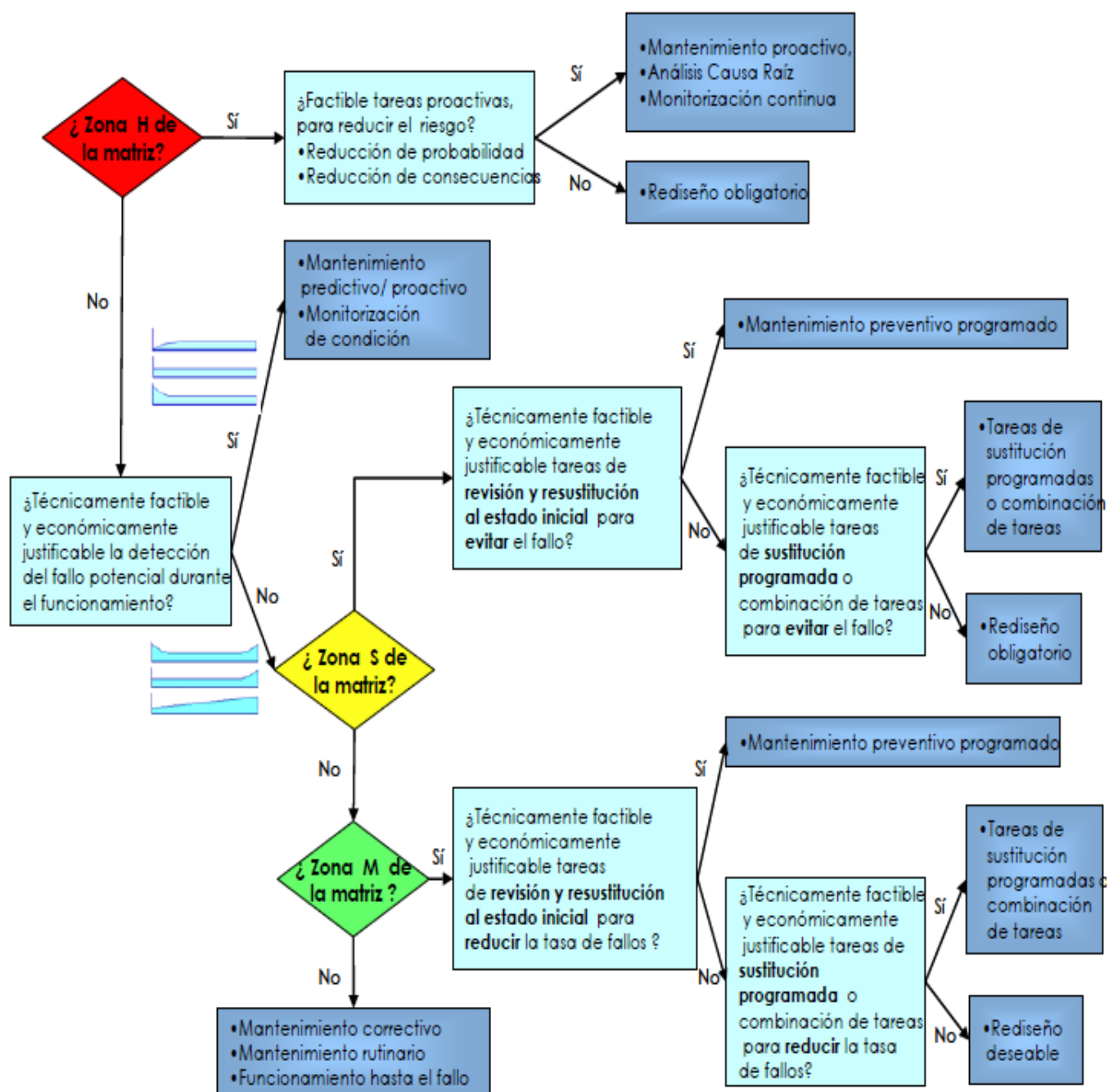
- **La zona H:** Corresponde a los fallos que tienen consecuencias inaceptables e inadmisibles, bien por la severidad de las mismas o bien por la probabilidad que tengan de ocurrir.
- **La zona S:** Corresponde a fallos con un riesgo no deseable y solamente tolerable si no se puede realizar ninguna acción para reducir el riesgo o si el costo de hacerlo es muy desproporcionado en relación a la reducción que se conseguiría.
- **La zona M:** Corresponde a los fallos con riesgo admisible. El óptimo sería que todos los fallos tuviesen sus consecuencias dentro de esta zona.
- **La zona L:** Corresponde a fallos con riesgo aceptable.

Se puede apreciar en la matriz de riesgos que la situación óptima sería que todos los sucesos se situaran en la zona M o L.

Anexo 11. Niveles de aceptabilidad según el valor obtenido durante el análisis de riesgo.

Criticidad Alta	(A)	color rojo	$50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$
Criticidad Media	(B)	color amarillo	$30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$
Criticidad Baja	(C)	color verde	$5 \leq \text{Criticidad} \leq 29$

Anexo 12. Diagrama de decisión del mantenimiento



Fuente: González-Quijano, J., 2004