

MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA
PROQUIMSA S.A.S.

WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ SALAZAR
SERGIO ANTONIO PAVA ARAQUE

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2017

MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA
PROQUIMSA S.A.S.

WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ SALAZAR
SERGIO ANTONIO PAVA ARAQUE

Monografía de grado presentado como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director
CARLOS BORRÁS PINILLA
Ph. D. Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2017

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. CONSIDERACIONES DEL PROYECTO	21
1.1 CONTEXTO GENERAL DE PROQUIMSA S.A.S.	21
1.2 JUSTIFICACIÓN	22
1.3 OBJETIVOS	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
2. CONCEPTUALIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES	26
2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LUBRICANTE	26
2.1.1 Clases de lubricantes	26
2.1.2 Funciones del lubricante	27
2.2 GRASAS LUBRICANTES	28
2.3 ACEITES LUBRICANTES	31
2.3.1 Aceite básico	31
2.3.2 Base lubricante	32
2.4 SISTEMA Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO	33
3. MARCO TEÓRICO	37
3.1 PRINCIPIO BÁSICO DEL MANTENIMIENTO	37
3.1.1 Definiciones y elementos	37
3.1.2 Niveles del mantenimiento	38
3.1.3 Mantenimiento Proactivo	39

3.1.4 Mantenimiento Reactivo.....	40
3.1.5 Mantenimiento Productivo total (TPM).....	40
3.1.6 Filosofía del Mantenimiento Autónomo.....	41
3.2 NORMATIVIDAD APLICABLE A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	43
3.2.1 Norma ISO 14224 industrias del petróleo, petroquímicas y del gas natural .	45
4. DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE PROQUIMSA S.A.S.....	48
4.1 MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL	49
4.1.1 Organización centrada en equipos de trabajo.....	49
4.1.2 Contratistas orientados a la productividad	49
4.1.3 Integración con proveedores de materiales y servicios	50
4.1.4 Apoyo y visión de la gerencia	50
4.1.5 Planificación y Programación Proactiva	50
4.1.6 Procesos orientados al mejoramiento continuo	51
4.1.7 Gestión disciplinada de procura (tramitar) de materiales	51
4.1.8 Integración de sistemas	51
4.1.9 Gerencia disciplinada de paradas de plantas	51
4.1.10 Producción basada en confiabilidad	52
5. MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA PROQUIMSA S.A.S. .	59
5.1 COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS DE MODELOS TEÓRICOS PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	60
5.1.1 Mantenimiento planeado.....	61
5.1.2 Mantenimiento autónomo.....	62
5.1.3 Mejoras enfocadas.....	63
5.2 MODELO PROPUESTO	65
5.2.1 Política del sistema de gestión del mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S. .	66
5.2.2 Objetivos del proceso de mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.	66

5.3 DETERMINACIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	68
5.3.1 Frecuencia de falla.....	69
5.3.2 Impacto operacional.....	69
5.3.3 Flexibilidad operacional.....	69
5.3.4 Costo de mantenimiento	70
5.3.5 Impacto en seguridad ambiental y seguridad y salud en el trabajo.....	70
5.4 DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DEL MANTENIMIENTO BASADO EN LOS ROLES DE RESPONSABILIDAD DEL RECURSO HUMANO	73
5.4.1 Recurso humano en la gestión del mantenimiento.	73
5.4.2 Organigrama para la gestión del mantenimiento	77
5.4.3 Polivalencia del recurso humano en la gestión del mantenimiento	77
5.4.4 Niveles del Mantenimiento vs Recursos humanos.....	80
5.5 FUNCIÓN REQUERIDA, FALLA FUNCIONAL Y MODOS DE FALLA	81
5.5.1 Adaptaciones de la norma ISO 14224.	82
5.5.1.1 Métodos de detección.....	89
5.5.1.2 Actividades ejecutas por mantenimiento.....	89
5.5.1.3 Descripción de falla (Avería).....	90
5.5.1.4 Causas de fallas (Avería).....	91
5.5.1.5 Jerarquización de los equipos y estructura de la información en el sistema de gestión de mantenimiento	92
5.6 PLANEACIÓN OPERATIVA DEL MANTENIMIENTO.	97
5.6.1 Planeación y Programación del mantenimiento.....	97
5.6.2 Gestión del mantenimiento designado al contratista.....	101
5.6.2.1 Contrato, Tiempo y materiales	101
5.6.2.2 Contratos, a precio cerrado.....	102
5.6.2.3 Contratos Full Mantenimiento	102
5.6.3 Suministro y control del inventario de repuestos para la gestión del mantenimiento	108
5.7 DESEMPEÑO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	111

5.7.1 Indicadores de gestión.....	111
5.7.1.1 Seguimiento al MTBF (Mean Time Between Failure) o tiempo medio entre fallas en horas.....	112
5.7.1.2 Seguimiento al MTTR (Mean Time To Repair) o tiempo medio de reparación	112
5.8 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	114
9. CONCLUSIONES	118
10. RECOMENDACIONES.....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	122
ANEXOS	CONSULTAR CD

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Planta de Producción Grasas PROQUIMSA S.A.S.	22
Figura 2. Planta de Producción Grasas PROQUIMSA S.A.S. - Reactor y Sistema Mezclador.	34
Figura 3. Planta de Producción Grasas PROQUIMSA S.A.S. - Sistema de motor - bomba.	35
Figura 4. Planta de Producción Grasas PROQUIMSA S.A.S. - Sistema de motor - Molino.	35
Figura 5. Sistema básico utilizado en la manufactura de grasas Lubricantes.	36
Figura 6. Esquema del Mantenimiento Productivo Total.	41
Figura 7. Esquema del sistema de las 5 S´s.	42
Figura 8. Resultado del diagnóstico del sistema de gestión de mantenimiento de PROQUIMSA S.A.S.	53
Figura 9. Actores que intervienen en el sistema de gestión de mantenimiento.	59
Figura 10. Esquema del sistema de gestión de Mantenimiento.	67
Figura 11. Matriz de Criticidad para los equipos de la planta de producción de Lubricantes de PROQUIMSA S.A.S.	72
Figura 12. Organigrama para la gestión del Mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.	77
Figura 13. Estrategia para el fomento de la polivalencia en la gestión del Mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.	79
Figura 14. Metodología para análisis de fallas y efectos en la gestión del Mantenimiento aplicable a PROQUIMSA S.A.S.	83
Figura 15. Definición de la intención de análisis del reactor GCT 01.	85
Figura 16. Modelo de jerarquización de los equipos.	93
Figura 17. Matriz general de prioridad de la orden de trabajo.	100

Figura 18. Ciclo MTBF - MTTR.....113

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Niveles del Mantenimiento.	38
Tabla 2. Evaluación cuantitativa de la gestión del mantenimiento.	52
Tabla 3. Factores de ponderación para PROQUIMSA SAS - Modelo de criticidad.	68
Tabla 4. Determinación de Criticidad.	71
Tabla 5. Niveles y Actividades en el área de mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.	80
Tabla 6. Características técnicas del sistema de agitación GCT 01.	85
Tabla 7. Condiciones operacionales del sistema de agitación GCT 01.	86
Tabla 8. Condiciones ambientales del sistema de agitación GCT 01.	87
Tabla 9. Fronteras e interfaces para el sistema de agitación GCT 01.	87
Tabla 10. Análisis funcional del sistema de agitación GCT 01.	88
Tabla 11. Métodos de detección.	89
Tabla 12. Actividades ejecutas por mantenimiento.	89
Tabla 13. Descripción de fallas (Averías).	90
Tabla 14. Causas de fallas (Averías).	91
Tabla 15. Parte de la hoja de vida de equipos (Anexo E).	94
Tabla 16. Parte del modelo de orden de trabajo. (ver Anexo F)	95
Tabla 17. Taxonomía bombas según ISO 14224.	95
Tabla 18. Taxonomía válvulas según ISO 14224.	96
Tabla 19. Taxonomía motores eléctricos según ISO 14224.	96
Tabla 20. Taxonomía compresores según ISO 14224.	96
Tabla 21. Taxonomía intercambiador de calor según ISO 14224.	97
Tabla 22. Taxonomía sensores de proceso según ISO 14224.	97
Tabla 23. Parámetros de acuerdo al tipo de intervención.	99

Tabla 24. Nivel de criticidad.....	100
Tabla 25. Flujograma de actividades de mantenimiento designadas al contratista.	103
Tabla 26. Estrategia de clasificación para abastecimiento de repuesto en la gestión de mantenimiento.	110
Tabla 27. Formato para control y abastecimiento de repuestos.	111
Tabla 28. Modelo de gestión autónoma.....	116

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD, el cual puede consultar en la Base de Datos de la Biblioteca de la Universidad Industrial de Santander)

Anexo A. Formato evaluación de diagnóstico del proceso de mantenimiento de PROQUIMSA S.A.S.

Anexo B. Resultados de evaluación de diagnóstico del proceso de mantenimiento de PROQUIMSA S.A.S.

Anexo C. Análisis de criticidad de los equipos de la planta de producción de PROQUIMSA S.A.S.

Anexo D. Modo de falla y efectos del sistema de agitación del reactor de grasas GCT -01

Anexo E. Modelo de hoja de vida de equipos de PROQUIMSA S.A.S.

Anexo F. Modelo de orden de trabajo para PROQUIMSA S.A.S.

Anexo G. Planeación del mantenimiento de activos físicos para PROQUIMSA S.A.S.

Anexo H. Programación del mantenimiento con órdenes de trabajo para PROQUIMSA S.A.S.

Anexo I. Procedimiento para la planeación y gestión del mantenimiento de activos.

Anexo J. Seguimiento a contratistas y proveedores.

Anexo K. Modelo de control de repuestos en mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.

Anexo L. Modelo para el cálculo del MTBF y MTTR de los equipos críticos en PROQUIMSA S.A.S.

Anexo M. Instructivo de atención mecánica para bombas de desplazamiento positivo tipo engranajes.

Anexo N. Instructivo de atención mecánica para bombas de desplazamiento positivo tipo tornillo.

Anexo O. Instructivo de atención mecánica para bombas centrífugas.

Anexo P. Instructivo de atención mecánica para reductores de tornillo sinfín.

Anexo Q. Instructivo de atención mecánica a motores eléctricos.

Anexo R. Instructivo de atención mecánica a molino coloidal.

Anexo S. Instructivo de atención mecánica a filtro prensa.

Anexo T. Instructivo de atención mecánica para horno de aceite térmico.

Anexo U. Instructivo de atención mecánica para compresores de aire.

Anexo V. Instructivo de atención mecánica para montacargas.

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA PROQUIMSA S.A.S.¹

AUTOR: SERGIO ANTONIO PAVA ARAQUE y WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ SALAZAR.²

PALABRAS CLAVES: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, AUTÓNOMO, CRITICIDAD, FALLAS Y MODOS DE FALLAS.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Para desarrollar este modelo se estableció la importancia de la relación entre las partes interesadas y de la importancia de la relación entre dichas partes, de igual forma la necesidad de adaptar actividades, estrategias y conceptos de distintas herramientas, filosofías y metodologías relacionadas con la gestión del mantenimiento. Teniendo como base estos conocimientos teóricos, se logró establecer un modelo estructurado, de fácil comprensión y de adaptación rápida enfocado a garantizar el buen funcionamiento y la preservación del ciclo de vida de los activos físicos incorporados a la planta de producción de lubricantes de la empresa PROQUIMSA SAS.

Inicialmente se realiza un diagnóstico actual para lograr presentar un panorama general de sistema, establecer fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en comparación con los modelos de mantenimiento de clase mundial.

El modelo de gestión del mantenimiento propone una base de carácter preventivo y apoyado en la ejecución de actividades autónomas que contribuyen a fortalecer la relación operario - equipo, el conocimiento físico, y de desempeño de los mismos. Estableciendo el nivel de criticidad de cada activo se logra concretar de forma básica las frecuencias de inspección y mantenimiento de equipos que son considerados de alto impacto en el sistema productivo. Se definen los roles (talento humano) y las responsabilidades de cada uno de los actores dentro de la gestión del mantenimiento, las estrategias y metodologías para la consecución de objetivos del área, como proceso dentro de un sistema de gestión integral. Las actividades propias del mantenimiento hacen parte básica de la planeación al igual que el tratamiento de la información por medio de órdenes de trabajo que permitan como una salida de información identificar las fallas y modos de fallas presentes en el ciclo de vida de los activos.

¹ Monografía.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Carlos Borrás Pinilla, PhD. Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: MANAGEMENT OF MAINTENANCE MODEL FOR PROQUIMSA S.A.S. COMPANY.³

AUTHOR: SERGIO ANTONIO PAVA ARAQUE and WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ SALAZAR.⁴

KEYWORDS: MAINTENANCE MANAGEMENT, AUTONOMOUS, CRITICALITY, FAILURES AND FAILURE MODES.

DESCRIPTION OR CONTENTS:

In order to develop this model, it was established the importance of the relation between the stakeholders and the importance of the relation between these parts, as well as the need to adapt activities, strategies and concepts of different tools, philosophies and methodology related to management of the maintenance. based on this theoretical knowledge, it was possible to establish a structured model, easy to understand and quick adaptation focused on ensuring the proper functioning and preservation of the life cycle of the physical assets incorporated in the PROQUIMSA SAS company's lubricant production plant.

Initially a current diagnosis is performed to achieve a general system overview, establish strengths, weaknesses, opportunities and threats compared to world-class maintenance models.

The maintenance management model proposes a preventive base and supported by the execution of autonomous activities that contribute to strengthen the relation between operator - equipment, the physical knowledge, and the performance of the same. Establishing the level of criticality of each asset is achieved in a basic way the frequency of inspection and maintenance of equipment that are considered to have a high impact on the production system. The roles (human talent) are defined and the responsibilities of each one of the actors within the maintenance management, the strategies and methodologies for the achievement of objectives of the area, as a process within an integrated management system. The own Maintenance activities are a basic part of planning as well as the processing of information through work orders that allow as an output information to identify the faults and fault modes present in the life cycle of the assets.

³ Monograph.

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. Mechanical Engineering School. Specialization in Maintenance Management. Director: Carlos Borrás Pinilla, PhD. Mechanical Engineer.

INTRODUCCIÓN

PROQUIMSA S.A.S., es una empresa Santandereana dedicada a la producción de grasas y aceites lubricantes para los sectores automotriz e industrial. Actualmente, posee planta física de producción ubicada en el barrio la libertad de la ciudad de Barrancabermeja, con procesos productivos en un 85% direccionados de forma manual, por lo cual todo sistema mecánico, de transmisión, de bombeo, mezcladores, filtros, torre de enfriamiento, horno de aceite térmico, tanques de almacenajes, estaciones de llenados, envasadoras, entre otros, son controlados por operadores de planta. Siendo una compañía con certificación ISO 9001:2008, su funcionamiento está basado en la interrelación de procesos caracterizados y objetivos determinados dentro de la compañía.

El área o proceso de mantenimiento es procesos proveedor de servicio interno fundamentalmente del proceso de producción, laboratorio y bodegas, de forma inherente posee otras funciones de atención a procesos de carácter administrativo, por lo cual es de vital importancia que su funcionamiento basado en un ciclo en donde la planeación, el hacer, el verificar y el actuar estén direccionados a cumplir objetivos, tales como:

- Definir y gestionar las operaciones de mantenimiento que deben prever para garantizar el desarrollo normal del ciclo de vida de los activos físicos de la organización.
- Planificar las acciones enfocadas a mantener disponible y en óptimo estado de funcionamiento la maquinaria, equipos, e infraestructura de la compañía siguiendo los lineamientos establecidos en el SGI.

- Ejecutar las actividades planificadas de forma oportuna y segura con el fin de prestar un buen servicio al cliente interno, apoyados en el recurso humano propio o contratado.

La metodología planteada para el desarrollo del modelo de gestión de mantenimiento para PROQUIMSA S.A.S. inicia con la indagación de información técnica existente de las distintas normas, actores, profesores y alumnos de las áreas pertinentes al mantenimiento de activos, y de una selección de sus aportes y conocimientos sean adaptados en el marco de las particularidades y necesidades de la Empresa. Iniciando con la realización del diagnóstico de la ejecución de las actividades direccionadas al mantenimiento de la compañía con el fin de evaluar y estructurar un modelo de gestión conformado por:

1. Inventarios de equipos, jerarquía y codificación de los mismos.
2. Actividades y niveles del mantenimiento basado en roles de responsabilidad del recurso humano disponible.
3. Determinación de la criticidad de los equipos, orden de trabajo y priorización de las órdenes de trabajo.
4. Planeación y Programación del mantenimiento.
5. El mantenimiento autónomo como metodología de apoyo a la gestión del mantenimiento.
6. Evaluación del desempeño del modelo de gestión de mantenimiento.
7. El recurso humano re estructurado para el funcionamiento del modelo de gestión del mantenimiento.

Todo basado en lineamientos directamente relacionados con el sistema de gestión de calidad, ambiental, seguridad y salud en el trabajo.

Al interrelacionar un proceso de mantenimiento con una estructura sencilla en su funcionamiento y ejecución de actividades con todos los procesos que componen la

compañía se conseguirá incrementar la productividad, la preservación de los activos, la disponibilidad y atención a las solicitudes generadas desde cualquier proceso y finalmente mostrar un sistema de gestión con nivel de desempeño acorde las necesidades de la compañía.

1. CONSIDERACIONES DEL PROYECTO

1.1 CONTEXTO GENERAL DE PROQUIMSA S.A.S.⁵

Desde su fundación en 1973, PROQUIMSA S.A.S. ha sido una empresa líder en el desarrollo, producción, comercialización y prestación de servicios de fabricación de grasas y aceites lubricantes y productos afines, dirigidos a los sectores industrial y automotor.

Ofreciendo productos y servicios de alta calidad para aumentar la confiabilidad, productividad y vida útil de maquinaria y equipos en diversas aplicaciones y condiciones exigentes. Una de las principales fortalezas radica en dar soluciones a los problemas de lubricación, brindando asesorías específicas cada equipo o maquinaria, de acuerdo a sus características de diseño y condiciones de operación

Con planta de producción ubicada en Barrancabermeja, cuenta con capacidad de producción para satisfacer las necesidades de clientes directos y empresas del sector de lubricantes, que, a través de contratos de servicios de transformación o maquila, conceden la fabricación de sus productos salvaguardando su imagen corporativa y cumplimiento con las especificaciones pactadas. Una compañía fundamentada en la honestidad, calidad y trabajo responsable, siempre en la búsqueda del bienestar de los clientes, empleados, socios y comunidad.

⁵ PROQUIMSA S.A.S. [sitio web]. Perfil Institucional. Barrancabermeja: La compañía. [Consultado el: 08 de junio de 2017]. Disponible en: <http://proquimsa.co/nuevo/index.php/nosotros>

Figura 1. Planta de Producción Grasas PROQUIMSA S.A.S.



1.2 JUSTIFICACIÓN

PROQUIMSA SAS, es una empresa Santandereana dedicada a la producción de grasas y aceites lubricantes para los sectores automotriz e industrial. Actualmente, posee planta física de producción ubicada en el barrio la libertad de la ciudad de Barrancabermeja, con procesos productivos en un 85% direccionados de forma manual, por lo cual todo sistema mecánico, de transmisión, de bombeo, mezcladores, filtros, torre de enfriamiento, horno de aceite térmico, tanques de almacenajes, estaciones de llenados, envasadoras, entre otros, son controlados por operadores de planta. Siendo una compañía con certificación ISO 9001:2008, su funcionamiento está basado en la interrelación de procesos caracterizados y objetivos determinados dentro de la compañía.

Uno de los procesos de la compañía es el de mantenimiento, el cual abarca la atención de maquinaria, equipos e infraestructura, dicho proceso actualmente presenta falencias al nivel administrativo y operativo, entre las cuales podemos contemplar las siguientes:

- Se presentan inconvenientes de disponibilidad operacional de los equipos.
- Inexistencia de análisis de causa raíz en el mantenimiento ejecutado (correctivos).
- No existen metodologías que permitan la atención concreta en la falla.
- No se presenta historial de falla de los equipos.
- Se presenta el fenómeno de reproceso en la actividad del mantenimiento, generándose mantenimientos correctivos en la ejecución de los preventivos.
- Escases de procedimientos que permitan la estandarización de las actividades propias del proceso.
- La escasa cultura del personal involucrado en el proceso en cuanto a la prevención y la no definición de roles en atención preventiva y correctiva.
- No se ha estandarizado el control de costos, inventarios, repuestos y servicios externos.
- La gestión integral (calidad, ambiental y seguridad industrial) no son fortalezas propias del proceso.

La caracterización de proceso constituye como alcance velar por el buen funcionamiento y la preservación de los activos que hacen parte de la planta física, de los equipos involucrados en el ciclo productivo y de toda maquinaria necesaria para el desarrollo del mismo.

Apoyado en un enfoque administrativo y metodológico, se hace necesario diseñar un modelo de gestión del mantenimiento, que permita ejecutar labores bajo una metodología sistemática y organizada, que involucre todo el equipo de trabajo y promueva un cambio en la misión del proceso, en donde se pase de ser actores reactivos a actores impulsores de la preservación de los activos.

Ahora, con una perspectiva basada en el desarrollo de las actividades enmarcadas en la optimización de recursos, en el uso de la información, el conocimiento y la experiencia del talento humano, se pretende establecer pautas concretas que

permitan la construcción de una guía en dirección a la disponibilidad operacional, y un proceso iniciado en la cultura del mantenimiento preventivo y autónomo, que a largo plazo y con cierta madurez se convierte en la base de un camino a la evolución de un sistema de gestión completo, arraigado a la cultura predictiva y confiable, apoyados en el uso de técnicas de planeación, programación y control desde el proceso de mantenimiento, ofrece ventajas considerables a la compañía que contribuyen a la competitividad y el manejo de recursos, minimizando la frecuencia de aquellas situaciones negativas que impacten el valor económico generado por la administración de los activos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Plantear un modelo de gestión del mantenimiento para la empresa PROQUIMSA S.A.S. con el objeto de elevar la competitividad y consolidarse financieramente para enfrentar los retos actuales del mercado nacional e internacional.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico del sistema de gestión de mantenimiento existente en la compañía PROQUIMSA S.A.S.
- Analizar y evaluar los sistemas de gestión que permitan estructurar un modelo que se ajuste a las necesidades de la empresa, y sea contextualizado y de fácil integración a todos los procesos en general, concernientes a la gestión de mantenimiento en la empresa PROQUIMSA S.A.S.

- Proponer un modelo de gestión del mantenimiento con las estrategias de largo y corto plazo, al igual que una metodología para la gestión del mantenimiento basados en los sistemas analizados, teniendo en cuenta variables de tipo de mantenimiento predictivas, preventivas, criticidad de activos, análisis de modos y causas de fallas, disponibilidad y confiabilidad de recurso humano.
- Establecer directrices gerenciales que permitan la estandarización de las actividades propias del proceso y la gestión del conocimiento del recurso humano, teniendo en cuenta la gestión ambiental, seguridad laboral, el orden y el control.
- Actualizar y proponer políticas de mejoramiento para el manejo de codificaciones tomando como guía la norma internacional NTC ISO 14224, relacionadas con: taxonomía, hojas de vida e inclusión de historial de fallas para los equipos de planta de producción.

2. CONCEPTUALIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES.

2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LUBRICANTE

Cuando dos cuerpos sólidos se frotan entre sí, hay una considerable resistencia al movimiento independientemente de lo pulidas que estén las superficies. La resistencia se debe a la acción abrasiva de las aristas y salientes microscópicas de la superficie. La energía suficiente para superar esta fricción se disipa en forma de calor y como desgaste de las partes móviles. Cuando la fricción es excesiva, tiene que hacerse trabajo adicional para continuar el movimiento. Esto genera calor y gasto de energía. La fricción también incrementa el desgaste y por tanto reduce la vida de la máquina, por tanto, una sustancia capaz de disminuir la fricción entre dos superficies que están en contacto es llamada LUBRICANTE.

Se trata de una delgada capa de fluido, que se interpone entre dos superficies sólidas para evitar su contacto directo y permitir que resbalen sin deteriorarse, cualquier procedimiento que reduzca la fricción entre dos superficies móviles es denominado lubricación y cualquier material utilizado para este propósito es conocido como LUBRICANTE.

2.1.1 Clases de lubricantes.⁶ De acuerdo a su estado, las clases de lubricantes más importantes son:

⁶ ALBARRACÍN AGUILLÓN, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación. Tomo I. Quinta Edición. Medellín: El Autor, 2015.

- **Gases:** el más utilizado es el aire, que se emplea a presión y forma un colchón entre los elementos en movimiento. Su principal aplicación es en pequeños cojinetes lisos, que giran a velocidades hasta de 1000 rpm, en donde un lubricante convencional no serviría. Su capacidad de soporte de carga es muy baja, del orden de 0,70 kgf/cm² (10 psi). Las pérdidas por fricción de los gases son solo una fracción de las correspondientes a los lubricantes líquidos de cualquier clase.
- **Líquidos:** se consideran cualquier tipo de líquido, como el agua, el aceite vegetal, animal y mineral, etc. Los más utilizados son los derivados del petróleo, constituido por una base lubricante y un paquete de aditivos.
- **Semisólidos:** son sustancias que poseen consistencia, permiten que la película lubricante permanezca durante más tiempo sobre la superficie lubricada, como por ejemplo la grasa, que es un aceite mezclado con un espesador metálico (jabón de calcio, sodio, litio, etc.).
- **Sólidos:** dan origen a películas lubricantes que se adhieren fuertemente a las superficies metálicas, tales como el grafito, bisulfuro de molibdeno, de flúor, silicona, boro, etc. Y dan lugar a coeficientes de fricción muy bajos.

2.1.2 Funciones del lubricante.⁷ Un buen lubricante debe cumplir con las siguientes funciones:

- Formar la película lubricante, h_0 , variando lo menos posible su viscosidad con la temperatura de operación, T_{op} .
- Disminuir al máximo la fricción sólida, mixta o fluida.
- Evacuar la máxima cantidad posible de calor generado por fricción.
- Tener alto calor específico, C_p .

⁷ ALBARRACÍN AGUILLÓN, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación. Tomo I. Quinta Edición. Medellín: El Autor, 2015.

- Evacuar impurezas de tipo orgánico o metálico.
- Amortiguar el efecto de la carga dinámica, W_d , sobre las superficies de fricción, reduciendo el desgaste adhesivo y por fatiga superficial.
- En el caso de los fluidos hidráulicos debe tener otras características especiales como las de sellar y transmitir potencia y en el de los aceites automotrices deben contar con una buenas propiedades detergentes - dispersantes.

2.2 GRASAS LUBRICANTES⁸

Según la NTC 1731, la Grasa Lubricante “es un producto de consistencia solida o semi-solida constituido por la dispersión de un agente espesante en un lubricante líquido. Se puede incorporar aditivos para impartir propiedades especiales o mejorar características de desempeño”.⁹ La composición química y porcentajes de los componentes de la grasa dependen del equipo a lubricar y las condiciones de operación. En términos generales la grasa está compuesta por aceite base (75-96%), espesante (3-25%) y aditivos (0-10%).

La base lubricante y los aditivos conforman el aceite base (liquido lubricante), el cual le confiere a la grasa sus características lubricantes y el agente espesante, espesador o jabón metálico, le da determinadas propiedades físicas, tales como capacidad de soportar altas temperaturas, humedad, ácidos y muchas otras condiciones operacionales adversas. El proceso de fabricación de la grasa consta

⁸ PIANETA SAAVEDRA, Oscar. Plan de negocio de la línea de productos Nurex en PROQUIMSA S.A.S. Tesis Magíster en Gerencia de Negocios. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Bucaramanga, 2016. p. 15.

⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Petróleo y sus derivados. Grasas lubricantes para uso automotor. NTC 1731. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008. p. 2.

de las siguientes etapas: reacción de saponificación en un porcentaje del aceite lubricante total, calentamiento progresivo y controlado para deshidratación de la mezcla obtenida, enfriamiento, aditivación, molienda y homogenización.

La grasa tiene dos componentes estructurales básicos: un agente espesante y el aceite base en el que se dispersa el agente espesante. El aceite base de la grasa, está constituido por la base lubricante, que se selecciona bajo los parámetros requeridos para la lubricación con aceite, y los aditivos. En su mayoría se utilizan aceites de tipo parafínico y nafténico, de baja viscosidad para aplicaciones de baja temperatura y velocidades altas, mientras que los de alta viscosidad se emplean para condiciones de baja velocidad, cargas altas y de impacto. Los espesadores, agentes espesantes o jabones metálicos de las grasas se fabrican a partir de la reacción de hidróxidos de calcio, sodio, litio, aluminio, etc., con ácidos grasos. Una amplia variedad de espesantes y aceites base, junto a modificadores de estructura y aditivos de desempeño, le proporcionan o mejoran características a la grasa lubricante.

El uso del microscopio electrónico permite ver las partículas, que a menudo son fibras, que forman las estructuras del espesante. Estas estructuras, mallas tridimensionales de fibras de jabón microscópicas, son responsables de las variaciones de todas las propiedades de las diferentes grasas lubricantes. La manera en que funciona una grasa, se ha explicado haciendo la analogía en que el espesante es una esponja saturada de aceite que a medida que trabaja, por efecto de la presión y la temperatura, dosifica el aceite sobre el mecanismo que está lubricando.

Sin embargo, parece ser que el mecanismo de acción de una grasa es aún más complicado, y que la grasa es un lubricante efectivo. Esto se demuestra con el hecho de que, analizando el material en superficies lubricadas con grasa, muestra que contiene la misma concentración de agente espesante, sin haber un exceso de

aceite base. Se piensa que las fibras del jabón utilizado como agente espesante, se mantienen juntas gracias a fuerzas moleculares débiles. Esto da a la grasa, en un comienzo, una estructura relativamente sólida. Pero al someterla a un incremento en la presión o la temperatura, las uniones entre las fibras se rompen y dejan fluir la grasa. Al terminar el esfuerzo, las uniones vuelven a formarse y la grasa vuelve a su consistencia original.

Los aditivos más comunes utilizados en las grasas son los antioxidantes, inhibidores de herrumbre, inhibidores de la corrosión, anti-desgaste (AW), extrema presión (EP), los mejoradores de adherencia, lubricantes sólidos (grafito, bisulfuro de molibdeno) y los colorantes.

A continuación, se presentan las propiedades, comportamiento y aplicaciones de las grasas más utilizadas hechas a partir de jabones simples, jabones complejos y espesantes no jabonosos, información considerada representativa de las formulaciones comerciales. Algunos fabricantes reportan valores y propiedades diferentes para éstos productos.

- Grasa de jabón de aluminio: geles suaves de textura ligeramente fibrosa, buena resistencia al lavado por agua, excelente estabilidad a la oxidación y adhesividad. Se emplean hasta 77°C. Su costo es relativamente alto.
- Grasa de jabón de sodio: textura fibrosa, soportan batimiento, vibración y agitación. Se descomponen fácilmente con el agua. Se recomiendan para temperatura máxima de 80°C. Su costo es moderado.
- Grasas de jabón de calcio (hidratadas): contienen agua de hidratación que utilizan para su estabilidad. Su resistencia al agua es buena, estabilidad al corte regular. En servicio están limitadas a unos 79°C. Bajo costo.
- Grasas de jabón de calcio (anhidras): suave y untuosa. Se utilizan hasta temperaturas de 121°C. Buena estabilidad al corte y resistencia a la oxidación aceptable.

- Grasas de jabón de 12-hidroxiestearato de lito: suaves y estables al aumento de temperatura. Tiene un rango de trabajo de -20 a 135°C, buena resistencia al agua, aceptable resistencia a la oxidación. Se conocen grasas de uso múltiple o multipropósito. Costo alto.
- Grasas de complejo de aluminio: elevados puntos de goteo, alta resistencia al lavado por agua y buena estabilidad mecánica. Costo relativamente alto.
- Grasas de complejo de calcio: propiedades inherentes de extrema presión. Punto de goteo superior a 250°C.
- Grasas de complejo de litio: excelente estabilidad mecánica y muy buena resistencia al lavado por agua. Punto de goteo superior a 250°C costo relativamente alto.
- Grasas de Poli-urea: se obtienen de combinaciones orgánico-sintéticas. Temperatura de operación entre -30 y 175°C. Su mayor aplicación se presenta para condiciones de alta temperatura, elevadas cargas y altas velocidades de giro.
- Grasas de arcilla (Bentonita): permiten temperaturas de operación entre -20 y 170°C. Excelente resistencia al agua y estabilidad mecánica regular.

2.3 ACEITES LUBRICANTES

2.3.1 Aceite básico. Es un fluido que se mezcla con aditivos de desempeño para fabricar aceites lubricantes para uso automotor e industrial¹⁰. Los aceites básicos pueden ser una o mezcla de varias de bases lubricantes.

¹⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Petróleo y sus derivados. Bases lubricantes. NTC 1840. Bogotá D.C.: El Instituto, 2017. p. 3.

2.3.2 Base lubricante. Es un componente del lubricante que es producido por un fabricante o grupo de asociados conforme a sus propias especificaciones independientemente del origen de la carga o localización del fabricante; y está identificado por una formula única, número de identificación de productos o ambos.¹¹

Puede ser fabricada usando una variedad de procesos diferentes que incluyen, pero no se limitan a destilación, refinación, con solvente, tratamiento con hidrogeno, oligomerización y esterificación.

El fluido o lubricante ideal deberá ser lo suficientemente viscoso para mantener las superficies apartadas, permanecer estable bajo los cambios de temperatura, mantener limpias las superficies lubricadas, no permitir la formación de residuos gomosos, no permitir la formación de lodos y no deberá ser corrosivo. Los aceites lubricantes están constituidos por una base lubricante la cual provee las características lubricantes primarias. La base lubricante puede ser base lubricante mineral (proveniente del petróleo crudo), base lubricante sintético o aceite base lubricante vegetal y animal según la aplicación que se le va a dar al aceite.

Pequeños porcentajes de diferentes materiales solubles en aceites y se agregan a éstos, de tal manera que les aporten características que no se obtienen por el proceso de refinamiento. A esos materiales se les llama comúnmente aditivos y existen varios tipos.

¹¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Petróleo y sus derivados. Bases lubricantes. NTC 1840. Bogotá D.C.: El Instituto, 2017. p. 3.

De acuerdo al sistema que se desea lubricar y su desempeño se definen los tipos de aceites lubricantes, entre los cuales podemos nombrar:

- Aceites lubricantes para Carter en motores de combustión interna a gasolina, a operación dual gasolina/gas natural para vehículos (cuatro tiempos) y diésel (cuatro y dos tiempos).
- Aceites lubricantes para transmisión manuales y diferenciales para equipo automotor.
- Aceites para uso hidráulico.
- Aceites lubricantes para engranajes industriales.
- Aceites lubricantes para motores de combustión interna de dos tiempos a gasolina.

2.4 SISTEMA Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO

En la elaboración de lubricantes las técnicas de procesamiento varían ampliamente y los equipos utilizados en son seleccionados de acuerdo al modelo de procesamiento definido por la compañía en su proceso de producción.

En la manufactura de grasas lubricantes son procesadas en recipientes abiertos, grandes, esencialmente cilíndricos. Dado que se debe dispersar algo de espesante en el líquido lubricante, tenemos que contar con alguna forma de mezclador. Nuevamente, dado que algunas grasas son espesas o viscosas, por lo general, los agitadores son potentes y pesados. Dicho recipiente de agitación es normalmente conocido como reactor para grasa. La capacidad común oscila entre 5.7 y 7.6 m³ (1500 y 2000 galones). Para productos de menor volumen, son preferibles reactores de menor tamaño. Para trabajos en laboratorio, se han descrito “reactores” de capacidades tan pequeñas como 2.3 kg (5 libras). En la elaboración de la mayoría de grasas, el contenido de los reactores tiene que ser calentado y luego enfriado.

El calentamiento puede hacerse con una llama viva, en cuyo caso el enfriamiento generalmente se logra con aceite frío, el cual es parte de la fórmula. También se utilizan reactores con chaquetas, los cuales consisten en recipientes con una doble pared con espacio entre ambas paredes, para un medio de transferencia de calor. Este medio para el calentamiento primero calienta el contenido del reactor del reactor; una vez alcanzada la temperatura deseada, el medio de calentamiento es reemplazado por un medio de enfriamiento que enfriara el contenido del reactor. El proceso de mezclado en los reactores para grasas es esencialmente horizontal.

Figura 2. Planta de Producción Grasas PROQUIMSA S.A.S. - Reactor y Sistema Mezclador.



Para mejorar y acelerar este proceso de mezclado, el contenido es por lo general bombeado hacia afuera por el fondo e introducido de nuevo por la parte superior del reactor. Se puede utilizar la misma bomba para vaciar el reactor y algunas veces, para transferir el contenido a tanques de almacenamiento. Dichas bombas son con

frecuencia muy potentes y relativamente lentas, por lo que es común la utilización de motores.

Figura 3. Planta de Producción Grasas PROQUIMSA S.A.S. - Sistema de motor - bomba.



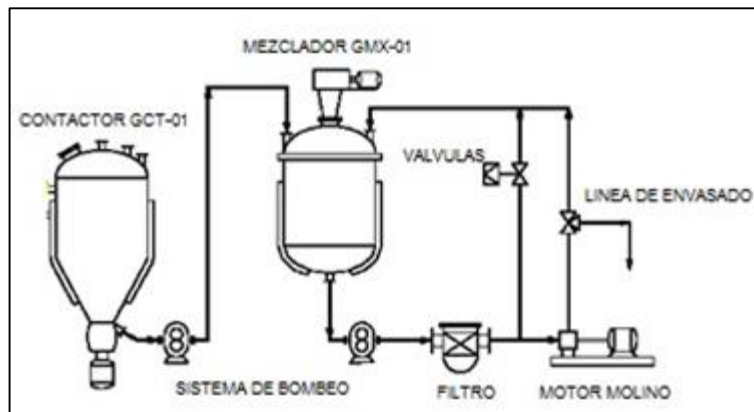
Al igual que sucede con toda la tecnología de dispersión, los espesantes deben ser dispersados de manera uniforme y son más efectivos cuando las partículas son más pequeñas. En la fabricación de las grasas, la utilización de molinos u homogeneizadores ayudan a desarrollar partículas pequeñas del espesante y mejora la uniformidad de la dispersión. Sin embargo, dichos dispositivos nos son utilizados en todas las grasas.

Figura 4. Planta de Producción Grasas PROQUIMSA S.A.S. - Sistema de motor - Molino.



La filtración es utilizada para eliminar materia extraña no deseada que contiene el producto. La mayoría de las grasas son filtradas, aunque unas pocas, particularmente las grasas más firmes, tipo bloque, no pueden pasar a través de los filtros finos.

Figura 5. Sistema básico utilizado en la manufactura de grasas Lubricantes.



Fuente: PROQUIMSA S.A.S. Guía de procesos industriales. Barrancabermeja: La Compañía, 2016.

Para el caso de la manufactura de aceites los sistemas se conforman básicamente de recipientes cilíndricos de volúmenes adaptados a la capacidad de producción de cada compañía. En la gran mayoría de casos son elaborados en acero al carbón o recomendable en acero inoxidable, equipados con sistema de agitación y calentamiento permitiendo que la capacidad solvente de la base lubricante disuelva los aditivos y colorantes.

3. MARCO TEÓRICO

La importancia que hoy tiene el mantenimiento se basa fundamentalmente en el comprobado beneficio económico que presenta la implementación adecuada de sus metodologías en organizaciones sean estas industriales o de servicios. Estas metodologías que van evolucionando con el tiempo han permitido que el mantenimiento pase de ser una actividad artesanal, a ser una actividad científica muy dinámica que congrega profesionales quienes día a día van aportando y haciendo que técnicas entren en desuso dando paso a otras que quizás se adapten mejor a determinada situación, sin desmeritar la pertinencia que las anteriores han tenido en su desempeño.¹²

3.1 PRINCIPIO BÁSICO DEL MANTENIMIENTO

3.1.1 Definiciones y elementos. Entiéndase mantenimiento como una actividad cuyo desarrollo permite la disponibilidad de los bienes. De forma operativa es el conjunto de acciones, operaciones y actitudes encaminadas a poner o reestablecer un bien a un estado específico, que le permite asegurar un servicio determinado.¹³

Tres elementos involucran básicamente la gestión del mantenimiento: la mano de obra (hombre/persona), maquinas (equipos/infraestructura) y el entorno. Como objeto principal la disponibilidad de las maquinas velando por el bienestar de la mano de obra (operario) y logrando el mínimo impactos negativos con el entorno (contaminación).

¹² BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento: material docente. Bucaramanga, 2013. 281 p.

¹³ *Ibíd.*

3.1.2 Niveles del mantenimiento. Al definir el mantenimiento, como la combinación de acciones técnicas y administrativas, incluyendo supervisión, cuyo fin es mantener o reparar el aparato para que opere en un estado que le permita realizar las funciones requeridas.

Existe una diversidad de tareas que se pueden efectuar como así también los actores que deben participar en la ejecución, razón por la cual se establecen un criterio para clasificación de las tareas y asignación de roles por medio de los niveles mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles del Mantenimiento.

Nivel	Actividad	Rol
1	Se incluyen acá todo el conjunto de acciones simples necesarias a la explotación del medio y realizadas sobre los elementos de fácil acceso para el operador de equipo, de manera tal de que no se produzca riesgo alguno por parte de este al realizar dicha actividad, pudiendo, o no ser con la ayuda herramientas o medios auxiliares que se encuentran incorporados en el medio. Ejemplo: Limpieza, inspección, regulaciones, cambio de empaques, alcances de nivel, entre otros de fácil realización.	Operario del medio, con experiencia, ayuda de manuales o bajo conceptos de personal experto.
2	Se incluyen acá todo el conjunto de acciones que necesitan de procedimientos simples y/o de equipamiento específico. las tareas representan una complejidad superior y los procedimientos de ejecución no son tan simples como en el caso anterior. Ejemplo: Controles y Reemplazos con cierto grado de complejidad.	Personal de mantenimiento bajo dirección y conceptos del fabricante.
3	Se incluyen acá las regulaciones generales, operaciones de mantenimiento sistemático delicadas, las reparaciones por	Personal de mantenimiento con

	intercambio de subconjuntos y/o componentes. Ejemplo: Reparaciones delicadas y diagnóstico de averías.	apoyo de técnico calificado.
4	Se incluyen acá todo el conjunto de acciones donde se necesitan una especialización en una tecnología en particular por parte del personal que va a efectuar la tarea. Se establecen las reparaciones para reemplazo de subconjuntos, y componentes, las reparaciones especializadas, la verificación de aparatos de medición, mantenimientos preventivos y correctivos.	Personal de mantenimiento experto con gestión del conocimiento. Técnicos especializados.
5	Se incluyen acá todo el conjunto de acciones donde los procedimientos a emplear implican un saber hacer, acudiendo a tecnologías particulares, procesos y/o equipamiento de resguardo industrial. Se incluyen acá las actividades de renovación, reconstrucción, son de carácter puntual y no forman parte del día a día de la actividad de mantenimiento, razón por la cual son asignadas para su realización por empresas especializadas.	Contratistas

3.1.3 Mantenimiento Proactivo. Es uno de los tipos de mantenimiento fundamental en donde las operaciones son dirigidas a la prevención de las fallas anticipándose a la ocurrencia o materialización de las mismas. Entre una de las formas de realizar mantenimiento proactivo encontramos el mantenimiento preventivo, mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o según criterios prescritos, y cuyo fin es reducir la probabilidad de avería o el deterioro del funcionamiento de un aparato.

Realizado de forma planificada, y con base en inspecciones periódicas establecidas y según la naturaleza de cada máquina se encaminan a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que

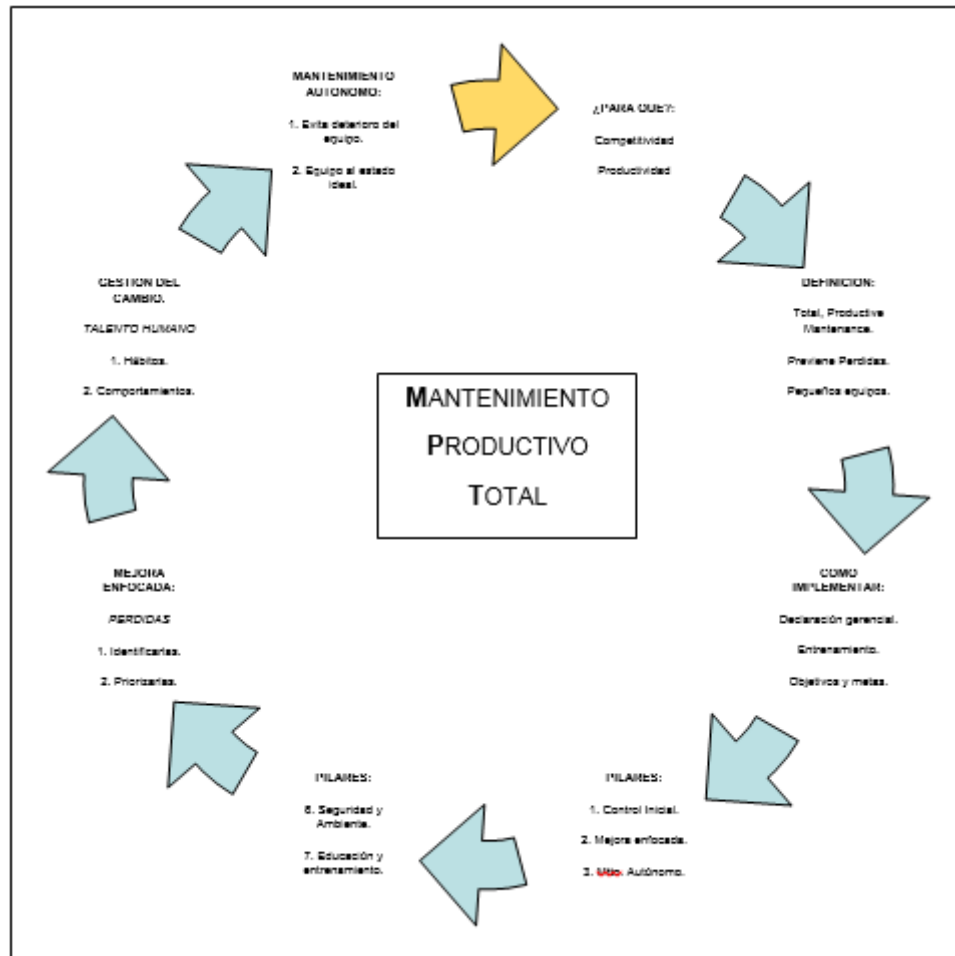
afecten la vida útil de los mismos. Más que una técnica especifica el mantenimiento, es una filosofía o estado de ánimo que comienza desde el mismo momento en que se diseña el equipo, ya que allí se piensa en la facilidad del mantenimiento y montaje en la confiabilidad y cuidados de cada una de sus partes Mantenimiento preventivo, no es limpiar un equipo, es mantenerlo totalmente cubierto en lugares contaminados.

3.1.4 Mantenimiento Reactivo. Es uno de los tipos de mantenimiento fundamental en el que las acciones se toman tras una falla en él, o los equipos, para corregir esa falla o avería, y así recuperar la función principal de su sistema. Entre una de las formas de realizar mantenimiento reactivo encontramos el mantenimiento correctivo. Mantenimiento que se lleva a cabo después de haber reconocido la existencia de una avería, a fin de devolver a la pieza de equipo aquel estado que le permita realizar una función requerida (ISO 14224).

3.1.5 Mantenimiento Productivo total (TPM). Es una metodología NO exclusiva del mantenimiento orientada a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo.

Se establece como sistema que previene las perdidas en todas las operaciones de la empresa, esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de un sistema, se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa desde la alta dirección hasta los niveles operativos.

Figura 6. Esquema del Mantenimiento Productivo Total.



3.1.6 Filosofía del Mantenimiento Autónomo. Hace parte fundamental de TPM y permite por medio de la relación hombre - máquina el desarrollo de capacidad y habilidad que aumentan el dominio del operario sobre el equipo, de tal forma que su relación permita percibir señales de fallas o defectos que conlleven a la toma de decisiones que eviten la materialización u ocurrencia de una falla.

Dentro de los objetivos del mantenimiento autónomo se consideran:

- Evita el deterioro del equipo.
- Lleva el equipo a su estado ideal.

- Desarrolla nuevas competencias y habilidades.

De acuerdo al mantenimiento autónomo “El equipo es de quien lo opera”, y apoyados en los siete (7) pasos de ejecución se pueden mantener y alargar el ciclo de vida de los equipos, maquinarias e infraestructura.

Paso cero (0): Sistema para administrar, implementación de las 5 S´s

Paso uno (1): Limpieza como inspección.

Paso dos (2): Eliminar focos de contaminación, y áreas de difícil acceso.

Paso tres (3): Estándares de limpieza y lubricación.

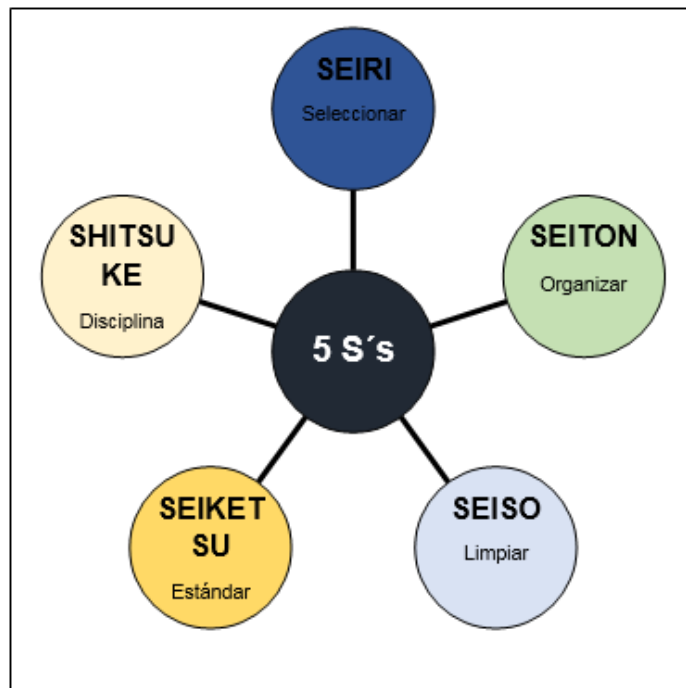
Paso cuatro (4): Inspección general de equipos.

Paso cinco (5): Inspección general del proceso.

Paso seis (6): Sistematización de mantenimiento.

Paso siete (7): Autogestión.

Figura 7. Esquema del sistema de las 5 S´s.



3.2 NORMATIVIDAD APLICABLE A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

El área de mantenimiento industrial, es parte de la cadena de servicios directo para lograr cumplimiento, innovación, y satisfacción del usuario final del sistema productivo, está por tanto obligado a participar como apoyo fundamental en el proceso de certificación empresarial. La maquinaria es el medio para lograr la transformación y la generación de la riqueza, es una variable motriz y debe estar garantizada.

Los factores de talla mundial son aquellos que permiten generar ventajas competitivas probadas (elemento diferenciador identificado), y que se logran introducir a la cultura empresarial a manera de cambios organizacionales. Las facetas de trabajo incluyen desde la planeación o diseño de factores productivos, administrar sin perder el enfoque de del negocio, reducir actividades que no agregan valor, la calidad como principio de responsabilidad y capitalizar resultados con base a nuevas normas, cambios comportamentales y análisis de costos.

“El mayor desafío que deben afrontar los directivos del nuevo milenio no es como triunfar, sino como mantener el éxito” (Pande, 2000).

La visión empresarial hacia el mercado implica globalizar los estándares, es decir medirse ante manufacturas de clase mundial, esta se caracteriza por la excelencia como forma de vida, calidad en el origen y el proceso, hacer las cosas bien desde la primera vez, y minimizar las perdidas en cualquier tipo de industria.

Algunas de las normas que rigen el área de mantenimiento:

- NTC 2050 RETIE. Código eléctrico colombianos, sistemas de puesta a tierra.
- NTC 1642. Higiene y seguridad, andamios, requisitos generales de seguridad.

- NTC 2234. Higiene y seguridad, andamios colgantes, clasificación y usos.
- NTC 2506. Código sobre guardas de protección de maquinaria.
- NTC 1461. Higiene y seguridad, colores y señales de seguridad.
- NTC 3458. Higiene y seguridad, identificación de tuberías y servicios.
- ISO 14224. Mantenimiento centrado en confiabilidad, industria petróleo y gas.
- GTC 62. Funcionamiento y calidad de servicio, mantenimiento y terminología.
- GTC 20. Cuestionario tipo de evaluación de una empresa de mantenimiento.
- Resolución 1409 de 2012. Emisión de alturas.
- Protección de la calidad del aire y el agua.
- NTP 223. Espacios confinados. OSHA 29 CFR 1919.146
- Manejo seguro de productos químicos.
- NTC 5254. Gestión del riesgo.
- ISO 50001. Gestión de la energía.
- ISO 13374-1 2003 Especificaciones de software, procesamiento de datos.
- PASS 55: 2008. Gestión de activos.
- UNE 20654-3:1996. Guía de la mantenibilidad de equipos. Parte 3: sección seis y siete. Verificación, recogida, análisis y presentación de datos.
- UNE 20654-4:2002. Guía de mantenibilidad de equipos. Parte 4-8: planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento.
- UNE 20654-5:1998. Guía de mantenibilidad de equipos. Parte 5: Sección 4: ensayos de diagnóstico.
- UNE 20654-6:2002. Guía de mantenibilidad de equipos. Parte 6: sección 9: Métodos estadístico para la evaluación de la mantenibilidad.
- UNE 20863:1996. Guía para la presentación de resultados de predicciones de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.
- UNE - EN 13269:2007. Mantenimiento. Guía para la preparación de contratos.
- UNE - EN 13306:2002. Terminología del mantenimiento.

- UNE - EN 13460:2003. Mantenimiento. Documento para el mantenimiento.
- UNE - EN 15341:2008. Indicadores claves de rendimiento del mantenimiento.
- UNE - EN 29000-3:1994. Normas de gestión y aseguramiento de la calidad. Parte 3: Guía para la aplicación de la norma ISO 9001 al desarrollo, suministro y mantenimiento del soporte lógico.
- UNE - EN 61703:2003. Expresiones matemáticas para los términos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y de logística de mantenimiento.
- EN 60706-2: 2006. Mantenibilidad de equipos. Parte 2: Estudios y requisitos de mantenibilidad durante la fase de diseño y de desarrollo. (IEC 60706-2:2006). (Ratificada por AENOR en mayo de 2001.)
- EN 60706-3: 2006. Mantenibilidad de equipos. Parte 3: Verificación y recogida, análisis y presentación de datos (IEC 60706-3:2006) (Ratificada por AENOR en mayo de 2007.)
- EN 60706-5: 2007. Mantenibilidad de equipos. Parte 5: Capacidad de ensayo y ensayos de diagnóstico. (Ratificada por AENOR en marzo de 2009.)

El marco legal para la gestión de mantenimiento obliga el acatamiento de las normas existente e invita a la actualización y construcciones de las necesarias. La preparación para la gerencia de mantenimiento implica el involucrar a su cotidianidad las normas existentes y organizar de acuerdo a su aplicabilidad en la industria donde se requieran.

3.2.1 Norma ISO 14224 industrias del petróleo, petroquímicas y del gas natural.

Es la norma internacional que determina las bases para el levantamiento o toma de datos de mantenimiento y confiabilidad durante el ciclo de vida de los equipos en todas las facilidades y operaciones de la industria petrolera, petroquímica y del gas natural.

Define tres categorías para la recolección de la información:

1. Datos de los Equipos (taxonomía específica).
2. Datos de Falla (causa y consecuencia de falla).
3. Datos de Mantenimiento (acciones de mantenimiento, recursos empleados, horas diferidas, etc.).

Conceptualiza, los siguientes términos básicos y propios del dialecto técnico del área de mantenimiento:

Disponibilidad: Capacidad que tiene un aparato de desempeñar una función requerida bajo determinadas condiciones, en un momento determinado o durante un intervalo de tiempo específico, asumiendo que existan los recursos externos requeridos.

Tiempo activo de mantenimiento: Aquella parte del tiempo de mantenimiento durante la cual se realiza una acción de mantenimiento a un aparato específico, ya sea de manera automática o manual, sin considerar retrasos logísticos.

Falla: Estado de un aparato que se caracteriza por su incapacidad para cumplir una función requerida, excepto cuando esto ocurra durante el mantenimiento preventivo u otras acciones previstas, o debido a la falta de recursos externos.

Falla crítica: Falla de una unidad de equipo que origina un cese inmediato de la capacidad de realizar su función.

Clase de equipo: Clase de unidades de equipo.

Avería: Incapacidad de un aparato para cumplir la función requerida.

Avería no crítica: Avería de una unidad de equipo que no causa la interrupción inmediata de la capacidad para cumplir la función requerida.

Causa de avería: Circunstancias que hayan generado una avería durante el diseño, fabricación o uso.

Parte mantenible: Aparato que constituye una parte o ensamblaje de partes, que generalmente se encuentra en el nivel más inferior de la jerarquía durante el mantenimiento.

4. DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE PROQUIMSA S.A.S.

El propósito de realizar el diagnóstico del área de mantenimiento para la organización es determinar el grado de implementación de diferentes técnicas y metodologías enfocada a la preservación de activos, basados en la evaluación cuantificada de las distintas actividades del área, del recurso humano y físico, del cumplimiento de los objetivos del proceso dentro del sistema que conforma la organización.

Este instrumento provee una visión de la estructura, relaciones, procedimientos y personal, relativo a una buena gestión del mantenimiento, siendo este el primer paso para definir un modelo de gestión de mantenimiento. La clave está en utilizar una metodología de diagnóstico que permita comparar la gestión actual versus las mejores prácticas estandarizadas y enfocadas en la máxima disponibilidad de los activos al mínimo costo. En el mismo orden de ideas medir el grado de madurez del sistema actual permitiendo conocer el crecimiento y la capacidad de mejorar del sistema de gestión de mantenimiento.

Utilizando el cuestionario como medio para recopilar la información, la técnica define diez criterios de las mejores prácticas que sustentan el mantenimiento de clase mundial. Para cada criterio se establecen una serie de preguntas a las cuales se les asignaron un peso respectivo en porcentaje según su importancia. Para la elaboración del cuestionario se realizaron consultas en distintas guías y apoyo en la orientación de profesionales que utilizaron metodologías similares.

4.1 MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL

El Mantenimiento Clase Mundial es el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio, para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas.¹⁴ Las diez mejores prácticas que sustentan el mantenimiento clase mundial se exponen a continuación.

4.1.1 Organización centrada en equipos de trabajo. Se refiere al análisis de procesos y resolución de problemas a través de equipos de trabajo multidisciplinarios y a organizaciones que evalúan y reconocen formalmente esta manera de trabajar.

4.1.2 Contratistas orientados a la productividad. Se debe considerar al contratista como un socio estratégico, donde se establecen pagos vinculados con el aumento de los niveles de producción, con mejoras en la productividad y con la implantación de programas de optimización de costos. Todos los trabajos contratados deben ser formalmente planificados, con alcances bien definidos y presupuestados, que conlleven a no incentivar el incremento en las horas - hombres utilizadas.

¹⁴ CONSTANTE PATERNINA, Juan Carlos. Evaluación de la gestión de mantenimiento de la estación de bombeo Rubiales en base a las diez mejores prácticas que sustentan el mantenimiento de clase mundial. Monografía de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Bucaramanga, 2017.

4.1.3 Integración con proveedores de materiales y servicios. Considera que los inventarios de materiales sean gerenciados por los proveedores, asegurando las cantidades requeridas en el momento apropiado y a un costo total óptimo. Por otro lado, debe existir una base consolidada de proveedores confiables e integrados con los procesos para los cuales se requieren tales materiales.

4.1.4 Apoyo y visión de la gerencia. Involucramiento activo y visible de la alta Gerencia en equipos de trabajo para el mejoramiento continuo, adiestramiento, programa de incentivos y reconocimiento, evaluación del empleado, procesos definidos de selección y empleo y programas de desarrollo de carrera.

4.1.5 Planificación y Programación Proactiva. La planificación y programación son bases fundamentales en el proceso de gestión de mantenimiento orientada a la confiabilidad operacional. El objetivo es maximizar efectividad / eficacia de la capacidad instalada, incrementando el tiempo de permanencia en operación de los equipos e instalaciones, el ciclo de vida útil y los niveles de calidad que permitan operar al más bajo costo por unidad producida.

El proceso de gestión de mantenimiento y confiabilidad debe ser metódico y sistemático, de ciclo cerrado con retroalimentación. Se deben planificar las actividades a corto, mediano y largo plazo tratando de maximizar la productividad y confiabilidad de las instalaciones con el involucramiento de todos los actores de las diferentes organizaciones bajo procesos y procedimientos de gerencia documentados.

4.1.6 Procesos orientados al mejoramiento continuo. Consiste en buscar continuamente la manera de mejorar las actividades y procesos, siendo estas mejoras promovidas, seguidas y reconocidas públicamente por las gerencias. Esta filosofía de trabajo es parte de la cultura de todos en la organización.

4.1.7 Gestión disciplinada de procura (tramitar) de materiales. Procedimiento de procura de materiales homologado y unificado en toda la corporación, que garantice el servicio de los mejores proveedores, balanceando costos y calidad, en función de convenios y tiempos de entrega oportunos y utilizando modernas tecnologías de suministro.

4.1.8 Integración de sistemas. Se refiere al uso de sistemas estándares en la organización, alineados con los procesos a los que apoyan y que faciliten la captura y el registro de datos para análisis.

4.1.9 Gerencia disciplinada de paradas de plantas. Paradas de plantas con visión de Gerencia de Proyectos con una gestión rígida y disciplinada, liderada por profesionales. Se debe realizar adiestramiento intensivo en paradas tanto a los custodios como a los contratistas y proveedores, y la planificación de las Paradas de Planta deben realizarse con 12 a 18 meses de anticipación al inicio de la ejecución física involucrando a todos los actores bajo procedimientos y prácticas de trabajo documentadas y practicadas.

4.1.10 Producción basada en confiabilidad. Grupos formales de mantenimiento predictivo / confiabilidad (ingeniería de mantenimiento) deben aplicar sistemáticamente las más avanzadas tecnologías/metodologías existentes del mantenimiento predictivo como: vibración, análisis de aceite, ultrasonido, alineación, balanceo y otras. Este grupo debe tener la habilidad de predecir el comportamiento de los equipos con 12 meses de anticipación y coordinar la realización de procesos formales de “análisis causa-raíz” y otras herramientas de confiabilidad.

Tabla 2. Evaluación cuantitativa de la gestión del mantenimiento.

EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO				
Inocencia	Conciencia	Entendimiento	Competencia	Excelencia
0,0 - 0,9	Inocencia: Significa un nivel de desconocimiento, donde no hay idea de las implicaciones, las características o los criterios de las “Mejores prácticas”.			
1,0 - 1,9	Conciencia: Significa un nivel donde son conocidas las características y los resultados benéficos de la implementación de las “Mejores prácticas”.			
2,0 - 2,9	Entendimiento: Representa un nivel donde las características y criterios de “Mejores prácticas” son entendidas y son obtenidos algunos beneficios de la fase inicial de implementación.			
3,0 - 3,9	Competencia: Significa que son bien entendidos los criterios, características y beneficios ya implementados en la compañía con un buen control de las “Mejores prácticas”.			
4,0 - 5,0	Excelencia: El nivel de competencia en las “Mejores prácticas” es comparable con las compañías de clase mundial y cuantificable con beneficios auditados como resultados de la aplicación de las prácticas.			

Fuente: SILVA, Pedro; ORREGO, Juan y QUINTERO, Tulio. Excelencia del Mantenimiento en Colombia. *Mantenimiento en Latinoamérica*. [En línea]. 2014, vol. 6, nro. 3, pp. 6-12. ISSN 2357-6840. [Consultado el: 20 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.mantenimientoenlatinoamerica.com/pdf/ML%20Volumen%206-3.pdf>

Figura 8. Resultado del diagnóstico del sistema de gestión de mantenimiento de PROQUIMSA S.A.S.



Basado en los valores cuantitativos obtenidos se establecen algunas fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades:

Fortalezas:

- La realización de reuniones de todo el grupo de operaciones permite conocer actividades en ejecución, proyecciones y demás información para partes interesadas y pertinentes en general.

- El compromiso y el liderazgo promoviendo la colaboración dentro del grupo de colaboradores al nivel funcional desde los niveles estratégicos a los operativos.
- Promover la cultura de trabajo en equipos.
- La revisión de órdenes de trabajo en mantenimiento en el lapso de periodos no mayores a 1 mes.
- La evaluación de contratistas permite tener un panorama claro de la calidad de servicio que prestan.
- Políticas y procesos establecidos dirigidos a la selección y cumplimiento de requisitos en la elección de proveedores de servicios y/o suministros.
- El apoyo constante de la gerencia en el desarrollo del talento humano al nivel profesional, laboral y humano.
- La divulgación y la directriz de seguir la estrategia establecida por la gerencia, involucrando todo colaborador inculcando el aporte desde cada roll al cumplimiento de objetivos y políticas.
- Los procesos de planeación en cada proceso (incluye a mantenimiento) están dirigidos a la optimización de recursos.
- La implementación de mejoras en la ejecución de actividades dirigidas a la preservación y conservación de las funciones de los equipos y procesos.
- La coordinación estimula y guía a la implementación de planes de mejora en pro de la conservación de activos físicos en la compañía.
- El mejoramiento continuo como filosofía del sistema de gestión integral en la compañía.
- El proceso de compras establecido con políticas para control en general.
- La clasificación de la criticidad de los equipos, priorización en la ejecución de órdenes de trabajo.
- Existencia de indicador de desempeño de contratistas.
- La promoción de carrera en la compañía a los trabajadores que muestran habilidades y nivel de desempeño.

- La implementación de planes de acción que permiten evidenciar la mejora continua.
- La directriz del mejoramiento continuo como filosofía desde el sistema de gestión integral de la compañía hasta el proceso de mantenimiento.
- Clasificación por criticidad de los equipos.

Debilidades:

- Se carece de una metodología estructurada para la gestión del mantenimiento.
- La profesionalización de la mano de obra utilizada en el área de mantenimiento es baja.
- Baja cultura de orden y aseo en la gestión del mantenimiento.
- El conflicto de interés de los clientes internos del proceso de mantenimiento y la baja relación gana - gana entrega áreas.
- La relación con los contratistas es estrictamente dirigida a la prestación de servicios, dejando de lado la perspectiva de una relación de beneficio mutuo.
- Inexistencia de sistema de control y adquisición de repuestos.
- Carencia de la relación sistematizada de la información del proceso de mantenimiento con otros como financiero y control de inventarios.
- La conservación de la información de forma básica y manual.
- Bajo nivel de seguimientos a los procesos de inversiones direccionados desde producción, operaciones y producción.
- La programación de mantenimiento no refleja la criticidad operacional de los equipos.
- Involucrar los procesos de talento humano a en alcance o logro de los objetivos del área de mantenimiento.
- Durante la ejecución de trabajos no se realiza seguimiento que permitan establecer correctivos que aporten o garanticen el desempeño.

- La programación de mantenimientos no refleja el cubrimiento total de las horas hombres disponibles.
- Apoderamiento del personal de mantenimiento en la importancia de realizar análisis de fallas.

Amenazas:

- Carecer de una variedad de proveedores en la prestación de servicios para el área de mantenimiento.
- El precio de la prestación de servicios o suministros de insumos.
- No establecer un punto de equilibrio (mantenimiento óptimo) entre costos - riesgo y desempeño en el área.
- La aspiración salarial de los colaboradores del área, sea mayor a la establecida por la compañía.
- Carencia de metodologías que garanticen la transferencia de conocimientos específicos y puntuales del historial del comportamiento de los equipos.
- No concretar los mínimos y máximos de insumos del área de mantenimiento.
- A la vanguardia de los sistemas de gestión en mantenimiento no se tenga un sistema de información que permita una retroalimentación informativa con procesos alternos.

Oportunidades:

- El punto de equilibrio entre los intereses de producción, mantenimiento y equipos.
- La fidelización del talento humano hacia la compañía por medio de la preparación específica de los colaboradores y del estímulo por el alcance de objetivos que están por encima de lo esperado.
- Lograr que el equipo de mantenimiento se identifique con el objetivo fundamental del área al que pertenecen.

- Establecer incentivos a los trabajadores que muestren, apliquen y alcance logros dirigidos a la optimización de recursos.
- Involucrar a los contratistas en el alcance de objetivos de mantenimiento enfocando la importancia de su desempeño en el alcance de dichos objetivos.
- Plan de incentivos y de penalizaciones por el cumplimiento de los compromisos en la prestación de servicios.
- Gestionar e informar al contratista de los sobre costos generados por incumplimientos, por servicios reprocesados o por suministros por fuera de especificaciones.
- Establecer acuerdos de precios en la prestación de servicios y/o suministros de insumos de consumo constante o que presenten una tasa de rotación estable.
- Entrenamiento y capacitación técnico - específica ligada a las necesidades del área de mantenimiento.
- Involucrar al grupo general de mantenimiento en la programación de las operaciones de mantenimiento.
- Sincronizar en un solo punto la programación de producción y mantenimiento.
- Establecer en la compañía el rol y responsabilidad dirigido a la innovación, investigación de nuevas tecnologías.
- Uso de herramientas basados en el benchmarking enfocado en la gestión del mantenimiento.
- Establecer metodología para manejo de inventarios y control de herramientas e insumos del área de mantenimiento (gestión de materiales).
- Concretar el ciclo de actividades para la ejecución de mantenimientos mayores o procesos de inversión dirigidos al mejoramiento de los procesos.
- A largo plazo la estructuración de actividades con proyección a un sistema de gestión en mantenimiento predictivo.

- Establecer un sistema de inventario de repuestos e insumos gerenciados por el contratista.

Las recomendaciones están directamente relacionadas con establecer los planes de acción que permitan convertir cada rubro nombrado anteriormente en base sólida para ser utilizada como apoyo en la gestión del mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.

5. MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA PROQUIMSA S.A.S.

De acuerdo a las distintas metodologías, filosofías, mecanismos, técnicas y normatividad que apoyan la gestión del mantenimiento enfocado a la preservación de activos físicos, maquinaria y equipos se establece que la relación de los distintos actores que intervienen en la gestión del mantenimiento para PROQUIMSA S.A.S. se representa en la figura 9.

Figura 9. Actores que intervienen en el sistema de gestión de mantenimiento.



Definidos los actores que intervienen en la gestión del mantenimiento se extraen de cada sistema o modelo, las herramientas técnicas con el fin de adaptarlas a un sistema estructurado y adecuado a la necesidad de la compañía.

5.1 COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS DE MODELOS TEÓRICOS PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Modelos como el mantenimiento productivo total, gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad y mantenimiento autónomo, son tomados como base para la estructuración de dicho sistema para la gestión de mantenimiento.

El origen del término Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés) se ha discutido en diferentes escenarios. Seiichi Nakajima, alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM después de haber realizado cientos de implementaciones de planes en Japón. El origen de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) es menos difuso, nació después de un estudio que buscaba mejorar la confiabilidad en la aviación, desarrollado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos para United Airlines, de donde salió la metodología MSG-1 que pasó por varias revisiones.

El hecho de que TPM esté orientado a la productividad y RCM a la confiabilidad; que TPM busque cero pérdidas, cero accidentes, cero defectos de calidad y cero averías, mientras RCM busca garantizar que los equipos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional; y que haya diferencias tan insólitas como que uno venga de oriente y otro de occidente, creó la falsa idea de que eran metodologías incompatibles. Esta idea se arraigó en algunas empresas, hasta un punto en que si se estaba implementando TPM se rechazaba instantáneamente RCM; y viceversa.

De lejos, estas empresas no notaron que eran más las similitudes que las diferencias entre TPM y RCM:

- Trabajo de implementación en equipos multidisciplinarios.

- Realización de algunas tareas de mantenimiento por parte de los operadores.
- Gestión del conocimiento de los activos.
- Definición de acciones proactivas ante las fallas.

RCM puede ser un generador de insumos directos para la implementación en tres de sus pilares.

5.1.1 Mantenimiento planeado. Para la metodología de TPM, el mantenimiento planeado consta de 6 etapas:

1. Evaluar el equipo y entender las condiciones actuales.
2. Restaurar el deterioro y corregir las debilidades
3. Construir un sistema de información.
4. Construir un sistema de mantenimiento periódico.
5. Construir un sistema de mantenimiento predictivo.
6. Construir un sistema de mantenimiento planeado.

En la etapa 1 RCM suministra como insumos el desarrollo de un contexto operacional del activo, y una lista de funciones con los parámetros de funcionamiento.

En la etapa 2 RCM provee los rediseños requeridos cuando las especificaciones del equipo están por debajo de los requerimientos de los usuarios, y acciones a tomar cuando ninguna tarea de mantenimiento programado es encontrada.

En la etapa 3 RCM entrega una base de datos de equipos que contiene funciones, fallas funcionales, modos de falla, efectos de la falla y consecuencias de fallas.

En las etapas 4 y 5 RCM acopia como insumos las tareas ejecutadas por el personal de mantenimiento (monitoreo basado en condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y búsqueda de fallas) y la frecuencia con la que deben ejecutarse.

Finalmente, para la etapa 6 RCM provee recomendaciones para mejorar la planeación de las intervenciones correctivas, la creación o modificación de procedimientos de intervención, disminución de tiempos de intervención y modificación de políticas de almacenes.

5.1.2 Mantenimiento autónomo. En la metodología TPM el mantenimiento autónomo consta de 6 etapas:

1. Realizar limpieza diaria
2. Eliminar fuentes de contaminación y lugares inaccesibles.
3. Establecer limpieza y estándares de inspección.
4. Realizar inspección general del equipo.
5. Realizar inspección general del proceso.
6. Sistematizar el mantenimiento autónomo.

En las etapas 1, 4 y 5 RCM entrega como insumos las tareas de limpieza e inspección, tanto del equipo como del proceso, porque establece listas de chequeo que deben ser ejecutadas por el operador.

En la etapa 3 suministra un estándar de limpieza, estableciendo funciones de aceptabilidad de imagen, orden y estandarización de los activos y, una vez aplicada la lógica RCM, se definen tareas y procedimientos para hacer la limpieza, para que los equipos siempre cumplan la función de tener un aspecto aceptable para la organización.

5.1.3 Mejoras enfocadas. Este pilar tiene como objetivos fundamentales eliminar radicalmente las causas de las pérdidas crónicas; mejorar el conocimiento de los procesos mediante el análisis y solución de problemas, en forma continua; involucrar a todo el personal de la empresa en acciones de mejora individual y grupal, y mejorar la eficiencia del trabajo humano.

En este pilar se pretenden resolver problemas crónicos y esporádicos, mediante técnicas cuantitativas, cualitativas y de observación (Gemba Genbutsu), tanto para equipos funcionales como en equipos internacionales.

Muchos autores afirman que usar AMFE como herramienta cualitativa es crucial en este pilar. Ello nos lleva a la primera coincidencia con RCM. El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se aplica respondiendo siete preguntas fundamentales, de las cuales las cuatro primeras corresponden a un AMFE, es decir, define funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de las fallas.

La segunda coincidencia es que las etapas del pilar de mejoras enfocadas se corresponden con las etapas de implementación de RCM:

- Etapa 0: Seleccionar un tópico de mejora. En RCM puede ser número de fallas, costos de mantenimiento, número de órdenes preventivas, entre otros.
- Etapa 1: Identificar la situación. En RCM se hace definiendo el contexto operacional y obteniendo la lista de funciones del sistema.
- Etapa 2: Exponer y eliminar anomalías. En RCM se hace definiendo las posibles fallas funcionales y comunicando hallazgos urgentes.
- Etapa 3: Seleccionar un tópico de mejora. En RCM se realiza definiendo modos de falla.
- Etapa 4: Plan de mejora. En RCM se hace determinando planes de mantenimiento y acciones por defecto para cada modo de falla. (Rediseños, mejoras a procedimientos, pokayokes, mejoras a políticas de inventarios, etc.)

- Etapa 5: Implementación de Plan de mejora. En RCM se hace implementando planes de mantenimiento y ejecutando las acciones por defecto.
- Etapa 6: Verificar resultados. En RCM se hace midiendo la evolución de los indicadores definidos en la etapa cero.
- Etapa 7: Consolidar resultados y mantenerlos. En RCM se logra cuantificando resultados, sosteniendo el cumplimiento de los planes de mantenimiento y retroalimentando otras áreas.

La tercera y última coincidencia es que varios de los objetivos del pilar de mejoras enfocadas tienen mucha similitud con los objetivos y ventajas de RCM, como:

- Eliminar radicalmente problemas crónicos y esporádicos: estos problemas pueden ser considerados fallas, y lo que busca RCM es definir una estrategia para manejar las consecuencias de cada una de estas fallas.
- Mejorar el conocimiento de los procedimientos mediante el análisis: el análisis RCM tiene como uno de sus principales fuertes el conocimiento que las personas del grupo de análisis adquieren mediante la realización del AMFE.
- Mejorar la eficiencia del trabajo humano: RCM determina requerimientos óptimos de mantenimiento de un activo, elimina tareas que no generan valor, y aumenta la eficiencia del personal de mantenimiento.

5.2 MODELO PROPUESTO

El modelo a proponer se estructura en la secuencia de las siguientes actividades:

1. Evaluación de diagnóstico. (ver capítulo 4).
2. Definición de la política y los objetivos del área de mantenimiento, actores responsables en el sistema de gestión del mantenimiento y los límites de ejecución dentro de cada roll involucrado. (Actividad a corto plazo).
3. Identificación de los equipos existentes con información técnica de los mismos. (Actividad a corto plazo).
4. Jerarquización de equipos, organizar los activos físicos de los equipos de acuerdo a su criticidad, es decir basado en el impacto que estos puedan generar al sistema productivo. (Actividad a corto plazo).
5. Agrupar los de activos de acuerdo a sus funciones, describir las funciones, las fallas comunes y el tratamiento de dichas fallas para ser consignados en el respectivo procedimiento de mantenimiento del equipo. (Actividad a mediano plazo).
6. Basados en la criticidad y la información de los equipos establecer la planeación (Anual) y la programación (Semanal) de mantenimiento. (Actividad a corto plazo).
7. Incluir en la planeación y programación las adaptaciones de la norma ISO 14224 relacionadas con los métodos de detección, síntomas de fallas, causas de fallas.
8. Definir las actividades de mantenimiento y asignar responsabilidad de ejecución a cada roll involucrado de las actividades.
9. Establecer las directrices de mantenimiento autónomo al grupo de colaboradores en relación mutua mantenimiento - producción.
10. Estructura de la documentación para actualización de hojas de vida, orden de trabajo, análisis de fallas y modos de fallas.

11. Seguimientos al desempeño de la gestión del mantenimiento basados en la relación producción, máquinas y mantenimiento.
12. El recurso humano como eslabón fundamental en la gestión del mantenimiento.

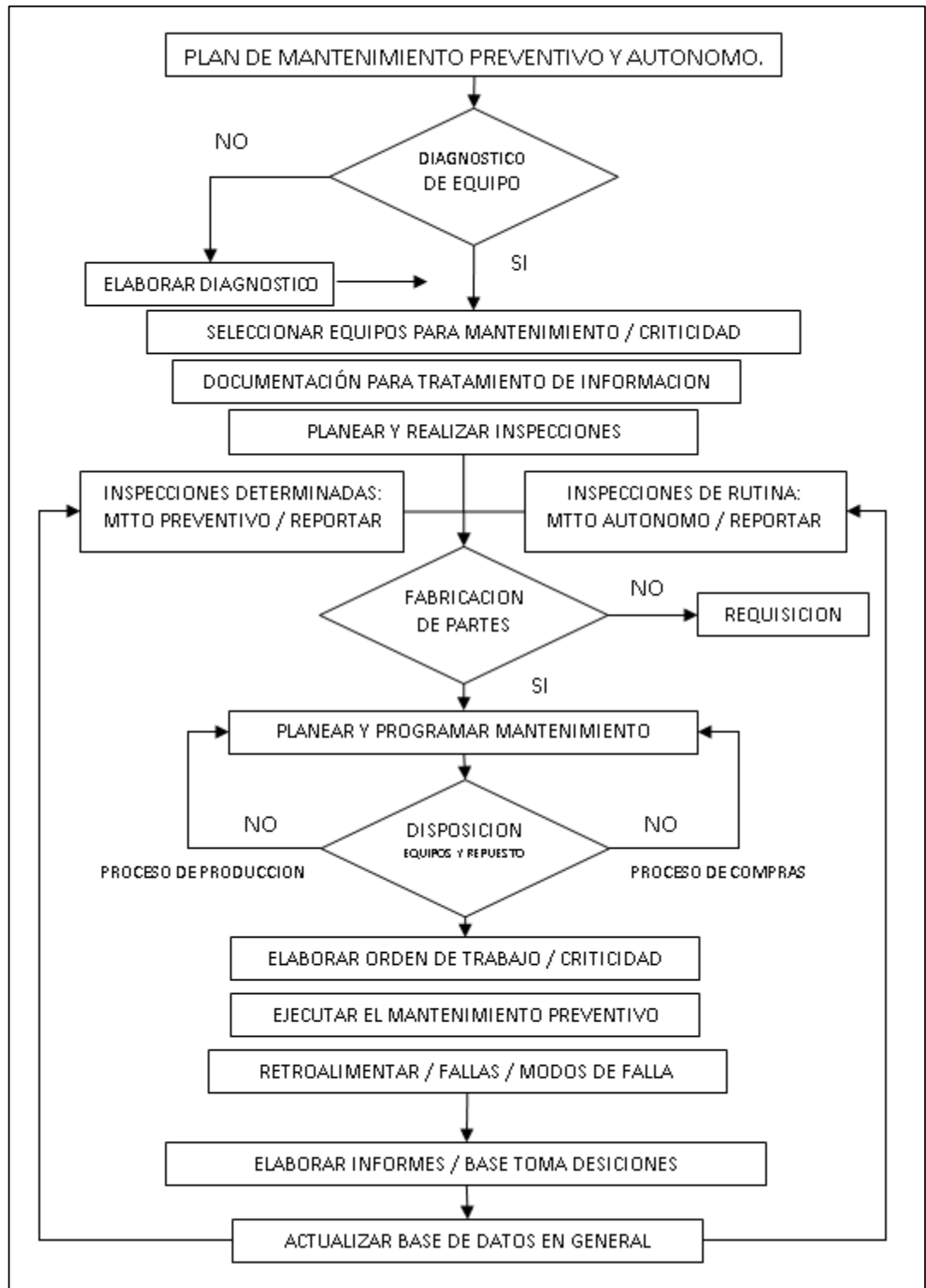
5.2.1 Política del sistema de gestión del mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.

Garantizar la operación de los equipos confiables, disponibles y mantenible, maximizando su rendimiento y optimizando los costos a lo largo de su ciclo de vida, mediante la implementación de prácticas de mantenimiento industrial.

5.2.2 Objetivos del proceso de mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.

- Definir y gestionar las operaciones de mantenimiento que deben prever para garantizar el desarrollo normal del ciclo de vida de los activos físicos de la organización.
- Planificar las acciones enfocadas a mantener disponible y en óptimo estado de funcionamiento la maquinaria, equipos, infraestructura de la compañía siguiendo los lineamientos establecidos en el SGI.
- Ejecutar las actividades planificadas de forma oportuna y segura con el fin de prestar un buen servicio al cliente interno, apoyados en el recurso humano propio o contratado, minimizando los impactos ambientales y de SST.

Figura 10. Esquema del sistema de gestión de Mantenimiento.



5.3 DETERMINACIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Basado en el riesgo, el análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los activos de la instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). Para lo cual se determinan los factores mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Factores de ponderación para PROQUIMSA SAS - Modelo de criticidad.

Frecuencia de falla	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4
Promedio 1 - 2 fallas/año	3
Buena 1 fallas/año	2
Excelente menos de 1 fallas año	1
Impacto Operacional	
Parada de la planta	10
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7
No hay parada del equipo pero impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
Flexibilidad Operacional	
No existe opción de producción y la opción de requisición de repuesto tiempo superior a 3 días.	4
Hay opción de repuesto compartido o equipo gemelo	2
Función de repuestos con disponibilidad inmediata o inferior a 2 día	1

Costo de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$ 1,200,000	2
Inferior a \$ 1,200,000	1
Impacto en seguridad ambiente y SST	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta las instalaciones y el ambiente	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente y SST)	3
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones y ambiente	1

5.3.1 Frecuencia de falla. Número de eventos repetitivos en un lapso de tiempo, pueden adjudicarse a un mismo modo de falla. Se identifica y describe como el evento de falla que refleja el impedimento a que se cumpla la función del equipo. Sujeta a evaluación, de acuerdo a estándares de desempeño o requisitos funcionales.

5.3.2 Impacto operacional. Grado de importancia y capacidad de afectación sobre el sistema productivo que es adjudicado a un activo físico.

5.3.3 Flexibilidad operacional. Capacidad de cambio, sustitución, reemplazo temporal o ejecución de actividades bajo condiciones controlables pero desviadas de forma leve de lo normal con la cual se encuentran relacionadas directamente los activos físicos objeto de estudio.

5.3.4 Costo de mantenimiento. El costo de mantenimiento en las reparaciones es un componente -entre otros- del precio del producto, independientemente de la gestión del mantenimiento, por lo tanto, siempre existirán gastos que se deben asumir, y por lo tanto influyen los gastos de mantenimiento en los costos generales de la empresa.

Se tienen como factor importante y de control para determinar la criticidad de los equipos. El control de costos es una de las maneras de evidenciar correcta gestión y manejo de recursos.

5.3.5 Impacto en seguridad ambiental y seguridad y salud en el trabajo. Grado de importancia otorgado por los sistemas de control ambiental, seguridad y salud en el trabajo, en el cual el desempeño de los activos físicos pueda afectar o no el curso normal de los lineamientos y políticas establecidas por la compañía enfocados en cada uno de los ámbitos, ya sea ambiental, de seguridad o de salud.

Este es un método semi cuantitativo, soportado en el concepto del riesgo y con un máximo valor evaluado de criticidad igual a 200, donde:

Criticidad total: frecuencia de falla x consecuencia

Frecuencia de falla: Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

*Consecuencia: ((Impacto operacional X flexibilidad) + costos de Mtto
+ impacto en seguridad y SST*

La tabla 4 muestra una parte del análisis desarrollado, pero puede visualizarse en detalle en el Anexo C.

Tabla 4. Determinación de Criticidad.


		DETERMINACION DE CRITICIDAD DE ACTIVOS				CRITICIDAD						
		PROQUIMSA SAS				FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEG. AMBIENTAL Y SST	CRITICIDAD DEL EQUIPO	
INDUSTRIA	PROCESO	(PTQ) - PETROQUIMICA										
INSTALACION		(PL) - PRODUCCION DE LUBRICANTES										
		(PQ BCA) - PROQUIMSA SAS - BARRANCABERMEJA										
SECCION	PLANTA	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES / CLASE DE EQUIPO	CODIGO							
P-PRODUCCION	A-ACEITES	MEZCLADOR 1 AMX-04	AGITACION A-04	Motor Agitacion	EMAC-04	1	7	2	1	3	18	
				Reductor	RA-04							
			BOMBEO B-01	Bomba	PURO-01							
				Motor Bomba	EMAC-01	1	4	2	1	3	12	
				Reductor Bomba	RPU-01							
			MEZCLADOR 2 AMX-02	AGITACION A-02	Motor Agitacion	EMAC-02	1	7	2	1	3	18
		Reductor			RA-02							
		BOMBEO B-02		Bomba	PURO-02	1	4	4	1	3	20	
				Motor Bomba	EMAC-02							
		MEZCLADOR 3 AMX-03	BOMBEO B-03	Motor	EMAC-6	1	4	4	1	3	20	
				Bomba	PURO-06							
				Reductor	RPU-06							
		SISTEMAS DE ENVASADO ACEITES ASE-01	BOMBEO B-01	Bomba	PUCE-03	2	7	4	1	1	60	
				Motor	EMAC-03							
			CONTROL C-01	Sistema semiautomatico	ASA-01	1	4	2	1	1	10	
				Maquina envasadora de aceite	AME-01	4	7	4	1	1	120	
			DOSIFICADO D-01	Motor Bomba 1	PUEM-01	4	7	4	1	3	128	
				Motor Bomba 2	PUEM-02							
	Motor Bomba 3			PUEM-03								
	Motor Bomba 4			PUEM-04								
	Motor Bomba 5			PUEM-05								
	ENVASADO AE-01		Motor mesa 1	EMAC-01								
		Motor mesa 2	EMAC-02									
		MEZCLADOR 1 GMX-01	AGITACION A-01	Motoreductor 1	REM-01	3	7	2	2	5	63	
Motoreductor 2				REM-02								
Transmision				TA-01								
BOMBEO B-01			Bomba	PURO-01	3	4	2	2	3	39		
			Motor Bomba	PUEM-01								
			Reductor	RPU-01								
MEZCLADOR 2 GMX-02		AGITACION A-02	Motor Agitacion	EMAC-03	2	7	2	2	3	38		
			Reductor	REM-03								
		BOMBEO B-02	Bomba	PURO-04	2	4	2	2	3	26		
			Motor Bomba	EMAC-04								
		Reductor	REM-04									

Figura 11. Matriz de Criticidad para los equipos de la planta de producción de Lubricantes de PROQUMSA S.A.S.

CRITICIDAD					
Consecuencia \ Frecuencia	10	20	30	40	50
1	NC	NC	NC	NC	NC
2	NC	NC	MC	MC	C
3	NC	MC	MC	C	C
4	NC	MC	C	C	C

Basados en la información recopilada de los equipos utilizados en la planta de producción de lubricantes de PROQUIMSA S.A.S., de manuales de operación (los disponibles) y la experticia del personal de área de mantenimiento se sugiere las siguientes frecuencias de intervención de acuerdo al nivel de criticidad alcanzado por cada equipo:

- NC: No critico (sugerido: 2 inspecciones + 1 mantenimiento) requerimiento anual.
- MC: Medio critico (sugerido: 3 inspecciones + 1 mantenimientos) requerimiento anual.
- C: Critico (sugerido: 3 inspecciones + 2 mantenimientos) requerimiento anual.

5.4 DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DEL MATENIMIENTO BASADO EN LOS ROLES DE RESPONSABILIDAD DEL RECURSO HUMANO

El líder de proceso de mantenimiento es el programador de mantenimiento apoyado con la gestión de asistente operativo. La autoridad para la asignación de recursos la tiene la Gerencia, y el conducto para el manejo de dichos recursos, en compras o adquisiciones para el desarrollo de mantenimientos correctivo y preventivo la tiene el Coordinador Operativo y en su ausencia, el Asistente Operativo.

La responsabilidad de la organización, limpieza, mantenimiento e inventarios del almacén de mantenimiento la tiene el Programador de Mantenimiento quien apoya la ejecución de la actividad desarrollada por Mecánico de Mantenimiento y auxiliar operativo (cuando amerite su apoyo)

La planeación de mantenimiento (anual - mensual) y cruce de disponibilidad de equipos por parte de producción se asigna a asistente operativo, la programación (mensual - semanal) y ejecución de mantenimiento se asigna a programador de mantenimiento y está basada en el seguimiento de las pautas establecidas en los distintos documentos relacionados con la prevención de accidentes, prevención de lesiones, controles operacionales, disposición de residuos, manual de sustancias químicas y el uso de registros para la ejecución de actividades con previo análisis de trabajo seguro.

5.4.1 Recurso humano en la gestión del mantenimiento.

Coordinador Operativo:

1. Aprobar los recursos económicos y asignación de los mismos para la ejecución de mantenimiento.

2. Aprobar la ejecución de mantenimientos por contratista.
3. Realizar seguimiento al área en general.
4. Revisar y aprobar propuestas de servicios ofertadas por contratistas en la cual la asignación de recursos es mayor a los \$1.200.000.

Asistente Operativo:

1. Determinar lo que se debe inspeccionar y con que frecuencia debe hacerse (Planeación).
2. Cruzar la información de equipos requeridos para mantenimiento con la programación de producción.
3. Revisar las cotizaciones para prestación de servicios, suministros de insumos y realizar la consolidación a los costos generados por la prestación de dichos servicios.
4. Elaborar el plan de mantenimiento anual considerando, las fallas y los modos de fallas presentadas en el periodo anterior.
5. Calcular los seguimientos para: MTTR (tiempo medio de reparación), MTBF (tiempo medio entre fallas) y disponibilidad ($MTBF / (MTBF + MTTR)$).
6. Tomar acciones cuando las causas de fallas están relacionadas a carencia de diagnóstico, evaluación y ejecución inadecuada de los mantenimientos.
7. Establecer de acuerdo a las compras de insumos y requerimiento los niveles de stock para el área de mantenimiento.

Supervisor Operativo:

1. Llevar a cabo la inspección de rutina, con el fin de detectar anomalías.
2. Asigna en acuerdo con asistente operativo la disponibilidad de equipos.
3. Supervisar la entrega y recibo de los equipos designados para mantenimiento.
4. Velar por el cumplimiento de las actividades programadas en los equipos designados como disponibles, realizar la última revisión antes de la recepción del equipo.

5. Tomar acciones con los operadores de planta cuando las fallas presentadas se materializan por errores de operación.

Programador de Mantenimiento:

1. Llevar a cabo la inspección determinada, con el fin de detectar anomalías.
2. Preparar la orden de trabajo de acuerdo a lo establecido en común acuerdo con asistente operativo, socializa al grupo de mecánicos la Programación de los mantenimientos.
3. Supervisar la ejecución del mantenimiento bajo estricto control de limpieza, orden y ase.
4. Preparar las cotizaciones para prestación de servicios, suministros de insumos y gestionar la documentación necesaria
5. Recibir los reportes realizados por los mecánicos de mantenimiento, operadores de planta y supervisor operativo. Con los resultados de la inspección se hace la requisición de repuestos, si este no está disponible se hace la requisición al departamento de compras.
6. Consultar e informar a otras dependencias para coordinar el trabajo de mantenimiento preventivo.
7. Realizar el protocolo de entrega del equipo, entregando el equipo al supervisor operativo firmando la respectiva orden de trabajo.
8. Con la orden de trabajo debidamente diligenciada y firmado actualiza las hojas de vida de cada máquina y realizar un reporte al asistente operativo.
9. Intervenir con aportes en las actividades del área eléctrica, electrónica y de optimización.

Mecánico de Mantenimiento:

1. Llevar a cabo la inspección determinada, con el fin de detectar anomalías.
2. Ejecutar cada actividad de mantenimiento direccionada por el programador de mantenimiento.

3. Realizar reporte de diagnóstico de fallas y modos de fallas. (información fundamental para planeación, programación y toma de decisiones.).
4. Diligenciar en otras dependencias la documentación aplicable a el trabajo de mantenimiento preventivo / correctivos.
5. Ejecutar mantenimientos correctivos en el caso que aplique.
6. Suministra la información relacionada con el consumo promedio de insumos utilizados en un lapso de tiempo.
7. Realizar el mantenimiento preventivo y de reparación mecánica a los equipos industriales fijos y móviles de la planta, diagnosticando y determinando las averías y efectuando las reparaciones de las partes comprometidas.
8. Realizar montaje y puesta en funcionamiento de equipos y maquinaria bajo la guía de supervisor operativo y programador de mantenimiento.
9. Mantener identificado y estandarizados cada uno de los lubricantes utilizados en la planta.
10. Manejar y almacenar adecuadamente los lubricantes. Cambio oportuno de lubricantes y grasas lubricantes en los equipos de la planta acorde al programa de mantenimiento.
11. Asegurar los niveles de lubricación de los equipos mediante inspecciones. Capacidad de evaluar el estado general de un lubricante o grasa lubricante presente en las partes de un equipo.

Operador de Planta:

1. Llevar a cabo la inspección de rutina, con el fin de detectar anomalías.
2. Intervenir y gestionar la ejecución de las directrices de mantenimiento autónomo.
3. Entregar en completo orden y limpieza los equipos a ser intervenidos por mantenimiento.
4. Realizar reportes de situaciones anómalas de los equipos durante el desarrollo del ciclo productivo. Con el tiempo debe afianzar la emisión de análisis básicos sobre fallas detectadas.

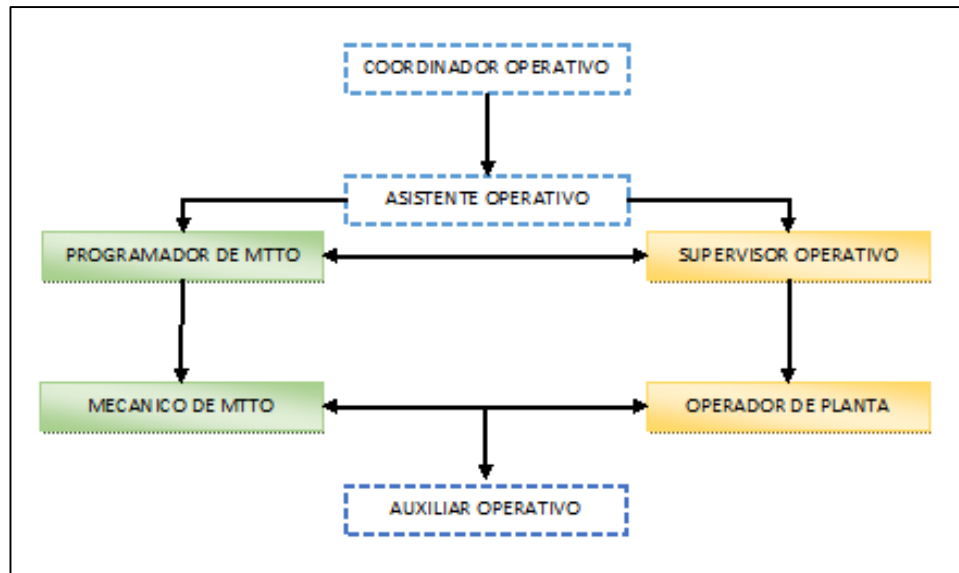
5. Inspeccionar y reportar condiciones de lubricación.

Auxiliar Operativo (cuando se requiere):

1. Apoyar en la ejecución de las actividades de mantenimiento designadas.

5.4.2 Organigrama para la gestión del mantenimiento

Figura 12. Organigrama para la gestión del Mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.



5.4.3 Polivalencia del recurso humano en la gestión del mantenimiento. La gestión del mantenimiento en PROQUIMSA SAS se apoya con la ejecución de actividades de áreas especializadas fundamentales: la eléctrica, la mecánica, la electrónica/instrumentación, soldadura y metalistería.

Dado a que los roles de responsabilidad en el sistema de gestión son de carácter directo se debe establecer una relación de roles abonados a un mismo cargo, ya

que la especialización puntual en la mano de obra trae consigo desventajas que no son adecuadas dentro de un sistema de gestión de mantenimiento en una compañía de la magnitud de PROQUIMSA S.A.S.

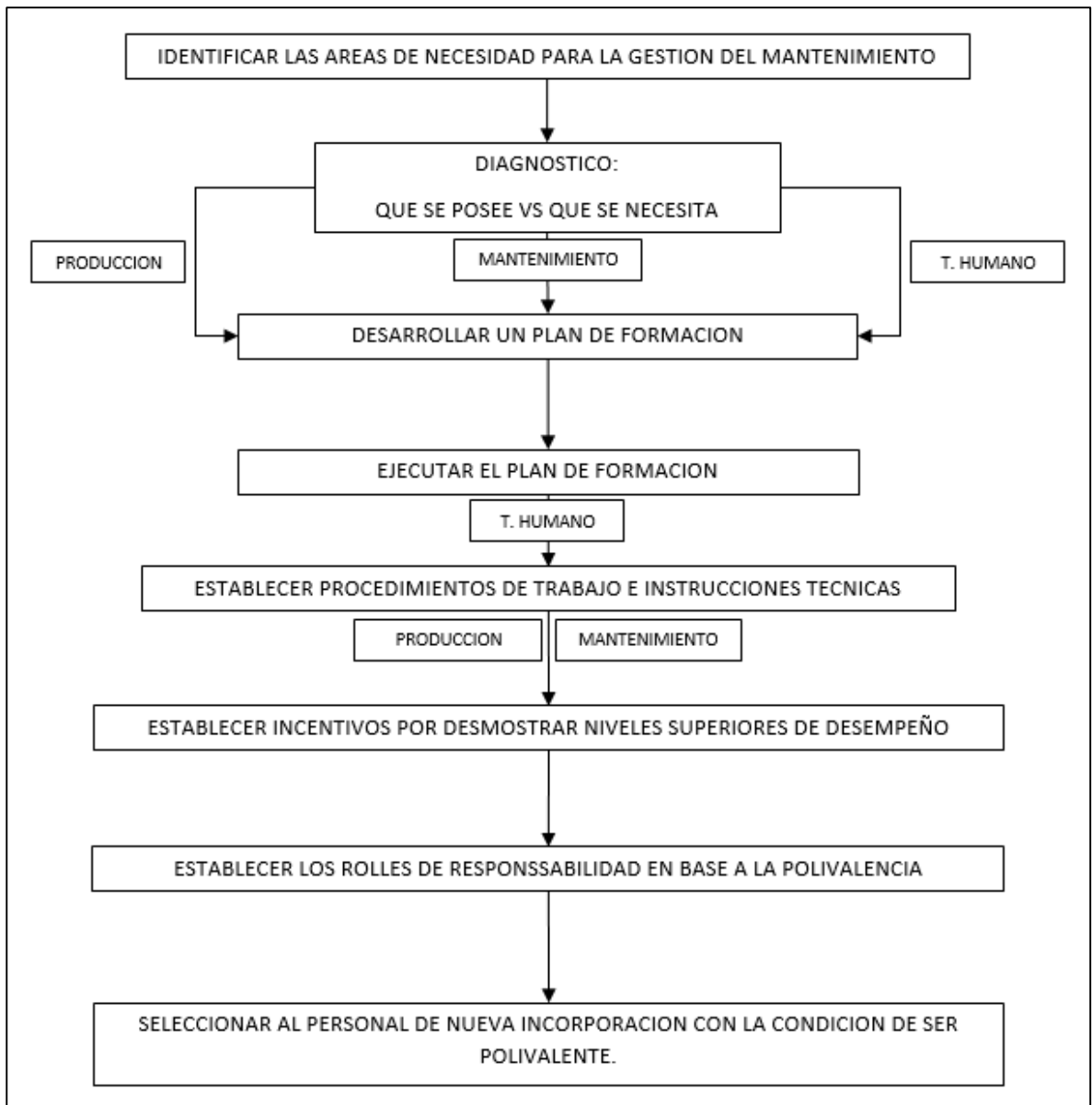
La especialización es adaptada por las compañías de forma autónoma y por lo general es aplicable cuando las magnitudes de equipos dentro de un sistema son de gran cantidad físicamente. Es ideal, dado a que la especialización permite centrar el aprendizaje y el entrenamiento permitiendo la profundización del conocimiento.

Para el caso puntual de PROQUIMSA S.A.S., establecer perfiles polivalentes trae consigo ventajas entre las cuales podemos nombrar:

1. Aumento del rendimiento cuando la actividad depende de la ejecución de tareas de distintas especialidades.
2. Disminuye el número de personas prescindibles, por lo que todo personal estará capacitado para la ejecución de tareas sin importar lo exclusivo de su conocimiento.
3. La formación al personal se convierte en un medio de incentivo permitiendo al colaborador establecer un sentimiento de agradecimiento hacia la compañía, convirtiéndolo en base fundamental para aumentar niveles de desempeño.
4. Es la herramienta que permite formar al colaborador de mantenimiento con las habilidades requeridas y adaptadas a las necesidades de la planta de producción.

La polivalencia de un colaborador del área de mantenimiento es la antítesis de la especialización. Significa la posibilidad de que un operario de mantenimiento pueda intervenir en tareas de diversa índole relacionadas con mantenimiento. La polivalencia total significaría que un operario de mantenimiento pudiera intervenir en cualquier reparación de cualquier naturaleza dentro de la empresa.

Figura 13. Estrategia para el fomento de la polivalencia en la gestión del Mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.



5.4.4 Niveles del Mantenimiento vs Recursos humanos. De acuerdo a las actividades ejecutadas en el mantenimiento y al recurso humano que se encuentre en capacidad de desarrollar dichas actividades se establecen los niveles de mantenimiento mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Niveles y Actividades en el área de mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S.

NIVEL	ACTIVIDADES	RECURSO HUMANO
1	<p>- Chequeos rutinarios encaminados a garantizar la operación o función del activo, con el fin de Prevenir daños mayores al detener el equipo y realizar pequeños ajustes, a través de las siguientes actividades:</p> <p>Limpieza</p> <p>Inspección visual</p> <p>Diagnóstico básico mediante inspección directa del operador:</p> <p>Niveles de aceite y combustibles</p> <p>Engrases rutinarios</p> <p>Detección de ruidos anormales</p> <p>- Operaciones sencillas de mantenimiento, las cuales no exigen paradas prolongadas del activo. Se ejecutan revisiones sencillas, chequeo tensión de correas, reposición de niveles en fluidos y limpieza de sistema de filtración.</p>	<p>Operador de Planta</p> <p>Mecánico nivel aprendiz</p> <p>Auxiliar operativo</p>
2	<p>-Trabajos especializados en sitio con carácter rutinario con el cual se obtenga la identificación y diagnóstico de averías, rutas de lubricación, cambio de elementos básicos, reparaciones básicas, cambio de aceite y filtros, verificación de variables en equipos y cambio de partes menores.</p> <p>- Requiere de servicios de talleres o servicios externos con grado de nivel especializado.</p> <p>- Uso de tiempo.</p> <p>- Trabajos gran importancia mantenimiento preventivo y correctivo que requiere despiece parcial para mantenimiento.</p>	<p>Proveedores de Servicios</p> <p>Programador de Mantenimiento</p> <p>Mecánico de Mantenimiento</p>

	Revisión y medición de tolerancias Ajustes detallados, Soldaduras, maquinados, rectificación, manufacturas y balanceos.	
3	-Trabajos de más alto nivel -Personal altamente calificado -Personal de apoyo del fabricante -Talleres y herramientas de apoyo especializados Despiece total para mantenimiento	Proveedores de Servicio Programador de Mantenimiento

5.5 FUNCIÓN REQUERIDA, FALLA FUNCIONAL Y MODOS DE FALLA

En la planta de producción de lubricantes de PROQUIMSA S.A.S. existen planes de mantenimiento para los equipos con baja aplicación de metodológica, basados en recomendaciones del fabricante, determinados en periodos fijos, basados en políticas internas de la planta o bien en la experticia de los trabajadores de mayor tiempo laboral y de relación con los equipos. Sin embargo, el objetivo del presente sistema de gestión de mantenimiento está fundado en técnicas que permitan estructurar un sistema completo que permita la recolección de información, análisis y selección de herramienta para la ejecución de mantenimientos.

Es importante para el entendimiento de la falla, poder identificar los dos diferentes estados de falla que se pueden presentar (“fault” y “failure”); primeramente, aquel estado de falla, en el cual un activo simplemente deja de funcionar y otro, en el cual el activo no desempeña su función conforme a un estándar de desempeño deseado o bien, conforme a las necesidades que el usuario tiene, pero no necesariamente deja de funcionar. Es esta última condición, es la que más nos interesa estudiar y la denominamos “falla funcional”.

5.5.1 Adaptaciones de la norma ISO 14224.

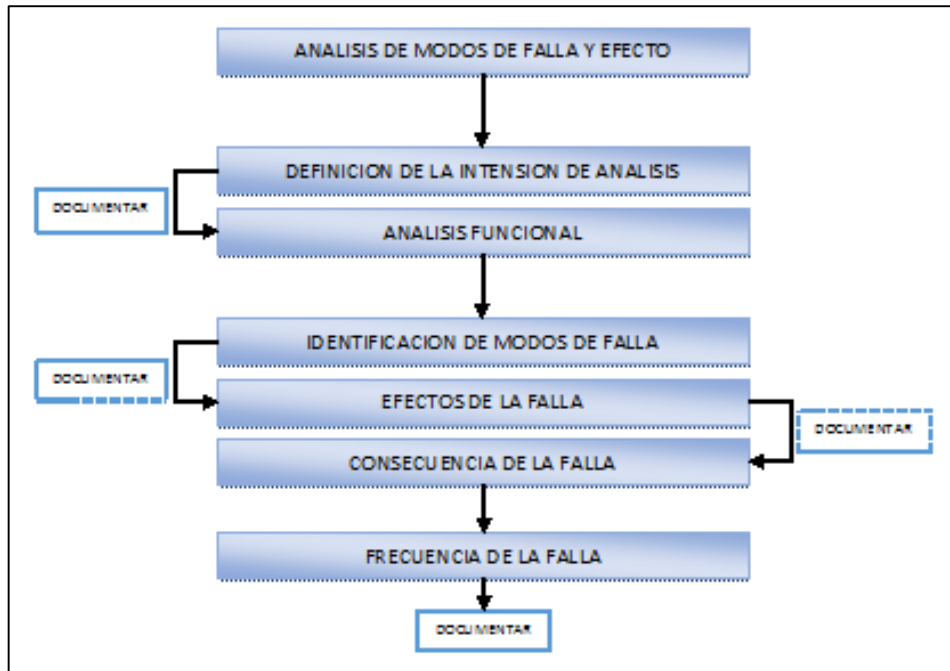
Función requerida: función o combinación de funciones de un aparato que se consideran necesarias para brindar un determinado servicio. (ISO 14224).

Falla: estado de un aparato que se caracteriza por su incapacidad para cumplir una función requerida, excepto cuando esto ocurra durante el mantenimiento preventivo u otras acciones previstas, o debido a la falta de recursos externos. (ISO 14224).

Debido a que la compañía carece de metodología para el tratamiento de fallas y modos de falla, se estable la directriz de iniciar la adaptación de la metodología: Failure mode, effects and criticality analysis (FMECA) su traducción; análisis de modos de falla y efectos.

Dicha estrategia (ver figura 14), a largo plazo y con apoyo de la información recolectada a partir de la implementación de dicha herramienta, permitirá establecer un instrumento de gran importancia para la evolución del sistema de mantenimiento preventivo y autónomo al sistema Reliability Centred Maintenance (RCM), su traducción; mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Figura 14. Metodología para análisis de fallas y efectos en la gestión del Mantenimiento aplicable a PROQUIMSA S.A.S.



Definición de la intención de análisis: Consiste en conocer y entender la filosofía de operación de la planta, proceso o equipo, a fin de poder identificar claramente las condiciones bajo las cuales se opera, considerando tanto su diseño como las necesidades del usuario.

El desarrollo de esta actividad nos permite saber la forma en que se operan los activos, siendo este el nivel de detalle requerido en la descripción. La definición deberá de contener parámetros de operación, los equipos involucrados, rutas de proceso, parámetros de control, entre otros atributos. Para poder entender como falla un activo, primero es necesario conocer cómo opera.

Análisis funcional: El análisis funcional es necesario para poder entrar al proceso de evaluación de los modos de falla, ya que se requiere conocer e identificar cuáles

son aquellas funciones que el operario espera o desea que su activo desempeñe. Se requiere identificar tanto la función principal y como las secundarias.

Identificación de modos de falla: Definido como la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función o, en otras palabras, la forma en que un activo falla.

Efectos y consecuencia de la falla: Efecto, es considerado como la forma en la que la falla se manifiesta, es decir, como se ve perturbado el sistema ante la falla del equipo o activo, ya sea local o en otra parte del sistema, estas manifestaciones pueden ser:

- Aumento / disminución de nivel.
- Mayor / menor temperatura.
- Activación de señales, alarmas o dispositivos de seguridad.
- Otras; similarmente, se considera también la sintomatología de la falla, ruido, aumento de vibración, etc.

Consecuencia, son referidas a los impactos derivados de la falla en los diversos receptores de interés. Se consideran las consecuencias a la seguridad de las personas, medio ambiente y producción.

Frecuencia de falla: Número de eventos repetitivos en un lapso de tiempo, pueden adjudicarse a un mismo modo de falla. Se identifica y describe como el evento de falla que refleja el impedimento a que se cumpla la función del equipo. Sujeta a evaluación, de acuerdo a estándares de desempeño o requisitos funcionales.

Aplicación de análisis de modos de fallas, sobre equipo crítico para el sistema productivo PROQUIMSA SAS. (Ver anexo D).

Figura 15. Definición de la intención de análisis del reactor GCT 01.

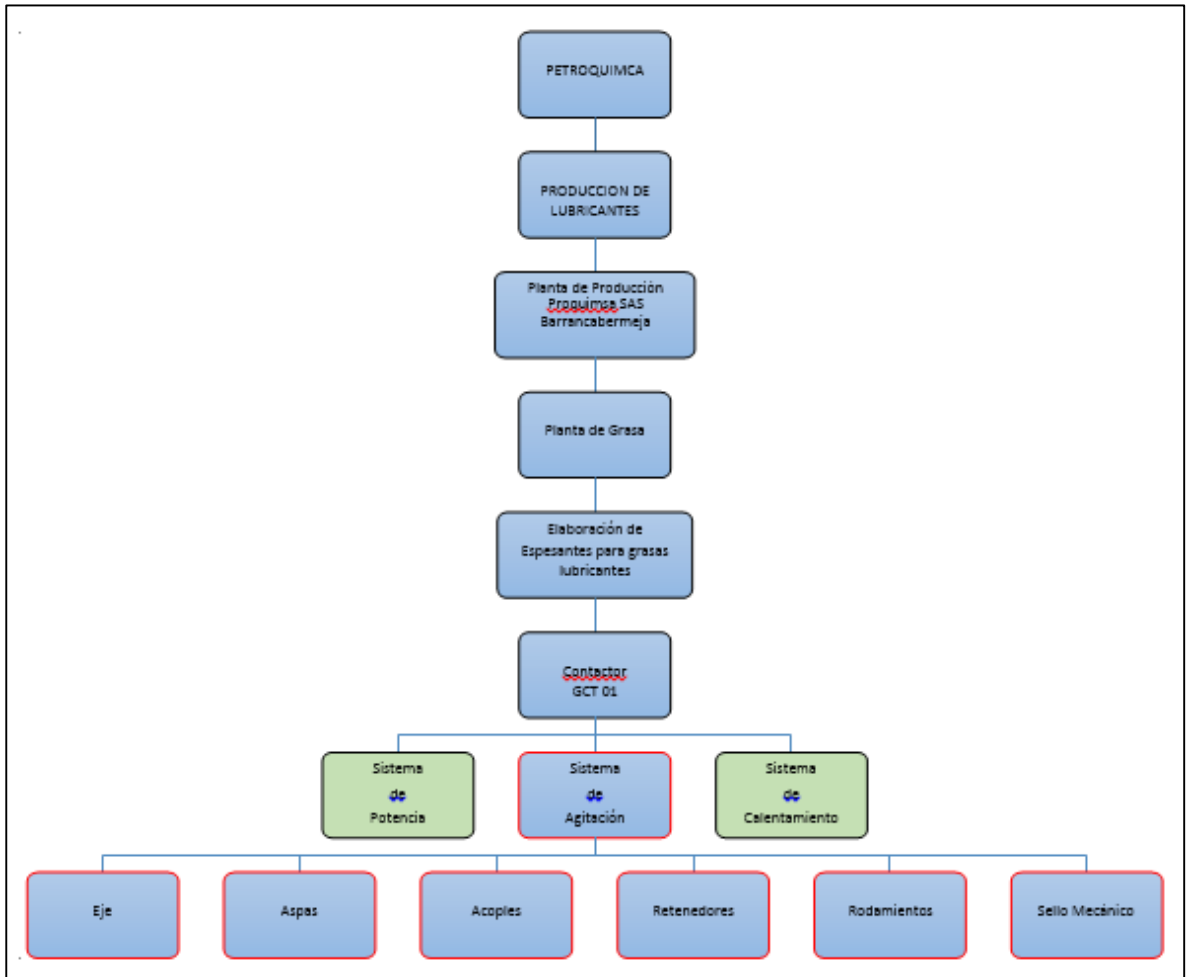


Tabla 6. Características técnicas del sistema de agitación GCT 01.

INTENCIÓN DE ANÁLISIS	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO
SISTEMA DE AGITACIÓN	1. Eje en acero 4340
	2. Tapa superior en HR
	3. Buje en bronce latón
	4. Porta rodamiento superior y porta sello mecánico en 1045

	5. Porta rodamiento inferior en HR. Ensambla con la torre.
	6. Tapa inferior porta retenedor en 1020
	7. Rodamiento cónico 32011
	8. Tuerca KM11 para rodamiento superior y arandela estriada
	9. Rodamiento cónico 32309
	10. Tuerca KM9 para rodamiento inferior y arandela estriada
	11. Retenedor 40 78 10 doble resorte
	12. Motor de 60 HP marca WEG
	13. Poleas en aluminio con una relación de 3:1
	14. Correas de arrastre ref. C118 (4 unidades)

Tabla 7. Condiciones operacionales del sistema de agitación GCT 01.

CONDICIONES OPERACIONALES
Velocidad de operación: 850 RPM.
Volumen en condiciones normales: 800 galones Max.
Presión de operación : 5 bares Max.
Viscosidad semifluido - liquido: < 600 cts. Aceite base lubricante de carácter parafínico o nafténico.
8 horas diarias (4 horas tarde - 4 horas en la mañana).
Ciclos de operación: Producción por lote.

Tabla 8. Condiciones ambientales del sistema de agitación GCT 01.

CONDICIONES AMBIENTALES
Sistema Cerrado
Bajo Techo
Humedad > 80% (Barrancabermeja)
Alta temperatura: < 120°C
Genera Vapores de H2O
Genera ruido en desfogue > 140 db

Definidas las características técnicas del sistema, condiciones operacionales, condiciones ambientales, se realiza la delimitación del estudio (fronteras) y las interfaces (entradas y salidas) de interacción con otros sistemas, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Fronteras e interfaces para el sistema de agitación GCT 01.

FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFASES (Entradas/Salidas)	Cód. Fun.	FUNCIONES
Desde polea transmisora de potencia, hasta las aspas de agitación.	Entrada: Potencia. Temperatura. Lubricación. Salida: RPM Temperatura.	F1	Suministrar agitación para homogenizar una mezcla de materia primas con una proporción > al 90 % de capacidad de agitación (729 rpm).

El análisis funcional del sistema de agitación GCT-01 posee las características mostradas en la tabla 10, y el análisis completo puede visualizarse en el Anexo D.

Tabla 10. Análisis funcional del sistema de agitación GCT 01.

Código Función.	Función	Código Falla Funcional	Descripción Falla Funcional	Código Modo de Falla	Modo de Falla	Descripción Efectos
F1	1. Suministrar agitación para homogenizar una mezcla de materia primas con una proporción > al 90 % de capacidad de agitación (729 rpm).	FF1	Nivel de agitación por debajo de nivel esperado (< 90%)	MF1	Fatiga en aspas de la ellice del agitador.	Se evidencia en el proceso carencia de homogenización de materias primas, taponamientos en la línea de salida del Contactor GCT-01 y bajo rendimiento del jabón en la etapa de dispersión. En el sistema la(s) Aspa(s) de la ellice desprendida(s) por fractura de soldadura. Se debe realizar soldadura de aspas o cambio de ellice costo aprox. \$ 430,000
F1	1. Suministrar agitación para homogenizar una mezcla de materia primas con una proporción > al 90 % de capacidad de agitación (729 rpm).	FF1	Nivel de agitación por debajo de nivel esperado (< 90%)	MF2	Rozamiento entre el eje y la tuerca de ajuste del portarodamiento inferior superior	Se evidencia en el proceso carencia de homogenización de materias primas, taponamientos en la línea de salida del Contactor GCT-01 y bajo rendimiento del jabón en la etapa de dispersión. En el sistema se presenta desgaste en el cuerpo del eje a la altura de la tuerca de ajuste, ruido anormal, temperaturas de operación > 120 °C y niveles de vibraciones por encima del estándar. Se debe verificar el ajuste de la tuerca de sujeción, en caso de avería en las piezas (tuerca, arandela y rodamientos) se debe realizar el al cambio de estas. costo aprox. \$ 150,000.

5.5.1.1 Métodos de detección.

Tabla 11. Métodos de detección.

No.	Anotación	Descripción
1	Mantenimiento preventivo	Avería descubierta durante el servicio preventivo, reemplazo o rehabilitación de un aparato al momento de ejecutar el programa de mantenimiento preventivo
2	Pruebas funcionales	Avería descubierta al activar una función programada y comparar la respuesta con un estándar predefinido
3	Inspección	Avería descubierta durante una inspección planeada, por ej. inspección visual, prueba no destructiva
4	Monitoreo periódico de condición	Averías reveladas durante el monitoreo de condición planeado y programado de un modo predefinido de averías, ya sea manual como automáticamente, por ejemplo, termografía, medición de vibraciones, análisis de petróleo, muestreo
5	Monitoreo continuo de condición	Averías detectadas durante el monitoreo continuo de condición de un modo predefinido de averías.
6	Mantenimiento correctivo	Avería observada durante el mantenimiento correctivo
7	Observación	Observación durante inspecciones rutinarias o casuales y no rutinarias realizadas por el operador principalmente con los sentidos (oído, olfato, humo, fuga, apariencia, indicadores locales)
8	Combinación	Uso de varios de los métodos arriba descritos. Si uno de los métodos es el predominante, este deberá ser codificado.
9	Interferencia con la producción	Avería descubierta debido a interrupción, reducción, etc. en la producción
10	Otros	Otros métodos de observación

5.5.1.2 Actividades ejecutas por mantenimiento.

Tabla 12. Actividades ejecutas por mantenimiento.

No.	Actividad	Descripción	Ejemplos	Uso ^a
1	Reemplazar	Reemplazo del aparato por uno nuevo, o repotenciado, del mismo tipo y marca	Reemplazo de un cojinete desgastado	C,P
2	Reparar	Acción de mantenimiento manual realizada para restaurar un aparato a su apariencia y estado originales	Volver a empacar, soldar, taponear, reconectar, rehacer, etc.	C
3	Modificar	Reemplazar, renovar o cambiar el aparato, o parte de él, con un aparato/parte de diferente tipo, marca, material o diseño	Instalar un filtro con un diámetro de malla más pequeño, reemplazar una bomba para aceite de lubricación con otro tipo de bomba, etc.	C

4	Ajustar	Hacer que alguna condición que está fuera de tolerancia se encuentre dentro del rango de tolerancia	Alinear, programar y reprogramar, calibrar, balancear	C
5	Reparar	Actividades de reparaciones/servicios menores para mejorar la apariencia interna y externa de un aparato	Pulir, limpiar, esmerilar, pintar, revestir, lubricar, cambiar aceite, etc.	C
6	Verificar ^b	La causa de una avería es investigada, pero no se realiza ninguna acción de mantenimiento, o se posterga la acción. Es posible que pueda funcionar nuevamente con acciones simples como, por ejemplo, reiniciar o reprogramar	Reiniciar, reprogramar, etc. particularmente para averías funcionales como por ejemplo en los detectores de incendios y gas	C
7	Dar servicio	Tareas periódicas de servicio. Normalmente no es necesario desmantelar el aparato	Por ejemplo, limpieza, reabastecimiento de insumos, ajustes y calibraciones	P
8	Probar	Pruebas periódicas de la disponibilidad de funciones	Prueba de funciones de la bomba contra incendios, detectores de gas, etc.	P
9	Inspeccionar	Inspecciones/verificaciones periódicas. Cuidadoso escrutinio de un aparato con o sin desmantelamiento, normalmente con el uso de los sentidos	Todos los tipos de verificaciones generales. El mantenimiento general se incluye como parte de tareas de inspección	P
10	Acondicionamiento	Acondicionamiento integral	Inspección/reacondicionamiento integral con desensamblaje y reemplazo de aparatos según se especifique o requiera	P(C)
11	Combinar	Se incluyen varias de las actividades arriba descritas	Si una actividad es la que domina, esta podría ser registrada	C,P
12	Otros	Actividad de mantenimiento que no sea la especificada anteriormente		C,P
^a C = usada típicamente en mantenimiento correctivo, P = usada típicamente en mantenimiento preventivo ^b 'Verificación' incluye aquellas circunstancias donde se reveló la causa, pero no se consideró necesario tomar una acción, y aquellas donde no se encontró una causa para la avería.				

5.5.1.3 Descripción de falla (Avería).

Tabla 13. Descripción de fallas (Averías).

No.	Anotación	Descripción
1.0	Avería mecánica – general	Avería relacionada con algún defecto mecánico, pero no se conocen los detalles
1.1	Fuga	Fugas externas e internas, ya sean líquidos o gases. Si el modo de avería en la unidad de equipo indica una fuga, se debe usar un descriptor de averías más orientado hacia las causas de las mismas, en la medida de lo posible.
1.2	Vibración	Vibración anormal. Si el modo de avería en la unidad de equipo indica vibración, se debe usar un descriptor de averías más orientado hacia las causas de las mismas, en la medida de lo posible

1.3	Avería por espacio libre/alineamiento	Avería causada por espacio libre o alineamiento deficientes
1.4	Deformación	Distorsión, dobladura, pandeo, abolladura, deformación, encogimiento, etc.
1.5	Aflojamiento	Desconexión, aparatos sueltos
1.6	Atascamiento	Atascamiento, agarrotamiento, atoramiento debido a otras razones que no sean deformación o averías por espacio libre o alineamiento deficientes
2.0	Averías materiales – general	Avería relacionada con un defecto material, pero no se conocen los detalles
2.1	Cavitación	Aplicable a equipos tales como bombas y válvulas
2.2	Corrosión	Todo tipo de corrosión, tanto húmeda (electroquímica) como seca (química)
2.3	Erosión	Desgaste erosivo
2.4	Desgaste	Desgaste abrasivo y adhesivo, por ejemplo, arañazos, ludimiento, arrastre, fisuración, etc.
2.5	Ruptura	Fractura, ruptura, rajadura
2.6	Fatiga	Si la causa de la ruptura es la fatiga, se debe usar este código
2.7	Sobrecalentamiento	Daño material debido a sobrecalentamiento/quemadura
2.8	Estallido	Estallido, voladura, explosión, implosión de aparato
3.0	Avería de instrumentos – general	Avería relacionada con la instrumentación, pero no se conocen los detalles
3.1	Avería por control	
3.2	Sin señal/indicación/alarma	Sin señal/indicación/alarma cuando se espera
3.3	Señal/indicación/alarma defectuosa	La señal/indicación/alarma no funciona correctamente en relación al proceso en curso. Puede ser indebida, intermitente, oscilante, arbitraria
3.4	Desajuste	Error de calibración, desviación del parámetro
3.5	Falla del software	Control/monitoreo/operación defectuosos o inexistentes
3.6	Avería en modo normal	Diversos aparatos con instrumentos fallan simultáneamente, por ejemplo, detectores de incendio y gas redundantes
4.0	Avería eléctrica – general	Averías relacionadas con el suministro y transmisión de energía eléctrica, pero no se conocen los detalles
4.1	Corto circuito	Corto circuito
4.2	Circuito abierto	Desconexión, interrupción, línea/cable roto
4.3	Sin energía/voltaje	Suministro de energía eléctrica faltante o insuficiente
4.4	Energía/voltaje defectuosos	Suministro de energía eléctrica defectuoso, por ej., sobrevoltaje
4.5	Falla en conexión a tierra/aislamiento	Falla en conexión a tierra, baja resistencia eléctrica

5.5.1.4 Causas de fallas (Avería)

Tabla 14. Causas de fallas (Averías).

No.	Anotación	Descripción
1.0	Causas relacionadas con el diseño – general	Avería relacionada con un diseño inadecuado para la operación y/o mantenimiento, pero no se conocen los detalles
1.1	Capacidad inadecuada	Capacidad/dimensión inadecuadas
1.2	Material inadecuado	Selección de material inadecuado
1.3	Diseño inadecuado	Diseño o configuración del equipo inadecuado (forma, tamaño, tecnología, configuración, operabilidad, mantenibilidad, etc.)

2.0	Causas relacionadas con la fabricación/instalación – general	Avería relacionada con la fabricación o instalación, pero no se conocen los detalles
2.1	Error de fabricación	Falla de fabricación o procesamiento
2.2	Error de instalación	Falla en instalación o ensamblaje (no se incluye ensamblaje después de mantenimiento)
3.0	Avería relacionada con la operación/mantenimiento – general	Avería relacionada con operación/uso o mantenimiento del equipo, pero no se conocen los detalles
3.1	Servicio fuera de diseño	Condiciones de servicio no diseñadas o no planeadas, por ejemplo, operación del compresor fuera de la envoltura, presión por encima de la especificación, etc.
3.2	Error operativo	Error, mal uso, negligencia, inadvertencia, etc. durante la operación
3.3	Error de mantenimiento	Confusión, error, negligencia, inadvertencia, etc. durante el mantenimiento
3.4	Desgaste esperado	Avería causada por el desgaste que resulta de la operación normal de la unidad de equipo
4.0	Avería relacionada con la administración – general	Avería relacionada con algún sistema administrativo, pero no se conocen los detalles
4.1	Error de documentación	Avería relacionada con procedimientos, especificaciones, dibujos, reportes, etc.
4.2	Error de administración	Avería relacionada con planeamiento, organización, control/certificación de calidad, etc.
5.0	Varios – general ^a	Causas que no caen dentro de ninguna de las categorías arriba descritas
5.1	Desconocido ^a	No hay información disponible con respecto a la causa de la avería
^a La persona a cargo de recoger los datos debe juzgar cuál es el descriptor más importante de existir más de uno, y tratar de evitar los códigos 5.0 y 5.1.		

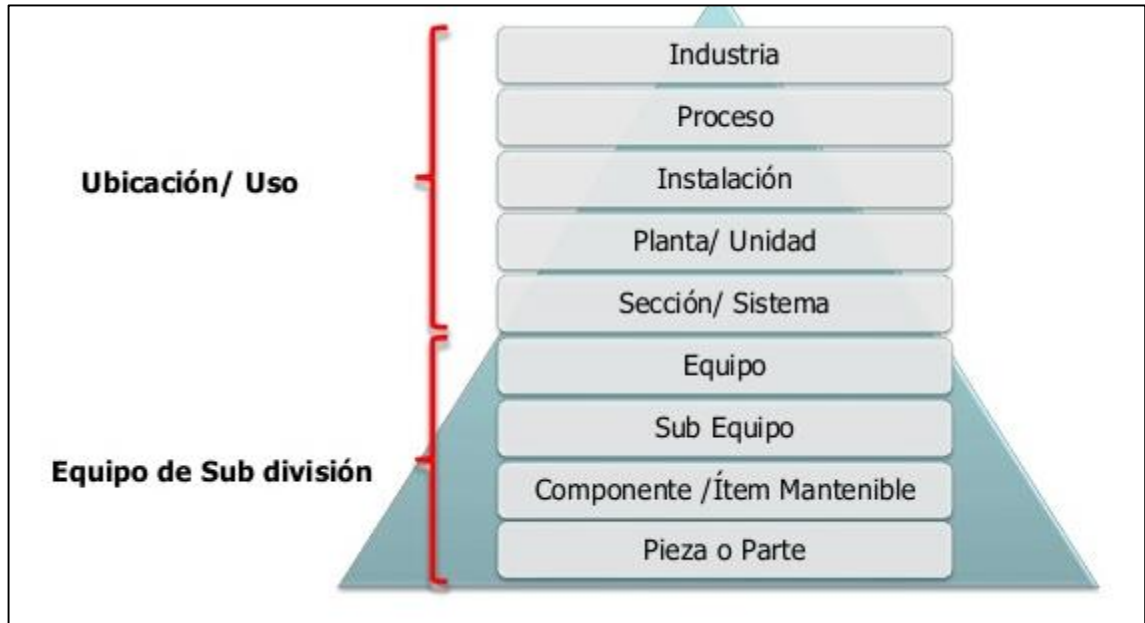
5.5.1.5 Jerarquización de los equipos y estructura de la información en el sistema de gestión de mantenimiento. La norma ISO 14224, proporciona una base amplia para la recolección de información en formato estándar para los equipos en todas las instalaciones y las operaciones dentro de las industrias de petróleo, gas natural y petroquímico, durante el ciclo de vida útil de los equipos.

Para tal adaptación los equipos o activos físicos de PROQUIMSA S.A.S. en su hoja de vida se debe incluir la información establecida de acuerdo con la figura 16.

Datos del equipo, la descripción de equipo se caracteriza por:

1. Datos de identificación, por ejemplo, ubicación del equipo, clasificación, datos de instalación, datos de la unidad de equipo.
2. Datos de diseño, por ejemplo, datos del fabricante, características de diseño.
3. Datos de aplicación, por ejemplo, operación, ambiente.

Figura 16. Modelo de jerarquización de los equipos.



Datos de averías, estos datos se caracterizan por:

1. Datos de identificación, registro de averías y ubicación del equipo.
2. Datos de la avería para fines de caracterización; por ejemplo, fecha de la avería, partes mantenible averiadas, clase de severidad, modo de avería, causa de la avería, método de observación.

Datos de mantenimiento, estos datos se caracterizan por:

1. Datos de identificación; por ejemplo, registro de mantenimiento, ubicación del equipo, registro de averías.
2. Datos de mantenimiento, parámetros del mantenimiento; por ejemplo, fecha en que se realizó el mantenimiento, categoría del mantenimiento, actividad de mantenimiento, aparatos a los que se realizó mantenimiento, horas-hombre de mantenimiento por disciplina, tiempo de mantenimiento activo, tiempo de inactividad.

El tipo de datos de averías y mantenimiento serán comunes para todas las clases de equipo, a excepción de aquellos casos donde se requerirán tipos específicos de datos. El mantenimiento correctivo realizado debe registrarse a fin de describir la acción correctiva que se realizará tras una avería. Se requieren registros de mantenimiento preventivo para mantener una historia completa de vida útil de una unidad de equipo.

Tabla 15. Parte de la hoja de vida de equipos (Anexo E).



		HOJA DE VIDA				
INDUSTRIA	PTR-PETROQUIMICA	REGISTRO FOTOGRAFICO				
PROCESO	PL-PRODUCCION DE LUBRICANTES					
INSTALACION	PQ BCA - BARRANCABERMEJA					
SECCION	P-PRODUCCION					
PLANTA	G-GRASAS					
SISTEMA	MEZCLADOR DE GRASAS					
IDENTIFICACION	GMX-05					
REG. CONTABLE	MAQy EQ 00					
INSTALADO	DESDE: 2016/06/13					
CARACTERISTICAS DE DISEÑO						
NOMBRE DEL FABRICANTE	JK METALMECANICAS	MODELO	NO CLASIFICA			
CAPACIDAD	7000 Kilos	OPERACION	MANUAL			
VELOCIDAD	Eje interno 4": 18 RPM en baja velocidad / 30 RPM en alta velocidad					
MTTO	Anual	INPS	Semestral	Eje externo 6": 18 RPM en normal velocidad		
SUB SISTEMAS						
SUB SISTEMA 1	A-05	AGITACION-1		REG. CONTABLE:		
COMPONENTES				PIEZAS MATENIBLES		
MOTOR	IDENTIFICACION: EMAC-05			EJE		
	ACCIONADOR DE: REDUCTOR			CUNERO		
	SALIDA REVOLUCION: 1760 RPM			ACOPLE		
	SALIDA POTENCIA: 30 HP			ARRANCADOR		
	ENTRADA VOLTAJE: 440 Voltios					
	ENTRADA AMPERAJE: 37,7 Amperios					
	TIPO: (AC) ELECTRICO CORRIENTE ALTERNA					
	COJINETE: DESLIZAMIENTO / RODADURA					
	MARCA: WEG		MODELO: W22			
	SERIAL: 30SET20151029912772					

Tabla 16. Parte del modelo de orden de trabajo. (ver Anexo F)


		ORDEN DE TRABAJO				NUMERO		
FECHA DE INTERVENCION	INICIO		FINAL		TIEMPO			
TIPO DE ACTIVO	MAQUINARIA		EQUIPO		INFRAESTRUCTUR			
ACTIVO	PLANTA		SECCION		SISTEMA		SUB-SISTEMA	
	COMPONENTE				CODIGO			
T.I - TIPO DE INTERVENCION	MTO AUTONOMO		2		EXISTE REPORTE DE FALLAS / AVERIA			
	PREVENTIVO PROGRAMADO		4		SI		NO	
	PREVENTIVO POR CONDICION		6		FECHA DE DETENCION			
	CORRECTIVO PROGRAMADO		8					
	CORRECTIVO URGENTE		10		NIVEL DE PRIORIDAD DE LA O.T = T.I *			
N.C - NIVEL DE CRITICIDA	NO CRITICO		2		BAJA	4 A 20	Atender: 3 A 5 DIAS	
	MEDIO CRITICO		5		MEDIA	30 A 50	Atender: 2 A 3 DIAS	
	CRITICO		10		ALTA	60 A 100	Atender: INMEDIATO	
REPORTAR FALLA / AVERIA, DILIGENCIE LO SIGUIENTE:								
METODO DE DETENCION		Como detecto la falla / averia:						
DESCRIBA LA FALLA / AVERIA								
IDENTIFIQUE MODO DE FALLA / AVERIA								
IMPACTO EN SISTEMA PRODUCTIVO		Nulo___ Parcial___ Total___ Otros___						
CLASE DE SEVERIDAD		Efecto en el funcionamiento de la unidad, CRITICA_____ NO						
PARTES MANTENIBLES AVERIADAS:								

Tabla 17. Taxonomía bombas según ISO 14224.

Clase de equipo		Tipo	
Descripción	Código	Descripción	Código
Bomba	PU	Centrífuga	CE
		Recíproca	RE
		Rotatoria	RO

Tabla 18. Taxonomía válvulas según ISO 14224.

Clase de equipo		Tipo	
Descripción	Código	Descripción	Código
Válvulas	VA	Bola	BA
		Compuerta	GA
		Globo	GL
		Tipo aleta	FL
		Mariposa	BP
		Macho	PG
		Orificio múltiple	MU
		Aguja	NE
		Check	CH
		Diafragma	DI
		Corredera	SL
		Disco excéntrico	ED
		Triple	WA
		Convencional PSV	SC
		Convencional PSV con fuelle	SB
		PSV operada con piloto	SP
PSV con alivio de vacío	SV		
Intermitente	SH		

Tabla 19. Taxonomía motores eléctricos según ISO 14224.

Clase de equipo		Tipo	
Descripción	Código	Descripción	Código
Motor eléctrico	EM	Corriente alterna	AC
		Corriente directa	DC

Tabla 20. Taxonomía compresores según ISO 14224.

Clase de equipo		Tipo	
Descripción	Código	Descripción	Código
Compresor	CO	Centrífugo	CE
		Recíproco	RE
		De hélice	SC
		Fuelle/ventilador	BL
		Axial	AX

Tabla 21. Taxonomía intercambiador de calor según ISO 14224.

Clase de equipo		Tipo	
Descripción	Código	Descripción	Código
Conmutador térmico	HE	Carcasa y tubo	ST
		Placa	PL
		Doble tubería	DP
		Bayoneta	BY
		Circuito impreso	CI
		Refrigerado por aire	AC

Tabla 22. Taxonomía sensores de proceso según ISO 14224.

Clase de equipo		Tipo	
Descripción	Código	Descripción	Código
Sensores del proceso	PS	Presión	PS
		Nivel	LS
		Temperatura	TS
		Flujo	FS
		Velocidad	SP
		Vibración	VI
		Desplazamiento	DI
		Analizador	AN
		Peso	WE

5.6 PLANEACIÓN OPERATIVA DEL MANTENIMIENTO.

5.6.1 Planeación y Programación del mantenimiento. La planeación en el contexto del mantenimiento de PROQUIMSA S.A.S., se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. Comprenden todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, lista de materiales, requisición de compra, disponibilidad del equipo y recurso humano.

Para la planeación del mantenimiento en PROQUIMSA S.A.S. se establece una relación documentada y establecida entre: Activos físicos, niveles de criticidad y periodos de intervención (inspecciones y mantenimientos). Dicha información se interrelaciona directamente con la disponibilidad de los equipos o de la solitud de los mismo para ser tenidos en cuenta en la planeación y programación de intervenciones. (Ver anexos G y H).

La planeación del mantenimiento contempla:

1. Análisis de la frecuencia de fallas de lapso de tiempo anterior al cual se realiza la planeación.
2. Calculo de criticidad de equipos y definición de frecuencia de mantenimiento basado en análisis de fallas, recomendación de los fabricantes y comportamiento del funcionamiento del activo.
3. Cargar información a sistema de información y control (cronograma de mantenimiento anual).
4. Clasificación y designación de las actividades.
5. Asignación y validación de recursos.
6. Entrega a programación.
7. Asignar el recurso humano, revisar y gestionar la documentación necesaria para la ejecución de actividad bajo lineamientos de SST y ambiental.
8. El horizonte de planeación es de mediano plazo (1 mes a 1 año).

La programación es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se asignan una secuencia para ser ejecutados en cierto punto del tiempo.

La programación del mantenimiento contempla:

1. Recepción de actividades mensuales de la planeación de mantenimiento.
2. Notificaciones a personal involucrado de los trabajos planeados.
3. Reunión con personal de operaciones, producción y mantenimiento para definir periodos y tiempos de ejecución.

4. Priorización de las Órdenes de Trabajo.
5. Trámites para aseguramiento de recursos necesarios para la ejecución de las órdenes de trabajo.
6. Formalizar y divulgar la programación de trabajos de mantenimiento.
7. Análisis de riesgos ambientales, SST, emisión de documentación reglamentaria para la ejecución de las órdenes de trabajo.
8. Reunión diaria equipo de trabajo, asignación de responsables de ejecución de Orden de trabajo.
9. Revisión y retroalimentación de actividades de mantenimiento para entrega a cliente interno y cierre de orden de trabajo. Se incluye los seguimientos necesarios y recomendaciones en caso de requerirse.
10. El horizonte de programación es de corto plazo (rutinas diarias y semanales dentro de 1 mes).

Prioridad de la orden de trabajo (PM 02 procedimiento para la planeación y gestión del mantenimiento de activos) en PROQUIMSA S.A.S., (ver Anexo I).

La prioridad de la orden de trabajo (OT) para una intervención está calculada de acuerdo a los parámetros mostrados en la tabla 23, con un máximo valor evaluado de 100.

Tabla 23. Parámetros de acuerdo al tipo de intervención.

TIPO DE INTERVENCION.	VALOR
Mantenimiento correctivo inmediato o urgente.	10
Mantenimiento correctivo diferido o programado / re trabajo	8
Mantenimiento preventivo sistemático o predeterminado.	6
Mantenimiento preventivo basado en la condición.	4
Conservación, limpieza, revisión y modificación.	2

El nivel de criticidad dado al impacto sobre el sistema productivo se establece como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Nivel de criticidad.

NIVEL DE CRITICIDAD	VALOR
Critico (Paro total del sistema)	10
Medio critico (Paro parcial del sistema)	5
No critico (No para el sistema)	2

Calculo:

$$\text{Prioridad de la (OT)} = \text{Nivel de criticidad} \times \text{tipo de intervenci3n.}$$

Figura 17. Matriz general de prioridad de la orden de trabajo.

Tipo de Intervenci3n \ Nivel de Criticidad	2	4	6	8	10
10	20	40	60	80	100
5	10	20	30	40	50
2	4	8	12	16	20

NIVEL DE PRIORIDAD DE LA O.T = T.I * N.C		
BAJA	4 A 20	Atender: 3 A 5 DIAS
MEDIA	30 A 50	Atender: 2 A 3 DIAS
ALTA	60 A 100	Atender: INMEDIATO

5.6.2 Gestión del mantenimiento designado al contratista. La gestión del mantenimiento designado al contratista debe catalogarse para la modalidad de beneficio mutuo, y estableciendo al contratista como actor estratégico en el alcance de objetivos y políticas del área de mantenimiento.

Para la asignación de mantenimiento a contratistas en PROQUIMSA S.A.S. se establecen 3 tipos de contratos:

5.6.2.1 Contrato, Tiempo y materiales. El contratista cobra por los trabajos que se asignan. Factura en función del tiempo de trabajo, más los materiales que utiliza. La compañía no adquiere ningún compromiso estable con el contratista: sólo paga cuando requiere de sus servicios.

Es el tipo de contrato ideal cuando no se disponen de los conocimientos técnicos necesarios para abordar la Operación y el Mantenimiento de la planta, y no se desea tener una plantilla propia altamente especializada, de alto coste y con poca flexibilidad.

La ventaja de este tipo de contrato es que no hay compromisos, por lo que, si no se solicitan los servicios, no se origina ningún gasto.

La desventaja, los intereses del contratista. Cuantas más averías y problemas tengan la planta, más factura el contratista. Éste no tiene ninguna motivación para proponer mejoras, para hacer reparaciones fiables, para plantear el objetivo cero averías, pues podrían acabar con una parte importante de su facturación.

5.6.2.2 Contratos, a precio cerrado. Por un precio determinado y fijo se incluyen una serie de trabajos, unas veces bien determinados y otras veces sin determinar con exactitud. Es el caso de contratos en el que se incluye el mantenimiento preventivo de un sistema o de una instalación junto con todo el mantenimiento correctivo que pueda surgir.

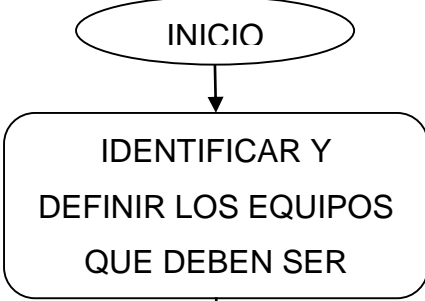
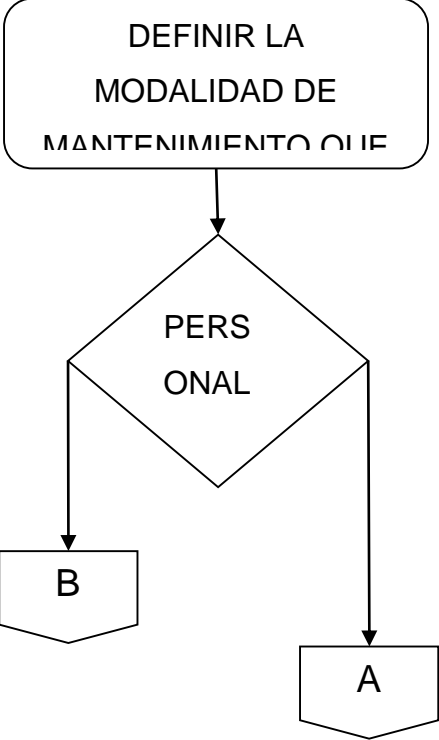
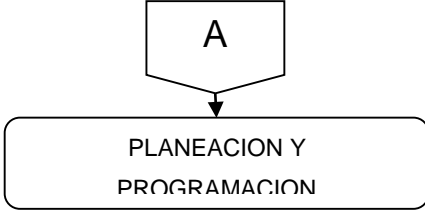
La ventaja se conoce previamente el importe a pagar, por lo que la empresa transforma un gasto variable y desconocido en un coste fijo, perfectamente determinado.

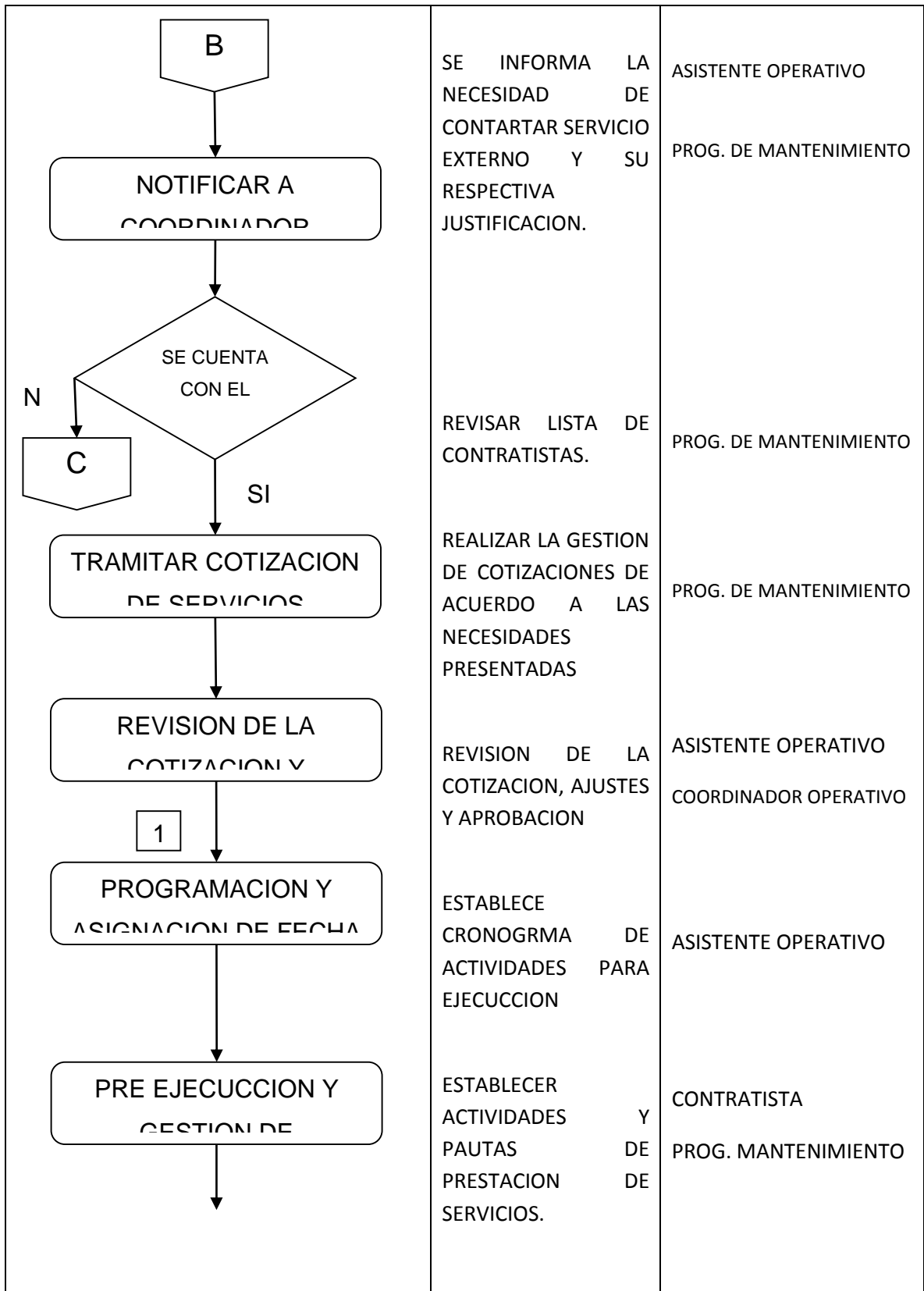
La desventaja es que el contratista sólo mira su interés: no se preocupa por el coste de la pérdida de producción (no afecta a su facturación), y hace reparaciones fiables para un periodo corto de tiempo.

5.6.2.3 Contratos Full Mantenimiento. Son los contratos en los que toda la responsabilidad en la explotación técnica de la planta corresponde al contratista, reservándose la empresa únicamente la explotación comercial.

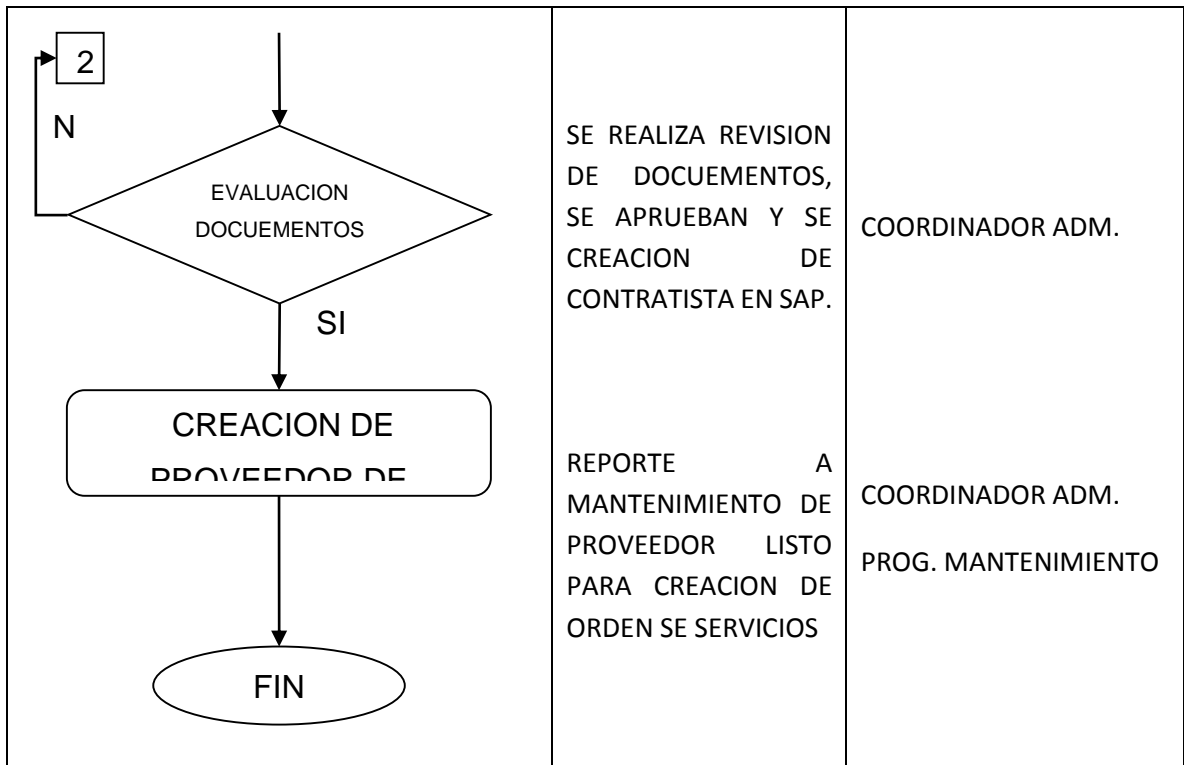
Suelen ser contratos tipo win-to-win, es decir, tratan de ligar los resultados de contratista y cliente, de manera que, si el cliente pierde dinero, el contratista también, y si por el contrario el cliente gana dinero, el contratista también lo hace.

Tabla 25. Flujoograma de actividades de mantenimiento designadas al contratista.

FLUJOGRAMA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
 <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> IDENTIFICAR[IDENTIFICAR Y DEFINIR LOS EQUIPOS QUE DEBEN SER] </pre>	<p>SE REALIZA LA REVISION DE LA PLANEACION DE MANTENIMIENTO, CRITICIDAD E HISTORIAL DE FALLAS PARA LA DEFINIR LOS EQUIPOS A MANTENIMIENTO</p>	<p>ASISTENTE OPERATIVO PROG. DE MANTENIMIENTO</p>
 <pre> graph TD DEFINIR[DEFINIR LA MODALIDAD DE MANTENIMIENTO QUE] --> PERSONAL{PERSONAL} PERSONAL --> B{{B}} PERSONAL --> A{{A}} </pre>	<p>DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DE LA PLANTA SE ESTABLECEN PRIORIDADES, Y SE DETERMINA LA EJECUCION DE MANTENIMIENTO BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL GRUPO DE MANTENIMIENTO O BAJO ASIGNACION DE RESPONSABILIDAD EXTERNA.</p>	<p>COORDINADOR OPERATIVO ASISTENTE OPERATIVO PROG. DE MANTENIMIENTO</p>
 <pre> graph TD A{{A}} --> PLANEACION[PLANEACION Y PROGRAMACION] </pre>	<p>SE REALIZA LA REVISION DE LA PLANEACION Y PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO.</p>	<p>ASISTENTE OPERATIVO PROG. DE MANTENIMIENTO</p>



<pre> graph TD Start(()) --> A[EJECUCION Y SEGUIMIENTO DE LA] A --> B{SER} B -- SI --> C[CIERRE DE SEGUIMIENTO A] B -- N --> D[1] D --> B C --> E((FIN)) </pre>	<p>INICIAN ACTIVIDADES DE ACUERDO A CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL CONTRATISTA SEGUIMIENTO.</p> <p>EVALUACION DE LA PRESTACION DE SERVICIOS.</p> <p>EVALUACION EN SEGUIMIENTO Y CIERRE DE ACUERDO A LAS POLITICAS Y PROCEDIMIENTO DE SST Y AMB.</p>	<p>PROG. MANTENIMIENTO</p> <p>ASISTENTE OPERATIVO PROG. MANTENIMIENTO</p> <p>ASISTENTE OPERATIVO PROG. MANTENIMIENTO</p>
<pre> graph TD A{{C}} --> B[2] B --> C[SOLICITUD DE DOCUMENTACION] C --> D(()) </pre>	<p>TRAMITAR ANTE EL DEPARTAMENTO DE COMPRAS EL ESTUDIO DE INGRESO DE NUEVO CONTRATISTA PARA SERVICIOS.</p>	<p>ASISTENTE OPERTIVO PROG. MANTENIMIENTO COORDINADOR ADM</p>



A continuación, se listan los pasos a seguir para llevar a cabo la adquisición de un servicio en PROQUIMSA S.A.S.:

1. Generar la necesidad del servicio (el cliente interno evidencia la necesidad de servicio en su área).
2. El cliente interno antes de solicitar la cotización al proveedor en caso de un proyecto nuevo debe verificar que se ha realizado el análisis de viabilidad ambiental y SST al servicio a contratar o el diligenciamiento del formato de gestión del cambio, según aplique.
3. Al momento de solicitar la cotización el cliente interno debe suministrar el manual de contratistas en su última versión al contratista, de obligatorio cumplimiento para la adecuada prestación del servicio, al proveedor para que este tenga en cuenta los requisitos a cumplir y le sean comunicados a los

trabajadores que ingresarán a la Empresa a prestar el servicio garantizando su entendimiento y cumplimiento a cabalidad.

4. Recibir propuesta de trabajo.
5. Evaluar las propuestas y elegir la más favorable para la Empresa.
6. Generar la orden de compra o el contrato.
7. Impartir inducción al contratista y sus trabajadores por parte del Facilitador de Sistemas de Gestión y dejar constancia de su entendimiento y cumplimiento a cabalidad.
8. Registrar la apertura del trabajo en el formato de Seguimiento a contratistas y proveedores "R C 18" (ver anexo 10), cada vez que el cliente interno realice el respectivo seguimiento. En caso que el contratista intervenga varias áreas de la Empresa, cada cliente interno responsable de su área debe evaluar el desempeño del contratista y esta información debe registrarse en el respectivo formato.
9. El cliente interno es responsable de almacenar las evidencias del seguimiento a contratistas y proveedores en una carpeta con el nombre del contratista.
10. El cliente interno debe informar cada semana a los facilitadores de sistemas de gestión si se ha contratado un servicio para coordinar el cronograma para acompañar la apertura, seguimiento y cierre del servicio.
11. Iniciar los trabajos.
12. Llevar a cabo las visitas de verificación por parte del cliente interno a la ejecución del trabajo y registrar el resultado en el formato de Seguimiento a contratistas y proveedores "R C 18".
13. Evaluar el desempeño del contratista y emitir el concepto técnico.
14. Aprobar la finalización del trabajo a satisfacción en el formato de Seguimiento a contratistas y proveedores "R C 18" y entregarla a compras para continuar con el proceso.

15. Las propuestas se deben presentar por escrito, en la forma y oportunidad que se indique. En estos documentos se debe indicar de forma clara y precisa las condiciones para su evaluación y aceptación.
16. Las fallas, incumplimientos y No Conformidades de un Contratista imputables a PROQUIMSA SAS, o derivadas de situaciones de fuerza mayor o caso fortuito, NO deben ser considerados en la Evaluación de Desempeño del Contratista.
17. Las visitas de verificación in situ realizadas al proveedor o contratista por el cliente interno de PROQUIMSA SAS, con el objeto de evaluar el cumplimiento de las obligaciones contractuales, en especial en aspectos relacionados con calidad, ambiental y SST, capacidad técnica y operativa; al inicio, durante y al final del periodo en el que se esté prestando el servicio y su periodicidad está definida para cada servicio.

5.6.3 Suministro y control del inventario de repuestos para la gestión del mantenimiento. Para el funcionamiento ideal del sistema de mantenimiento se estipula que la planeación y el control apropiado de los repuestos es un componente crítico de un programa eficaz en la gestión de mantenimiento de activos.

Si las piezas requeridas no están al alcance cuando se establece un mantenimiento los tiempos muertos se prolonga afectándose indicadores de intervención, siendo perjudicial para el desempeño del área.

Estrategia:

Adoptar el esquema de clasificación ABC para los repuestos en el área de mantenimiento, enfocando en el costo así:

- Ítem categoría A: representan el 20% del stock de repuestos y el 80% del valor total del inventario.

- Ítem categoría B: representan el 30% del stock de repuestos y el 15% del valor total del inventario.
- Ítem categoría C: representan el 50% del stock de repuestos y el 5% del costo total del inventario.

Mediante el control de los artículos clasificados para categoría A y B representan el 50% de los repuestos, pero el control total del 95% del costo del inventario en general.

Para optimizar los costos de repuestos en inventarios es necesario:

1. Idealizar la estandarización de equipos en planta de forma apropiada.
2. Establecer proveedores estratégicos fomentando los beneficios gana - gana, teniendo en cuenta, tiempos de entrega, disponibilidad de servicios, competitividad de precios y la fidelización de la compañía hacia el proveedor que cumpla con lineamientos y políticas establecidas.
3. Reducir las piezas y repuestos innecesarios u obsoletos.
4. Controlar de piezas y repuestos desaparecidas.
5. Mantener disponibles repuestos en excesos incensarios.

Adoptar el esquema de clasificación CA, CB, CC para los repuestos en el área de mantenimiento, enfocando su criticidad así:

- Ítem CA, alta criticidad: Son absolutamente esenciales para la operación del equipo.
- Ítem CB, moderada criticidad: Son aquellos que podrían tener un impacto leve o moderado negativamente en la operatividad del equipo si no se tienen disponibles.
- Ítem CC, baja criticidad: Son aquellos que no son esenciales para la operatividad del equipo.

Tabla 26. Estrategia de clasificación para abastecimiento de repuesto en la gestión de mantenimiento.


COSTO	CRITICIDAD		
	C _A	C _B	C _C
A	1	1	2
B	1	2	2
C	2	3	3

Estrategia de abastecimiento:

1. Mantener repuestos basados en el promedio de consumo cuando se conoce el comportamiento de falla del equipo. Inicialmente se puede hacer un estimado mediante una estimación analítica. Al ser consumido el repuesto existente se debe abastecer de forma inmediata su remplazo.
2. Realizar el estimado de abastecimiento bajo el modelo EOQ (modelo económico) y mantener stock de seguridad estipulado por política propia de la compañía.
3. Solo para aquellos repuestos que pueden ser almacenados en un tiempo prolongado y donde las partes no están disponibles en el mercado. También puede usarse el modelo EOQ.

De acuerdo a los roles de responsabilidades designadas dentro del presente modelo de gestión los cargos de mecánicos, programador de mantenimiento y asistente operativos establecen el formato que a continuación de muestra en la tabla 27 con el fin de concretar la estrategia de control y seguimiento a los repuestos en el área de mantenimiento, para una visión más detallada, consultar el Anexo K.

Tabla 27. Formato para control y abastecimiento de repuestos.

			REPUESTOS EN MANTENIMIENTO								
LISTA DE RESPUESTO E INSUMOS			CLASIFICACION POR COSTO			CLASIFICACION POR CRITICIDAD			ESTRATEGIA DE ABASTECIMIENTO		
REFERENC	DESCRIPCION	COSTO	A	B	C	CA	CB	Cc	1	2	3

5.7 DESEMPEÑO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

El sistema de mantenimiento actual de PROQUIMSA S.A.S. cuenta con medición del desempeño con la implementación del indicador de costos por mantenimiento correctivo y el seguimiento oportuno en la atención de fallas.

5.7.1 Indicadores de gestión. Se basan en la idea de que no se puede administrar lo que no se puede controlar, no se puede controlar lo que no se puede medir, no se puede medir sin un objetivo y sin un objetivo no se poder mejorar.

Metodología:

1. Tomar los datos de fecha, día y hora de los distintos eventos.
2. Clasificar los eventos:
 - Preparación de la máquina para intervención (estado: no disponible).
 - Inicio de actividad de intervención en el activo (estado: no disponible).
 - Final actividad de intervención en el activo (estado: no disponible).
 - Inicio operación del equipo (estado disponible).
 - Equipo en operación (estado: disponible).

- Equipo en falla (estado: no disponible).
3. Realizar el ingreso de la información de acuerdo a lo solicitado en el formato (ver anexo L).

5.7.1.1 Seguimiento al MTBF (Mean Time Between Failure) o tiempo medio entre fallas en horas. Registra el tiempo operacional del equipo entre una falla y otra.

Es un método utilizado para predecir el tiempo porcentual en el cual el equipo es productivo. También es el primer paso para determinar los componentes que son más propensos a fallar, permitiendo almacenar las partes de reemplazo apropiadas, y al encargado de mantenimiento concentrarse en áreas puntuales para mejorar su eficacia.

Calculado sumando los tiempos totales en operación del activo sobre el número de fallas presentadas en un lapso de tiempo determinado.

Interpretación: A mayor valor de MTBF, mayor es la asignación de confiabilidad del activo.

5.7.1.2 Seguimiento al MTTR (Mean Time To Repair) o tiempo medio de reparación. Indica el tiempo promedio de reparación de los equipos expresados en términos de horas.

Todas las actividades de mantenimiento implican un tiempo para ejecución, ya sean actividades planeadas o no contribuyen a la a la duración de parada del activo. Es un indicador que cuantifica el tiempo de todas las reparaciones, que tan lentas o no son las reparaciones.

Calculado sumando los tiempos totales en reparación del activo sobre el número de fallas presentadas en un lapso de tiempo determinado.

Interpretación: A menor valor de MTTR, mayor es la asignación de eficiencia en mantenibilidad del activo.

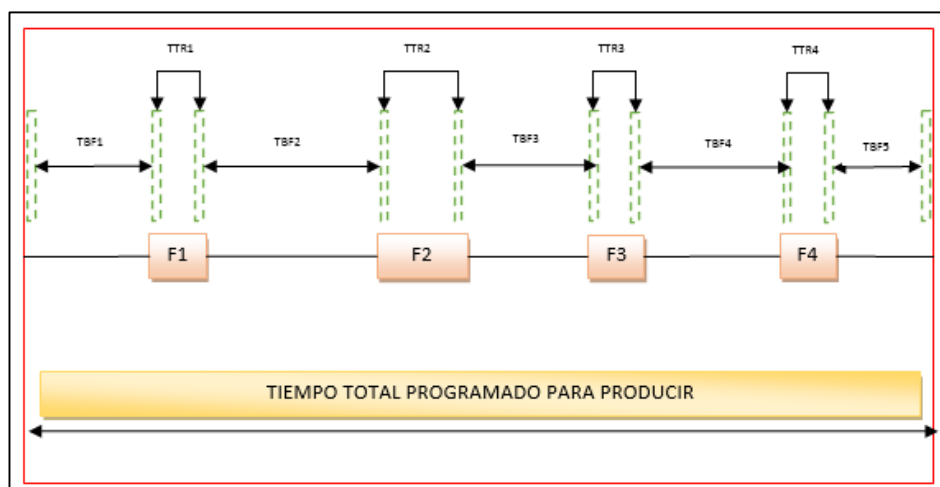
La relación del MTBF y MTTR es conocido como DISPONIBILIDAD DEL ACTIVO, esta relación es un indicador expresado porcentualmente:

$$DISPONIBILIDAD = (MTBF / (MTBF + MTTR)) * 100$$

La disponibilidad para el tiempo de trabajo programado se alinea con objetivos establecidos en el cuadro de mando integral y está directamente relacionado con la eficiencia de los procesos.

Los indicadores sirven para motivar al personal, para enfocar la mejora, para evaluar el desempeño y para informar cómo se ubica el área frente a los objetivos que se plantean en el proceso.

Figura 18. Ciclo MTBF - MTTR.



5.8 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La socialización para implementación del sistema de gestión de mantenimiento debe realizarse de forma progresiva, con el fin de evitar que la cultura actual del área se vea debilitada al nivel de empoderamiento de la filosofía, de las directrices presentadas por medio de cada metodología u estrategia, del interés y forma de trabajar de cada uno de los actores involucrados en el sistema.

De igual forma se debe tener presente que se puede presentar ajustes a raíz de ideas empíricas provenientes de cada nivel jerárquico comprometido con el desempeño del área, por lo cual se presentan una serie de actividades básicas a corto, mediano y largo plazo para adaptación de la propuesta de modelo realizado:

A corto plazo (Inferior a 12 meses):

1. Socializar el diagnóstico del sistema actual de gestión de mantenimiento resaltando el interés y la importancia de estructurar cada una de las funciones del área, recordando los objetivos y la función principal del proceso dentro de la compañía.
2. Reconocer la importancia, ante todo, de cada uno de los roles, responsabilidades, funciones y experticia del recurso humano actual, teniendo presente el punto de vista de cada uno después de haber conocido el diagnóstico del área.
3. Presentar cada una de las estrategias, modelos o serie de actividades abarcadas en el presente modelo de gestión con el fin explicar la importancia de su implementación y los beneficios.
4. Establecer con previa autorización del representante de la compañía los tiempos dedicados a capacitación técnica sobre cada uno de los temas abarcados.

5. Realizar comparativos de los formatos propuestos, con los existentes valorando el tipo de información y la utilización de la misma para beneficio del sistema de gestión.
6. Revisar los procedimientos actuales y definir prioridades de actualización, de acuerdo a las directrices gerenciales plasmadas en el presente trabajo y lo sugerido en manuales de operación y mantenimiento.
7. Contemplar las áreas físicas de trabajo, su organización, su estructura definiéndose de forma clara cuales son objeto de intervención prioritaria, enfocando la seguridad y salud en el trabajo, y los respectivos lineamientos ambientales de la estructura empresarial.
8. Establecer jornadas de orden y aseo por áreas específicas, realizando una clasificación de herramientas, repuestos, insumos teniendo presente su costo y criticidad para el manejo de recursos en la compañía. Implementación de las 5 S's (1, 2 y 3)
9. Revisar el formato de planeación y programación del mantenimiento, su funcionalidad y objeto de control específico del tiempo.
10. Socializar las funciones, responsabilidades, y cuadros relacionados con la gestión del mantenimiento e información para ser usada dentro de la retroalimentación de informes de ejecución de actividades.
11. Iniciar proceso de actualización documental y ajustes necesarios.
12. Evidenciar los primeros reportes de fallas con una estructura congruente, entendible y ante todo que suministre información veraz.
13. Concretar el pool de los proveedores estratégicos para la compañía desde el área de mantenimiento, prestación de servicios, suministros de herramientas e insumos. Con cada uno de ellos concretar reuniones donde se establezcan los beneficios gana-gana de ser aliados estratégicos.
14. Inicia proceso de adaptación de mantenimiento autónomo para mecánicos y operadores de planta.
15. Normalización de procedimientos y estandarización de tiempos en la ejecución de tareas programadas.

Tabla 28. Modelo de gestión autónoma.

Pasos	Mantenimiento Autónomo	Habilidad Adquirida
0	Seiri: Desalojar. Seiton: Clasificar. Seiso: Limpieza. Seiketsu: Estandarizar. Shitsuke: Disciplina.	Habilidad 1. Descubrir anomalías mejorando el equipo y su entorno.
1	Limpieza como inspección.	
2	Eliminar focos y áreas de difícil acceso.	
3	Estándares de limpieza y lubricación.	
4	Inspección general de equipos	Habilidad 2. Conocer las funciones y la estructura del equipo.
5	Inspección general del proceso	Habilidad 3. Conocer con precisión las funciones del equipo y relacionarlo con la calidad del producto.
6	Sistematizar el mantenimiento	
7	Autogestión	Habilidad 4 Gestionar autónomamente todos los aspectos de su línea de producción.

A Largo plazo (Inferior a 24 meses):

1. Revisar la información y documentación para consolidar y utilizar como herramienta en la toma de decisiones.
2. Continuar con capacitación de personal evidenciando las brechas y falencias en las actividades por cargo.
3. Socializar los objetivos alcanzados y los beneficios obtenidos por el adecuado desarrollo de actividades, cumplimiento de directrices, y el manejo de documentación e información.
4. Adaptación del personal operativo mínimo en un 60% identificando funciones y fallas funcionales.

5. Orden y aseo para la clasificación total de repuestos e insumos necesarios en el área.
6. Incentivar a la reducción de costo y la importancia del aporte de cada colaborador desde su cargo.
7. Calificar el almacén de repuestos.
8. Implementación de las 5 S's (4 y 5).
9. Evaluar el comportamiento de los proveedores estratégicos en el último periodo de 6 meses, desde el área de mantenimiento. Tener presente los lineamientos propios del área de compra, SST y ambiental.
10. Con la información de fallas funcionales y modos de fallas realizar el RCM de los equipos críticos para la compañía. Tener presente el modelo básico presentado y completar la metodología.
11. La metodología básica de mantenimiento autónomo debe estar adaptada por mecánicos y operadores de planta.
12. Monitoreo de los datos obtenidos para cálculo de mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad (MTBF - MTTR).
13. Publicar los logros alcanzados en las distintas fases de implantación, utilizar cartelera y socializar a todo el grupo operativo.
14. Realizar los primeros reconocimientos personales y públicos a los colaboradores que demuestran desempeño superior al esperado, a los colaboradores que desde su cargo proponen y desarrollan métodos para apoyar la reducción de costos, el orden y el aseo del área.
15. Evaluar al talento humano desde el punto de vista de control y manejo del tiempo, cumplimiento de expectativas en la retroalimentación de la información, y manejo de la documentación.

9. CONCLUSIONES

A lo largo de la presente monografía se logró enriquecer técnicamente la estructura de un sistema de gestión en mantenimiento basados en las distintas metodologías y filosofías enfocadas en la preservación del ciclo de vida de los activos. El modelo de estructura alcanzado resume en distintas estrategias y modelos propuestos relacionando el recurso humano, el análisis de las funciones de los activos, los modos de fallas y consecuencia de falla de los mismos, criticidad, gestión de inventarios en el área de mantenimiento, desempeño del proceso y adaptaciones de información brindada por la Norma ISO 14224, también se incluye la relación mancomunada entre los distintos actores de mantenimiento, producción y los equipos.

Evaluamos las similitudes entre la estructura de mantenimiento basado en modelo RCM y TPM, extrayéndose las directrices técnicas para modelar un sistema de gestión de mantenimiento para la empresa PROQUIMSA SAS.

Realizamos en un 100% el diagnostico actual del sistema de gestión de mantenimiento de la compañía PROQUIMSA SAS, estableciéndose de forma resumida las distintas fortalezas, amenazas, oportunidades y debilidades que se tienen en comparación a los sistemas de mantenimiento de clase mundial.

Actualizamos en 80% de forma técnica la estructura taxonómica de los activos físicos de la compañía PROQUIMSA SAS basados en los lineamientos estandarizados por la norma ISO 14224, permitiendo presentar un modelo de estructura jerárquica y codificada evidenciada en las hojas de vida, planeación del

mantenimiento, ordenes de trabajo y otros documentos presentados como estándar específico para la compañía.

Planteamos metodología dirigida a la asignación de funciones, actividades, roles y el desarrollo del recurso humano dentro de la misma jerarquía de cargos en el sistema de gestión de mantenimiento.

Adaptamos el modelo de clasificación de los repuestos bajo la relación criticidad y costo de los mismos, recomendamos estrategias para el abastecimiento de los repuestos en el área de mantenimiento.

Entendimos la importancia y los intereses que persigue cada actor que conforman el triángulo mantenimiento, producción y equipos.

Identificamos dos seguimientos importantes y la relación de estos, para evaluación del desempeño del área de mantenimiento, enfocados en la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de los activos físicos.

Diseñamos los formatos para hoja de vida, orden de trabajo, planeación, programación de mantenimiento, teniendo presente la importancia del manejo de la información dirigida al control y desempeño del área de mantenimiento, tomando como guía las descripciones estipuladas en la norma ISO 14224.

Ejecutamos de forma básica (1) ejemplo del análisis de funciones y modos de fallas de dicha función en el equipo crítico Contactador GCT-01, siendo este ejemplo al 50% de la metodología de mantenimiento RCM y que permite tener una proyección mayor a 5 años para evolucionar a un sistema de gestión en mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Establecimos distintas metodologías que representan directrices gerenciales importantes un sistema de gestión del mantenimiento.

10. RECOMENDACIONES

El análisis resultado del diagnóstico realizado visualiza las acciones de mejoras en el cual nos proporciona información de cada uno de los aspectos necesarios de impulsar o cambiar para beneficio del área de mantenimiento.

Apoyo total en las etapas de entrenamiento y capacitaciones relacionadas con las herramientas técnicas de TPM, mantenimiento autónomo y RCM.

Considerar RCM como el siguiente nivel de evolución de sistema de gestión de mantenimiento en la compañía, apoyados en herramientas predictivas como termografía y vibraciones.

Entablar con el contratista de servicios y/o suministros una relación donde, el contratista se apodere de los lineamientos y políticas de la compañía.

De acuerdo a los resultados de la evaluación de criticidad de los equipos, iniciar el proceso de gestión de repuestos de los mismos.

Gestionar la asignación, adecuación y dotación de los talleres de mantenimiento.

Dentro de las inversiones determinar un presupuesto para adquisición de equipos que faciliten la emisión de diagnósticos basados en técnicas predictivas.

BIBLIOGRAFÍA

ALBARRACÍN AGUILLÓN, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación. Tomo I. Quinta Edición. Medellín: El Autor, 2015.

BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento: material docente. Bucaramanga, 2013. 281 p.

CONSTANTE PATERNINA, Juan Carlos. Evaluación de la gestión de mantenimiento de la estación de bombeo Rubiales en base a las diez mejores prácticas que sustentan el mantenimiento de clase mundial. Monografía de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Bucaramanga, 2017.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Petróleo y sus derivados. Grasas lubricantes para uso automotor. NTC 1731. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008. p. 2.

_____. Petróleo y sus derivados. Bases lubricantes. NTC 1840. Bogotá D.C.: El Instituto, 2017. p. 3.

PIANETA SAAVEDRA, Oscar. Plan de negocio de la línea de productos Nurex en PROQUIMSA S.A.S. Tesis Magíster en Gerencia de Negocios. Bucaramanga:

Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Bucaramanga, 2016. p. 15.

PROQUIMSA S.A.S. Guía de procesos industriales. Barrancabermeja: La Compañía, 2016.

_____. [sitio web]. Perfil Institucional. Barrancabermeja: La compañía. [Consultado el: 08 de junio de 2017]. Disponible en: <http://proquimsa.co/nuevo/index.php/nosotros>

SILVA, Pedro; ORREGO, Juan y QUINTERO, Tulio. Excelencia del Mantenimiento en Colombia. Mantenimiento en Latinoamérica. [En línea]. 2014, vol. 6, nro. 3, pp. 6-12. ISSN 2357-6840. [Consultado el: 20 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.mantenimientoenlatinoamerica.com/pdf/ML%20Volumen%206-3.pdf>