

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN
CRITICIDAD Y ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS EN LA
EMPRESA ASETPOR LTDA.**

**TATIANA MARGARITA CERVANTES GALLEGO
JEAN CARLOS MERCADO SILVA**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTA MARTA
2007**

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN
CRITICIDAD Y ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS EN LA
EMPRESA ASETPOR LTDA.**

**TATIANA MARGARITA CERVANTES GALLEGO
JEAN CARLOS MERCADO SILVA**

**Presentación de Proyecto de Memoria de Grado, requisito previo para optar
al título como INGENIERO INDUSTRIAL**

**Director Del Proyecto
Ing. NÉSTOR CAICEDO
Ingeniero Industrial-Especialista en Diseño y Control de la Calidad**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTA MARTA
2007**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santa Marta, 23 de febrero de 2007

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a la memoria de mi abuelo Samuel, un hombre luchador y de gran carácter a quien la muerte le arrebató la oportunidad de ver satisfechas las aspiraciones de su primera nieta.

A mi abuelita Dilia, mi otra madre, un buen ejemplo a seguir, de lucha, tenacidad y esfuerzo.

A mi padre, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida. Por estar siempre ahí dándome fuerzas y optimismo.

A mi madre, el ser que más amo en este mundo, la persona más tierna, un ángel de luz que siempre me ha brindado amor y me ha enseñado a ser mejor persona.

A mi tía mima, un gran ejemplo de todo un profesional y de inteligencia.

A Melissa mi primera amiga en la U, de quien he aprendido muchas cosas, compañera de carrera, en quien siempre he encontrado apoyo.

A Jelibeth, Jannina y Fabián mis amigos los cuales siempre estuvieron presentes.

A mis hermanos, a quienes quiero mucho y en general a toda mi familia.

Al señor Hugo Suárez y a su familia, quienes me han brindado calor de hogar en los momentos en que he estado alejada de mis familiares.

TATIANA

DEDICATORIAS

Dedico a mis padres Juan Carlos Mercado Gutiérrez y Magalis Silva Robles, los cuales con mucho cariño, esfuerzo y fervor lucharon por apoyarme en esta larga y ardua carrera de la vida, la cual hoy gracias a Dios arroja los primeros frutos al poder lograr el título como profesional. También a mis hermanos, quienes silenciosamente me brindaron todo su apoyo y de los cuales me siento muy orgulloso.

A mi novia, la cual siempre fue el bastón que necesité para apoyarme y no decaer en los momentos más difíciles vividos durante todos mis estudios universitarios.

A mis abuelas las que amo mucho, de igual forma a mis tíos y en general a toda mi familia.

A mis amigos los cuales siempre estuvieron presentes para ayudarme y apoyarme a lograr mis éxitos, en especial a Carlos Echeverri, Dayro Linero y Gregory Araujo, los que fueron mis mejores amigos durante toda la carrera universitaria. A Jeli y Meli las dos pequeñitas del salón y a las cuales quiero mucho.

A la familia Suárez quienes me abrieron las puertas de su casa y me trataron agradablemente haciéndome sentir como en casa durante la realización del proyecto.

No puede faltar Tatiana cervantes mi compañera de tesis a la cual le tengo cariño y un gran sentimiento de amistad, **“lo logramos”**.

JEAN CARLOS

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Director de proyecto Néstor Caicedo, quien estuvo presente apoyándonos y motivándonos para lograr alcanzar esta meta,.

A Johan García, Jefe de Compras de ASETPOR LTDA, quien nos facilitó la entrada a la empresa y sirvió de guía, en los estudios realizados.

Al cuerpo técnico de ASETPOR, quienes nos atendieron amablemente, siempre dispuestos a compartir su experiencia y conocimiento sin ninguna reserva.

A todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente proyecto.

LOS AUTORES

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
2. ESTADO DEL ARTE	28
2.1 Evolución del mantenimiento	28
2.1.1 La primera generación	28
2.1.2 La segunda generación	28
2.1.3 La tercera generación	29
2.1.4 Nuevas expectativas	29
2.1.5 Nueva investigación	30
2.1.6 Cambio de paradigmas	30
2.2 ANTECEDENTES EN LA REGIÓN CARIBE COLOMBIANA	31

2.2.1 Plan de mantenimiento de los equipos de fundición metalmecánica de la empresa FUMECO	31
2.3 ESTUDIOS SOBRE MANTENIMIENTO REALIZADOS EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA	31
2.3.1 Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para el sistema de transporte marítimo de la empresa “ASISMAR”.	31
3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	33
3.1 DEFINICIONES GENERALES	33
3.2 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	34
3.3 CONCEPTO ACTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	35
3.4 PROPÓSITO DEL MANTENIMIENTO	35
3.5 TIPOS DE MANTENIMIENTO	36
3.5.1 Mantenimiento predictivo o basado en la condición	36
3.5.2 Mantenimiento preventivo o basado en el tiempo	38
3.5.3 Mantenimiento detectivo o búsqueda de fallas	39
3.5.4 Mantenimiento correctivo o a la rotura	39
3.5.5 Mantenimiento mejorativo o rediseños	40

3.6 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	40
3.6.1 Planeación	40
3.6.2 Programación	41
3.6.3 Elementos de mantenimiento planeado	41
3.6.4 Administración del plan	42
3.6.5 Inventario de las instalaciones	42
3.6.6 Identificación del equipo	42
3.6.7 Registro de las instalaciones	42
3.6.8 Programa específico de mantenimiento	43
3.6.9 Especificación del trabajo	43
3.6.10 Programa de mantenimiento	44
3.6.11 Control del programa	44
3.7 METODOLOGÍAS DE MANTENIMIENTO	44
3.7.1 Análisis de criticidad	44
3.7.1.1 Definiciones importantes	46

3.7.1.2 Antecedentes	48
3.7.1.3 El análisis de criticidad	50
3.7.2 Análisis de modos y Efectos de Fallos (o Análisis Modal de Fallos y Efectos)	56
3.7.2.1 Cuando realizar un AMEF	57
3.7.2.2 Tipos de AMEF	58
3.7.2.3 Conceptos	59
3.7.2.4 Descripción del Método	60
3.7.2.4.1 Paso 1: nombre del producto y componente	61
3.7.2.4.2 Paso 2: operación o función	61
3.7.2.4.3 Paso 3: modo de fallo	62
3.7.2.4.4 Paso 4: efectos de fallo	62
3.7.2.4.5 Paso 5: gravedad del fallo	63
3.7.2.4.6 Paso 6: características críticas	64
3.7.2.4.7 Paso 7: causa del fallo	65

3.7.2.4.8 Paso 8: probabilidad de ocurrencia	65
3.7.2.4.9 Paso 9: controles actuales	67
3.7.2.4.10 Paso 10: probabilidad de no detección	67
3.7.2.4.11 Paso 11: número de prioridad de riesgo (NPR)	68
3.7.2.4.12 Paso 12: acciones correctoras	68
3.7.2.4.13 Paso 13: definir responsables	70
3.7.2.4.14 Paso 14: acciones implantadas	70
3.7.2.4.15 Paso 15: nuevo Número de prioridad de riesgo	70
3.7.2.5 Implantación del método	70
3.8 ESTIMACIÓN DE COSTOS	79
3.8.1 Razones para hacer una estimación de costos	79
3.8.2 Diferentes tipos de estimaciones de costos	79
3.8.3 La importancia de entender los métodos de estimación	80
3.8.4 Las estimaciones a ojo	80
3.8.5 La estimación presupuestaria	80

3.8.6 La estimación de proyectos	80
3.8.7 Estimación de costos de mantenimiento	80
4. JUSTIFICACIÓN	82
5.OBJETIVOS	83
5.1 GENERAL	83
5.2 ESPECÍFICOS	83
6. FORMULACIÓN Y GRAFICACIÓN DE HIPÓTESIS	85
6.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	85
6.2 GRAFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	87
7. DISEÑO METODOLÓGICO SEGÚN LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN	88
7.1 SELECCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS	88
7.2 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO GEOGRÁFICO Y TEMPORAL DEL ESTUDIO	88
7.3 FORMA DE OBSERVAR LA POBLACIÓN	89
7.4 TÉCNICAS O INSTRUMENTOS A UTILIZAR PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	90

7.4.1 Recolección de La Información.	90
7.4.2 Técnicas o Procedimientos de Análisis	91
8. RESULTADOS ESPERADOS	94
8.1 RESULTADO DIRECTO	94
8.2 RESULTADOS INDIRECTOS	94
9. IMPACTO ESPERADO	96
10. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN	98
11. LIMITACIONES	99
12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	100
13.PRESUPUESTO	101
14. ACTIVIDADES DE CRONOGRAMA	103
14.1 INVENTARIO DE EQUIPOS	103
14.2 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	105
14.2.1 Descripción de la metodología de codificación	105
14.3 ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES DE GESTIÓN	110

14.3.1 Descripción y medición de indicadores	111
14.3.1.1 Tiempo promedio entre fallas (T.P.E.F)	111
14.3.1.2 Tiempo promedio para reparar (TPPR)	111
14.3.1.3 Disponibilidad (D)	112
14.3.1.4 Criticidad	112
14.3.2 Cálculo de indicadores de gestión actuales en ASETPOR LTDA	112
14.3.2.1 Estimación del tiempo promedio entre fallos (TPEF)	113
14.3.2.2 Estimación del tiempo promedio para reparar (TPPR)	115
14.3.2.3 Estimación de la disponibilidad (D)	118
14.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS	119
14.4.1 Análisis de criticidad	119
14.4.1.1 Frecuencia de fallas	119
14.4.1.2 Costo del mantenimiento	120
14.4.1.3 Impacto operacional	121
14.4.1.4 Flexibilidad operacional	122

14.4.1.5 Impacto en seguridad ambiental y humana	123
14.4.1.6 Resumen de cuantificaciones para los equipos	124
14.4.1.7 Cálculo de la criticidad de los equipos	125
14.4.1.8 Equipos seleccionados	130
14.5 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS (AMEF)	130
14.5.1 Creación del equipo AMEF	130
14.5.2 Identificación del producto (Selección de equipos)	131
14.5.2.1 Especificaciones y listados de componentes de Planta Eléctrica Grande FG Wilson PJ30 de 23 KW	131
14.5.2.2 Especificaciones y listados de componentes de Atlas Copco	133
14.5.3 Elaboración de diagramas de bloques funcionales	134
14.5.4 Recolección y clasificación de datos de fallos	135
14.5.5 Preparación del AMEF	135
14.6 PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	150
14.6.1 Mantenimiento preventivo de la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 KW	150

14.6.1.1 Procedimiento para utilizar el equipo	150
14.6.1.2 Rutina de mantenimiento de la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 KW	154
14.6.1.3 Recomendaciones generales para los operadores de la planta eléctrica FG Wilson PJ30, 23 KW	155
14.6.1.4 Plan anual de mantenimiento preventivo propuesto para la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 KW	157
14.6.2 Mantenimiento preventivo del motor compresor atlas copco XAZ- 750, cod CM0201	158
14.6.2.1 Tareas de Mantenimiento preventivo a realizar por el operador	158
14.6.2.2 Recomendaciones generales para el mantenimiento preventivo del motocompresor Atlas copco XAZ-750	158
14.6.2.3 Plan anual de mantenimiento preventivo propuesto para el motor compresor Atlas copco XAZ-750	159
14.7 DOCUMENTACIÓN PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	162
14.7.1 Organigrama propuesto	162
14.7.2 Descripciones de cargos propuestas para el departamento de mantenimiento	163

14.7.3 Procedimiento y formatos de mantenimiento	166
14.7.3.1 Flujogramas de mantenimiento	166
14.7.3.2 Formatos de mantenimiento	169
14.8 ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LAS MÁQUINAS CRÍTICAS EN LA EMPRESA ASETPOR LTDA.	169
14.8.1 Estimativo de los costos generados a partir de las actividades de mantenimiento preventivo para el motocompresor atlas copco XAZ-750.	170
14.8.2 Estimativo de los costos generados a partir de las actividades del Mantenimiento Correctivo para el Motocompresor Atlas Copco XAZ-750.	172
14.8.3 Estimativo De Los Costos Generados A Partir De Las Actividades Del Mantenimiento Preventivo Para La planta Eléctrica de 23KW.	173
14.8.4 Estimativo De Los Costos Generados A Partir De Las Actividades Del Mantenimiento Correctivo Para La planta Eléctrica de 23KW.	174
14.8.5 Cálculo del porcentaje de reducción de costos del presente Modelo.	176
14.8.5.1 Relación de costos del mantenimiento.	178
14.9 RECOMENDACIONES PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS.	178

14.9.1 Plan de control.	178
14.9.1.1 Parámetros de control de aceptación.	179
14.9.2 Revisión del AMEF.	180
14.9.3 Establecimiento de niveles de stock mínimos de repuestos para el mantenimiento.	181
15. CONCLUSIONES	182
16. RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFÍA	186
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios de criticidad de equipos	55
Tabla 2. Formato de tabla AMEF	60
Tabla 3. Clasificación según gravedad o severidad	64
Tabla 4. Clasificación según la probabilidad de ocurrencia	66
Tabla 5. Clasificación según la probabilidad de no detección	68
Tabla 6. Cronograma de actividades	100
Tabla 7. Presupuesto global del proyecto	101
Tabla 8. Descripción de los gastos del personal	101
Tabla 9. Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio	101
Tabla 10. Valoraciones salidas de campo	102
Tabla 11. Otros insumos	102

Tabla 12. Inventario de equipos ASETPOR LTDA	104
Tabla 13. Codificación por conjunto de equipos	106
Tabla 14. Codificación carácter B para equipos de soldadura	106
Tabla 15. Codificación carácter B para equipos de extracción e impulsión	107
Tabla 16. codificación carácter B para compresores y motocompresores	107
Tabla 17. Codificación carácter B para equipos de corte y desbaste	107
Tabla 18. Codificación carácter B para equipos de perforación	107
Tabla 19. Codificación carácter B para generadores eléctricos	107
Tabla 20. Codificación de equipos de ASETPOR LTDA	109
Tabla 21. Fallas anuales de los equipos de Asetpor Ltda.	114
Tabla 22. Tiempo promedio entre fallos para los equipos de ASETPOR LTDA	115
Tabla 23. Tiempos promedio para reparar estimados	116
Tabla 24. Tiempo promedio para reparar	117
Tabla 25. Indicadores de Gestión del mantenimiento de Asetpor Ltda.	118
Tabla 26. Cuantificación de frecuencia de fallas para equipos	120

Tabla 27. Cuantificación de costos de mantenimiento	121
Tabla 28. Cuantificación del impacto operacional	122
Tabla 29. Cuantificación de flexibilidad operacional	123
Tabla 30. Cuantificación de impacto en seguridad ambiental y humana	124
Tabla 31. Resumen de cuantificaciones para equipos	125
Tabla 32. Consecuencia y criticidad de equipos	126
Tabla 33. Especificaciones generales de planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 Kw. Cod GE0201	132
Tabla 34. Componentes de la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 Kw. Cod GE0201	132
Tabla 35. Especificaciones generales del Motor Compresor ATLAS COPCO. XAZ-750, Cod. CM0201	133
Tabla 36. Componentes del Motor Compresor ATLAS COPCO. XAZ- 750, Cod. CM0201	133
Tabla 37. AMEF de Planta eléctrica Grande FG Wilson PJ30,23KW,cod GE0201	136
Tabla 38. AMEF Atlas copco XAZ-750, cod CM0201	140

Tabla 39. Rutina de mantenimiento de la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201	154
Tabla 40. Plan de mantenimiento de planta FG WILSON PJ30, 23 KW, Cod. GE0201, primer semestre	157
Tabla 41. Plan de mantenimiento de planta FG WILSON PJ30, 23 KW, Cod. GE0201, segundo semestre	157
Tabla 42. Mantenimiento antes de arrancar	158
Tabla 43. Mantenimiento durante el funcionamiento	158
Tabla 44. Mantenimiento al finalizar cada día de trabajo	158
Tabla 45. Mantenimiento preventivo del Motor Compresor Atlas copco XAZ-750, cod CM0201	159
Tabla 46. Plan de mantenimiento del Motor Compresor Atlas copco XAZ-750, Primer semestre	160
Tabla 47. Plan de mantenimiento del Motor Compresor Atlas copco XAZ-750, segundo semestre	161
Tabla 48. Descripción de cargo de Jefe de Mantenimiento	164
Tabla 49. Descripción de cargo de Técnico de Mantenimiento	165
Tabla 50. Estimativo de los Costos Generados a Partir de las Actividades de Mantenimiento Preventivo para el Motocompresor Atlas Copco XAZ-750	171

Tabla 51. Estimativo de los costos generados a partir de las actividades del Mantenimiento Correctivo para el Motocompresor Atlas Copco XAZ-750	172
Tabla 52. Estimativo De Los Costos Generados A Partir De Las Actividades Del Mantenimiento Preventivo Para La planta Eléctrica de 23KW	174
Tabla 53. Estimativo De Los Costos Generados A Partir De Las Actividades Del Mantenimiento Correctivo Para La planta Eléctrica de 23KW	175
Tabla 54. Plan de control de mantenimiento	180

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Aspectos de la confiabilidad operacional	47
Figura 2. Parámetros de evaluación de Análisis de Modos y Efectos de Fallos	57
Figura 3. Etapas para la implantación del AMEF	72
Figura 4. Graficación de la hipótesis	87
Figura 5. Graficación de criticidad de equipos	128
Figura 6. Diagrama de bloques funcionales de planta eléctrica grande	134
Figura 7. Diagrama de bloques funcionales de Atlas Copco	135
Figura 8. Organigrama propuesto para la inclusión del departamento de Mantenimiento en ASETPOR LTDA	163
Figura 9. Flujograma de mantenimiento correctivo	167
Figura 10. Flujograma de mantenimiento preventivo	168

Figura 11. Costos de prevención vs costos de corrección para el Motor compresor Atlas Copco XA-750	173
Figura 12. Costos de prevención vs. Costos de reparación de la planta eléctrica FG Wilson de 23 KW	176
Figura 13. Graficación de costos de mantenimiento preventivo Vs costos de mantenimiento correctivo para las máquinas críticas de ASETPOR LTDA	177

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Procedimiento de mantenimiento	189
Anexo 2. Orden de trabajo	197
Anexo 3. Hoja de vida de equipos	199
Anexo 4. Formato de mantenimiento aplazado	200
Anexo 5. Código de colores	201
Anexo 6. Planta eléctrica grande, foto 1	202
Anexo 7. Planta eléctrica grande, foto 2	203
Anexo 8. Motor compresor Atlas copco, foto 1	204
Anexo 9. Motor compresor Atlas Copco, Foto 2	205

GLOSARIO

AMEF DE DISEÑO: consiste en el análisis preventivo de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los mismos. Este AMEF es el paso previo lógico al de proceso porque se tiende a mejorar el diseño, para evitar el fallo posterior en producción.

AMEF DE PROCESO: es el "Análisis de Modos y Efectos de Fallos" potenciales de un proceso de fabricación, para asegurar su calidad de funcionamiento y, en cuanto de él dependa, la fiabilidad de las funciones del producto exigidos por el cliente.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: el análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:
Criticidad = Frecuencia x Consecuencia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS (AMEF): método dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

CAUSA DEL FALLO: la causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo.

CODIFICACIÓN DE EQUIPOS: la codificación de los equipos es una herramienta para la identificación y seguimiento de los equipos, como también para el control de activos.

CONFIABILIDAD: se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

CONFIABILIDAD OPERACIONAL: es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

CRITICIDAD: la criticidad es un indicador que permite conocer el impacto que genera un equipo a nivel organizacional, teniendo en cuenta factores tales como: frecuencia de fallas, costo del mantenimiento, impacto operacional, impacto en seguridad ambiental y humana y flexibilidad operacional.

DISPONIBILIDAD (D): la disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

EFFECTOS DEL FALLO: los efectos corresponden a los síntomas. Generalmente hacen referencia al rendimiento o prestaciones del sistema.

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL: en este caso, la flexibilidad operacional hace referencia a la posibilidad de reponer la pérdida con componentes o equipos en stand by.

INDICADORES DE GESTION: son una expresión cuantitativa del desempeño de un proceso, organización o una de sus partes, los cuales permiten conocer condiciones de un objeto de análisis, en determinado momento y pueden presentar un panorama de la situación de este.

JERARQUÍA DE ACTIVOS: define el número de elementos o componentes de una instalación y/o planta en agrupaciones secundarias que trabajan conjuntamente para alcanzar propósitos preestablecidos.

MANTENIBILIDAD: es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.

MODO DE FALLO: Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él.

PLAN DE CONTROL: es una herramienta que se crea con el fin de permitir el seguimiento de las actividades del mantenimiento, para así poder establecer controles cuando este comportamiento se salga del esperado.

SISTEMAS: conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso, que tienen una función específica. Ej: separación de gas, suministrar aire, regeneración de catalizador, etc.

SOPORTABILIDAD: es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (T.P.E.F): mide el Tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema.

TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR): este indicador es la medida de distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema.

UNIDADES DE PROCESO: se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio (ej. electricidad) o producto (ej. gasolina) al procesar y manipular materia prima e insumos (ej. agua, crudo, gas natural, catalizador).

INTRODUCCIÓN

Si nos preguntamos ¿porqué una empresa necesita del mantenimiento para sus máquinas?, es posible que la pregunta parezca obvia, pero en algunos casos se pierde de vista esta necesidad. Un Programa de Mantenimiento sirve para garantizar la vida útil de los equipos, edificios y servicios que se necesitan en otras partes de la organización para desarrollar sus funciones, a una tasa óptima de rendimiento sobre la inversión, ya sea que esta inversión se encuentre en maquinaria, en materiales o en recursos humanos. En resumen, la función del mantenimiento debe considerarse como parte integral e importante de la organización.

En empresas dedicadas a la prestación de servicios técnicos (reconstrucciones de buques, soldadura, pintura, sandblasting y fabricación de productos), tales como ASETPOR Ltda., una hora de trabajo continuo constituye grandes cantidades de dinero, y por el contrario, un retraso en el cumplimiento de este podría significar la pérdida de un cliente. Para este tipo de organizaciones, mantener el servicio ofrecido es vital, debido a que los trabajos desarrollados generalmente conllevan una exigencia de eficacia en las actividades desarrolladas, por lo cual la entrega de trabajos por fuera del tiempo pactado no es aceptable, y por el contrario afecta gravemente la imagen de la empresa, generando una notable disminución en los ingresos de la Organización. Por otra parte, los retrasos y paradas en el desarrollo de los trabajos son claros síntomas de una ineficiente o inexistente Gestión del Mantenimiento.

Un Modelo de Gestión del Mantenimiento brinda pautas a una organización para establecer frecuencias de ejecución de las actividades de mantenimiento, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas empleadas, garantizando así la prestación continua del servicio. Adicionalmente, genera una considerable reducción de costos en repuestos para máquinas, debido a que el establecimiento de jornadas de mantenimiento programadas disminuyen notablemente la cantidad de mantenimientos de emergencia o correctivos a realizar, es decir que los costos de mantenimiento se podrán reducir, al ser menor la frecuencia con que son requeridos los repuestos, como también la frecuencia con que se requiera mano de obra calificada para estas actividades.

Existen numerosas metodologías aplicables al momento de diseñar un programa de mantenimiento, en el caso de ASETPOR Ltda., consideramos el Diseño de un Modelo de Gestión del Mantenimiento basado Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos, debido a las necesidades de la empresa para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de Mantenimiento.

ASETPOR Ltda. Es una empresa joven que presta servicios de asistencias técnicas y marítimas, necesitada de un Programa de Gestión del Mantenimiento, debido a que en la actualidad solo practica rutinas de mantenimiento correctivo. De acuerdo a lo anterior, se hace necesario contar con un Modelo de Gestión del Mantenimiento que garantice la confiabilidad de sus equipos con el fin de reducir los costos de operación de esta organización, por lo cual un programa de Gestión de Mantenimiento que emplee herramientas de confiabilidad, tales como: Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos, constituye la pauta fundamental para el desarrollo del Modelo de Gestión del Mantenimiento que realizaremos en esta organización.

En este estudio se tendrá en cuenta la importancia de las máquinas de esta organización dentro del contexto operacional y los posibles efectos o consecuencias de modos de fallas de dichas máquinas, sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones de ASETPOR LTDA., así mismo, se busca brindar una serie de pautas que de ser implementadas contribuyan a incrementar la disponibilidad de la maquinaria de esta organización, a bajos costos, permitiendo que dichas máquinas funcionen de un modo eficiente y confiable dentro de un contexto operacional.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ASETPOR LTDA. (Asesorías y servicios técnicos y portuarios); nació en Agosto de 2001, prestando soporte técnico a los buques que arriban al puerto de Santa Marta, las embarcaciones que se encuentran en el área y algunas empresas locales.

Actualmente, también presta servicios de reparación de contenedores, adecuación de contenedores de 20 y 40 pulgadas respectivamente, como oficinas, dormitorios, baterías de baños, centros de comunicaciones, archivos, talleres y almacenes con sistemas contra incendio, entre otros, también ofrece servicios de.; diseño y fabricación. Se puede considerar que aún es una empresa joven, con un equipo de personas formadas dentro de esta y es la única compañía en santa Marta en la prestación de este tipo de servicios, por otra parte, cuenta con certificaciones Lloyds Register, y la certificación del BASC¹.

Parte de la Misión de ASETPOR LTDA es brindar un conjunto de servicios y productos técnicos, marítimos, navales, portuarios e industriales; donde el cliente encuentre satisfechas todas sus necesidades en un mismo lugar y en cualquier momento.

¹ LLOYDS REGISTER: es una certificación de aseguramiento de la calidad

BASC: es un acuerdo de cooperación voluntaria, entre las empresas y la aduana de los estados unidos. A través de un capítulo BASC. Las empresas inscritas al programa BASC deben cumplir con estándares de seguridad, selección de personal y procedimientos logístico-operativos en embarques y tráfico internacional de mercancías.

La empresa no cuenta con un Programa de Gestión del Mantenimiento, lo cual se ve reflejado en las deficiencias presentadas durante la prestación de servicios, tales como paradas de las máquinas, las cuales generan la práctica de numerosas rutinas de Mantenimiento correctivo, por lo cual los costos de la Organización en lo referente a repuestos de máquinas y Costo de mano de obra son demasiado altos.

Con base a lo anterior, se puede afirmar que existe una gran necesidad en esta organización de contar con una planificación formal de las rutinas de mantenimiento, como también de disminuir o reducir la frecuencia de ejecución de las rutinas de mantenimiento correctivo. Esta necesidad puede verse satisfecha mediante la creación de un Modelo de Gestión del Mantenimiento, que ayude a la empresa a cumplir con la exigencia más importante, la cual es ofrecer efectividad en el cumplimiento de los servicios prestados, es decir, garantizar la máxima disponibilidad y confiabilidad de las máquinas empleadas en dichos servicios, con el fin de evitar paradas no programadas que impacten la imagen y los costos de la empresa. Debido a esta exigencia, la alternativa más adecuada es un Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en Análisis de Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos, ya que este permitirá tener un mayor control de las actividades y recursos de mantenimiento.

La utilidad de este Modelo radica en que está orientado hacia los equipos críticos de la Organización y busca identificar las fallas potenciales de los equipos para emplear de la manera más eficiente posible el tiempo y los recursos humanos y financieros, evitando el desgaste, la indisponibilidad de equipos, como también grandes costos debido a un exceso de mantenimiento.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Como todo proceso en evolución, el dominio del mantenimiento ha seguido una serie de etapas cronológicas que se han caracterizado por una metodología específica.

2.1.1 La Primera Generación. La primera Generación cubre el período hasta la II Guerra Mundial. Es esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los períodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera confiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

2.1.2 La Segunda Generación. Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido equipos de todo tipo y cada vez más complejos. Las empresas habían comenzado a depender de ellos.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más evidente. Esto llevó a la idea de que las fallas se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del mantenimiento programado. En los años 60 basándose primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de funcionamiento. Como resultado comenzaron a implantarse sistemas de control y planeación del mantenimiento. Ayudando a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

2.1.3 La Tercera Generación. Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en las empresas ha tomado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse así:

2.1.4 Nuevas expectativas. El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto es visto claramente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda la operación. Creando grandes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Simultáneamente, elevándose los estándares de calidad.

El aumento de la mecanización, también produce más serias las consecuencias de las fallas de una instalación para la seguridad y/o el medio ambiente.

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

2.1.6 Cambio de paradigmas. En 1978 la aviación comercial en Estados Unidos publicó un estudio de patrones de falla en los componentes de aviones cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenían sobre el mantenimiento.

Ahora, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios en los modelos de las fallas de los equipos y a la aparición de numerosas metodologías de gestión del mantenimiento entre las cuales se encuentra el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).

2.2 ANTECEDENTES EN LA REGION CARIBE COLOMBIANA

A nivel regional encontramos estudios realizados en el área de la gestión del mantenimiento dentro de los cuales podemos resaltar:

2.2.1 Plan de mantenimiento para los equipos de fundición y metalmecánica de la empresa FUMECO LTDA. Este Proyecto fue realizado por estudiantes de la Universidad Tecnológica de Bolívar, en el año 2004. En dicho estudio se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de manufactura y fundición de la empresa.

2.3 ESTUDIOS SOBRE MANTENIMIENTO REALIZADOS EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA.

Actualmente, la Gestión del Mantenimiento en la ciudad de Santa Marta es un nuevo enfoque debido a que el mantenimiento realizado a las empresas de este sector esta orientado al Mantenimiento correctivo, es decir, usualmente no se maneja una planificación formal de las rutinas de mantenimiento a realizar, sino se ejecutan las correcciones una vez los equipos han fallado.

A pesar de lo anterior, se han desarrollado proyectos en los que se ha tratado a fondo este enfoque (Mantenimiento Preventivo), los cuales no han sido implementados en su totalidad por políticas de reducción de costos. Entre estos proyectos cabe destacar:

2.3.1 Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para el sistema de transporte marítimo de la empresa “ASISMAR”. Proyecto realizado por estudiantes de grado de la Universidad del Magdalena en el año 2006, el cual

basó sus estudios en el diseño de un programa de mantenimiento preventivo para motonaves, las cuales fueron descompuestas en sus componentes para realizar un análisis de criticidad que les permitiera localizar los componentes críticos y las posibles prevenciones para alargar el periodo de vida útil de estos.

Para finalizar, podemos afirmar que en la región caribe colombiana se han elaborado proyectos con aplicación de herramientas de confiabilidad tal como el análisis de criticidad, para dirigir la planificación del mantenimiento hacia los equipos que generan el mayor impacto organizacional. A pesar de lo anterior existe una deficiencia de investigaciones dirigidas hacia el uso de herramientas de confiabilidad enfocadas a la mejora de los procesos de las organizaciones, tal como el Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF).

3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

3.1 DEFINICIONES GENERALES

Mantenimiento: Actividad Técnico-económica que busca asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.

Objetivo de Mantenimiento: Asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada.
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa,
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente
- Maximizar el beneficio global.

Confiabilidad: es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.

Mantenibilidad: es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.

Soportabilidad: es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

3.2 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Si el Mantenimiento se define como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo fijo continúen realizando las funciones para las que fueron creados, entonces el Mantenimiento Preventivo es una serie de tareas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones. Esto es diferente a un Mantenimiento de Reparación, el cual normalmente se considera como el reemplazo, renovación o reparación general del o de los componentes de un equipo o sistema para que sea capaz de realizar la función para la que fue creado. El Mantenimiento Preventivo es el enfoque preferido para la administración de los activos: puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia, puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias, puede proporcionar un aviso de una falla inminente o incipiente para permitir una reparación planeada, puede reducir el costo global de la administración de los activos².

A pesar de lo anterior, la gestión del mantenimiento no se basa exclusivamente en el mantenimiento preventivo; ya que la importancia de esta se basa en el deterioro de los equipos industriales y las consecuencias que este radica. Debido

² Tomado de Plan de Mantenimiento para los equipos de fundición y Metalmecánica de la empresa FUMECO LTDA, Universidad tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Mayo 28 de 2004 ,página 17.

al alto costo que supone este deterioro para las empresas, es necesario garantizar la disponibilidad de las máquinas, la seguridad de los equipos y de las personas.

3.3 CONCEPTO ACTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

El hacer mantenimiento con un concepto actual no implica reparar equipo roto tan pronto como se pueda, sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados. En consecuencia, un buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado rápidamente, sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados. Es decir, la primera prioridad de un buen mantenimiento es prevenir fallas y, de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas.

El mantenimiento no empieza cuando los equipos e instalaciones son recibidos y montados, sino en la etapa inicial de todo proyecto y continúa cuando se formaliza la compra de aquellos y su montaje correspondiente.

3.4 PROPÓSITO DEL MANTENIMIENTO

Es el medio que tiene toda empresa para para conservar operable con el debido grado de eficiencia y eficacia su activo fijo. Engloba al conjunto de actividades necesarias para:

- Mantener una instalación o equipo en funcionamiento.

- Restablecer el funcionamiento del equipo en condiciones predeterminadas.

El mantenimiento incide, por lo tanto, en la cantidad y calidad de la producción. En efecto, la cantidad de producción a un nivel de calidad dado esta determinada por la capacidad instalada de producción y por su disponibilidad, entendiéndose por tal al cociente del tiempo efectivo de producción entre la suma de este y el tiempo de parada por este.

3.5 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Existen diferentes tipos de mantenimiento que se aplican. El límite de cada tipo es difícil de establecerlo dado que, a excepción del mantenimiento correctivo, la finalidad de todos es la misma variando la metodología. Algunos tipos que describimos no son incompatibles entre ellos sino que se complementa para lograr un mantenimiento óptimo. Existen numerosos tipos de mantenimiento, por motivos de simplicidad solo describiremos los siguientes:

- Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición
- Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo
- Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas
- Mantenimiento Correctivo o A la Rotura
- Mantenimiento Mejorativo o Rediseños

3.5.1 Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición. Consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial).

Se trata de un mantenimiento profiláctico, pero no a través de una programación rígida de acciones como en el mantenimiento preventivo. Aquí lo que se programa y cumple con obligación son "**Las inspecciones**", cuyo objetivo es la detección del estado técnico del sistema y la indicación sobre la conveniencia o no de realización de alguna acción correctora. También nos puede indicar el recurso remanente que le queda al sistema para llegar a su estado límite. Las inspecciones pueden ser de dos tipos:

- Monitoreo discreto, en el cual las inspecciones se realizan con cierta periodicidad, en forma programada.
- Monitoreo continuo, se ejerce en forma constante, con aparatos montados sobre las máquinas.

Este sistema es el que mejor garantiza el mejor cumplimiento de las exigencias de mantenimiento de los últimos años dado que se logra:

1. Menores paradas de máquinas, ya sea por programas de paradas preventivas o por roturas aleatorias.
2. Mayor calidad y eficiencia de las máquinas e instalaciones.
3. Garantiza la seguridad y la protección del medio ambiente
4. Reduce el tiempo de las acciones de mantenimiento.

Como aspectos negativos se señalan:

1. La necesidad de un personal más calificado para las revisiones e investigaciones.
2. Elevado costo de los equipos de monitoreo continuo.

3.5.2 Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo. Consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

El accionar preventivo, genera nuevos costos, pero se reducen los costos de reparación, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad. Acciones típicas de este sistema son: limpieza, ajustes; reaprietes (Torqueado); Regulaciones; Lubricación; Cambio de elementos utilizando el concepto de vida útil indicada por el fabricante de dicho elemento, Reparaciones propias pero programadas.

Aspectos positivos:

- Mayor vida útil de las máquinas
- Aumenta su eficacia y calidad en el trabajo que realizan
- Incrementa las disponibilidad
- Aumenta la seguridad operacional
- Incrementa el cuidado del medio ambiente

Aspectos negativos:

- Costo del accionar preventivo por plan
- Problemas que se crean por los continuos desarmes afectando a los sistemas y mecanismos que de no haberse tocado seguirían funcionando sin inconvenientes
- Limitación de la vida útil de los elementos que se cambiaron con antelación a su estado límite.

Este último punto, es el que por medio del accionar predictivo se soluciona, dado que éste actúa cuando el resultado del diagnóstico así lo indican, y es coincidente con la opinión de la gente experimentada en mantenimiento de que "***es imprudente interferir con la marcha de las máquinas que van bien***".

3.5.3 Mantenimiento detectivo o búsqueda de fallas. Consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

3.5.4 Mantenimiento correctivo o a la rotura. Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Aspectos positivos:

- Máxima aprovechamiento de la vida útil de los elementos.
- No necesidad de contratar personal calificado.

- No hay necesidad de detener máquinas con ninguna frecuencia prevista.
- Ni velar por el cumplimiento de acciones programadas.

Aspectos negativos:

- Ocurrencia aleatoria del fallo y la parada correspondiente en momentos indeseados.
- Menor durabilidad de las máquinas.
- Menor disponibilidad de las máquinas (paradas por roturas de mayor duración).
- Ocurrencia de fallos catastróficos que pueden afectar la seguridad y el medio ambiente.

3.5.5 Mantenimiento mejorativo o rediseños. Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación. No es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento.

3.6 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.6.1 Planeación. La planeación en el contexto de mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, lista de materiales, la requisición de compras, los planos y dibujos necesarios, la hoja de planeación de mano de obra, los estándares de

tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo.

3.6.2 Programación. La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una frecuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo; básicamente un programa se puede preparar en tres niveles, dependiendo de su horizonte:

- El programa a largo plazo o maestro, que cubre un período de tres meses a un año.
- El programa semanal que cubre una semana
- El programa diario que cubre el trabajo que debe desarrollarse cada día.

3.6.3 Elementos del mantenimiento planeado. El mantenimiento planeado se refiere al trabajo de mantenimiento que se realiza con una planeación, previsión, control y registros por adelantado. Incluye toda la gama de tipos de mantenimiento y se aplica a las estrategias de reemplazo, mantenimiento preventivo y correctivo. Se caracteriza por lo siguiente:

- La política de mantenimiento se ha establecido cuidadosamente
- La aplicación de la política se planea por adelantado
- El trabajo se controla para que se ajuste al plan original
- Se recopilan, analizan y utilizan datos que sirvan de guía a las políticas de mantenimiento futuras

A continuación se enumeran algunos pasos o elementos para la planeación del mantenimiento:

3.6.4 Administración del plan. El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento planeado consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el programa.

3.6.5 Inventario de las instalaciones. El inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones, incluyendo todas las piezas, de un sitio. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el equipo presente en las instalaciones, que muestre los tipos y cantidades de maquinaria.

3.6.6 Identificación del equipo. Es necesario desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada pieza del equipo. Se deberá establecer un sistema de códigos que ayude en este proceso de identificación. El código deberá indicar el grupo funcional al que pertenece el equipo, Tipo y Número de máquina.

3.6.7 Registro de las instalaciones. El registro de las instalaciones es un archivo “(electrónico o en papel) contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos datos son los primeros que deben

alimentarse al sistema de información de mantenimiento. El registro del equipo (partida) debe incluir el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexión, detalles de cimentación, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, intercambiabilidad con otras unidades, etc.

3.6.8 Programa específico de mantenimiento. Debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada pieza de equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo. El programa incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia del programa, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo (inspecciones, mantenimientos reemplazos), frecuencia de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, herramientas especiales que se necesitan, materiales necesarios y detalles acerca de cualquier arreglo de mantenimiento por contrato.

3.6.9 Especificación del trabajo. Es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento. La especificación del trabajo deberá indicar el número de identificación de la pieza (equipo), ubicación de la misma, referencia del programa de mantenimiento, número de referencia de especificación del trabajo, frecuencia de trabajo, tipo de técnicos requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimientos de seguridad a seguir.

3.6.10 Programa de Mantenimiento. El programa de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Esta es la etapa en donde se programa el mantenimiento planeado para su ejecución.

3.6.11 Control del programa. El programa de mantenimiento debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al programa.

3.7 METODOLOGÍAS DE MANTENIMIENTO

3.7.1 Análisis de Criticidad. El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales:

- confiabilidad humana
- confiabilidad del proceso
- confiabilidad del diseño
- confiabilidad del mantenimiento

Lamentablemente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa.

¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Que criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio?

El análisis de criticidades da respuesta a estos interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos ó elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado.

La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

3.7.1.1 Definiciones Importantes³.

Análisis de criticidad: es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

Confiabilidad: se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

Confiabilidad Operacional: es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

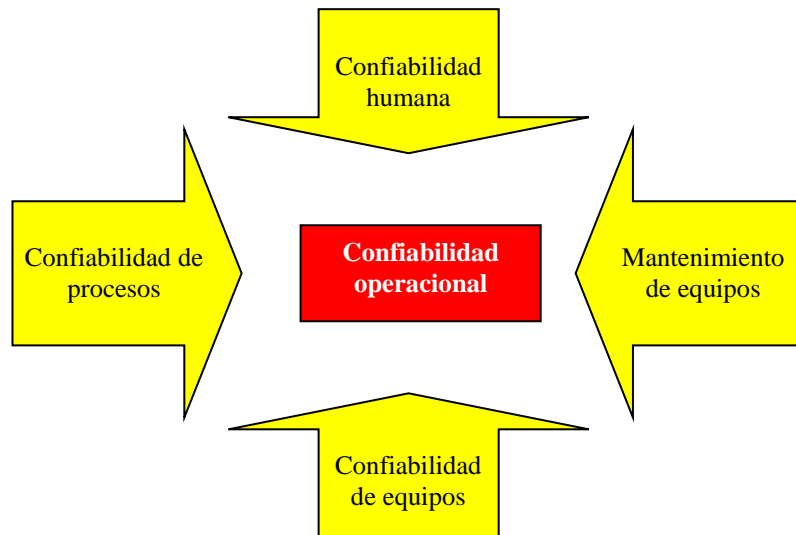
Es importante puntualizar que en un programa de optimización de Confiabilidad Operacional, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros:

- Confiabilidad humana
- Confiabilidad de los procesos
- Mantenibilidad de los equipos
- Confiabilidad de los equipos.

³ Ing Rosendo Huerta, El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Publicado en Internet por Club_mantener@sinectis.com.ar

La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros presentados en la figura 1 afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema.

Figura 1. Aspectos de la confiabilidad operacional⁴.



Equipos naturales de trabajo: en el contexto de confiabilidad operacional, se define como el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.

⁴ Ing Rosendo Huerta, El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Publicado en Internet por Club_mantener@sinectis.com.ar

En un enfoque tradicional, el concepto de trabajo en equipo comprende un sistema de progresión de carrera que exige a cada nuevo gerente “producir su impacto individual y significativo al negocio”.

Gerentes rotando en ciclos cortos en diversos campos, creando la necesidad de cambios de iniciativa para “dejar su huella”. Sin embargo, en la cultura de los más exitosos existe afinidad por el trabajo en equipo. Los equipos naturales de trabajo son vistos como los mayores contribuyentes al valor de la empresa, y trabajan consistentemente a largo plazo.

Los gerentes guían a los miembros hacia el crecimiento del equipo y a obtener mejores resultados bajo el esquema “ganar-ganar”. Los éxitos del equipo son logros del líder de turno.

Jerarquía de activos: define el número de elementos o componentes de una instalación y/o planta en agrupaciones secundarias que trabajan conjuntamente para alcanzar propósitos preestablecidos.

Unidades de proceso: se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio (ej. electricidad) o producto (ej. gasolina) al procesar y manipular materia prima e insumos (ej. agua, crudo, gas natural, catalizador).

Sistemas: conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso, que tienen una función específica. Ej: separación de gas, suministrar aire, regeneración de catalizador, etc.

3.7.1.2 Antecedentes. La necesidad cada día más acentuada por mejorar los estándares en materia de seguridad, ambiente y productividad de las instalaciones y sus procesos, obliga a incorporar nuevas tecnologías que permitan alcanzar las metas propuestas. En el ámbito internacional las empresas exitosas han basado su estrategia en la búsqueda de la excelencia a través de la filosofía de Clase Mundial, la cual tiene asociada la aplicación de diez prácticas. Estas prácticas son:

1. Trabajo en equipo
2. Contratistas orientadas a la productividad
3. Integración con proveedores de materiales y servicios
4. Apoyo y visión de la gerencia
5. Planificación y programación proactiva
6. Mejoramiento continuo
7. Gestión disciplinada de procura de materiales
8. Integración de sistemas
9. Gerencia de paradas de planta
10. Producción basada en confiabilidad

Todas estas prácticas están orientadas al mejoramiento de la confiabilidad operacional de las instalaciones y sus procesos, sistemas y equipos asociados, con la finalidad de hacer a las empresas más competitivas y rentables, disponer de una excelente imagen con el entorno, así como la satisfacción de sus trabajadores, clientes y suplidores.

El Análisis de Criticidad es una de las metodologías que integran la práctica 10, sin embargo puede ser utilizada de forma efectiva para acelerar la selección, desarrollo e implantación de las restantes nueve prácticas.

3.7.1.3 El Análisis de criticidad. El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como: **criticidad = Frecuencia x Consecuencia**

Donde la frecuencia esta asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de mantenimiento y los impactos en seguridad ambiental y humana.

En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

El establecimiento de criterios se basa en los seis (6) criterios fundamentales nombrados en el párrafo anterior. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis. Empezar un análisis de criticidad tiene su máxima aplicabilidad cuando se han identificado al menos una de las siguientes necesidades:

- Fijar prioridades en sistemas complejos
- Administrar recursos escasos
- Crear valor
- Determinar impacto en el negocio
- Aplicar metodologías de confiabilidad operacional

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

En el ámbito de mantenimiento: al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, detectivo e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

En el ámbito de inspección: el estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo, etc.), así como para equipos dinámicos, estáticos y estructurales.

En el ámbito de materiales: la criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de equipos y piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de planta, es decir, podemos sincerar el stock de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo optimo de inventario.

En el ámbito de disponibilidad de planta: los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los

procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

A nivel del personal: un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentra las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

Información requerida: la condición ideal sería disponer de datos estadísticos de los sistemas a evaluar que sean bien precisos, lo cual permitiría cálculos “exactos y absolutos”. Sin embargo desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una data histórica de excelente calidad, el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cual sería la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar. La información requerida para el análisis siempre estará referida con la frecuencia de fallas y sus consecuencias.

Para obtener la información requerida, el paso inicial es formar un equipo natural de trabajo integrado por un facilitador (experto en análisis de criticidad, y quien será el encargado de conducir la actividad), y personal de las organizaciones involucradas en el estudio como lo son operaciones, mantenimiento y especialidades, quienes serán los puntos focales para identificar, seleccionar y conducir al personal conocedor de la realidad operativa de los sistemas objeto del análisis.

Este personal debe conocer el sistema, y formar parte de las áreas de: operaciones, mecánica, electricidad, instrumentación, estructura, programadores, especialistas en proceso, diseñadores, etc.; adicionalmente deben formar parte de todos los estratos de la organización, es decir, personal gerencial, supervisorio, capataces y obreros, dado que cada uno de ellos tiene un nivel particular de conocimiento así como diferente visión del negocio.

Mientras mayor sea el número de personas involucradas en el análisis, se tendrán mayores puntos de vista evitando resultados parcializados, además el personal que participa nivela conocimientos y acepta con mayor facilidad los resultados, dado que su opinión fue tomada en cuenta.

Una vez establecido el grupo de trabajo se procederá a dar una ponderación a los criterios establecidos en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios de criticidad de equipos⁵.

FRECUENCIA DE FALLAS		COSTO DEL MANTENIMIENTO	
Mayor a 3 Fallas/año	5	Mayor o igual a \$1.000.000	3
Promedio 2 -3 fallas/año	4	Inferior a .\$ 1000.000	1
Buena 1 - 2 fallas/año	2		
Excelente menores de 1 falla/año	1		
IMPACTO OPERACIONAL		IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTAL Y HUMANA	
Parada inmediata de toda operación	10	Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	5
Parada de la operación y tiene repercusión en otras empresas	6	Provoca daños menores (Accidentes e Incidentes) personal propio	3
Impacta en niveles del servicio o Calidad	4	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1		
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL			
No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5		
Hay opción de repuesto compartido	2		
Función de repuesto disponible	1		

Luego se hará una tabla resumen de las ponderaciones para los anteriores criterios y se procederá a calcular la criticidad de los equipos mediante las formulas:

- **Criticidad Total = Frecuencia de fallas x consecuencia**
- **Consecuencia = (Impacto Operacional X Flexibilidad) + Costo Mantenimiento + Impacto en seguridad ambiental y humana)**

⁵ Los criterios de Criticidad de esta tabla han sido adecuados a las características que presenta una empresa prestadora de servicios como ASETPOR LTDA.

Los valores de criticidad obtenidos en este grupo de trabajo serán ordenados de mayor a menor, y serán graficados utilizando diagramas de barra, lo cual permitirá de forma fácil visualizar la distribución descendente de los sistemas evaluados.

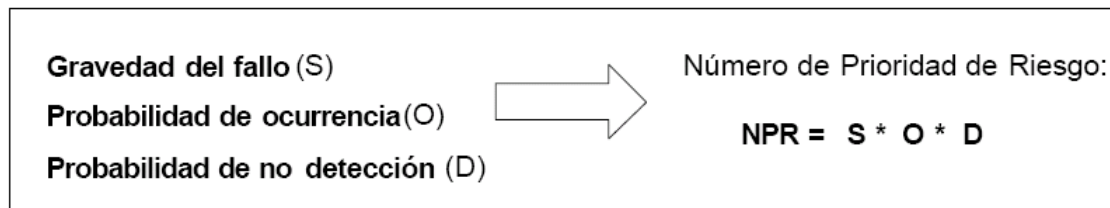
La distribución de barras, en la mayoría de los casos, permitirá establecer de forma fácil tres zonas específicas: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Esta información es la que permite orientar la toma de decisiones, focalizando los esfuerzos en la zona de alta criticidad, donde se ubica la mejor oportunidad de agregar valor y aumentar la rentabilidad del negocio.

3.7.2 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS (O ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS). El AMEF o Análisis de Modos y Efectos de Fallos, es una herramienta de máxima utilidad en el desarrollo del producto que permite, de una forma sistemática, asegurar que han sido tenidos en cuenta y analizados todos los fallos potencialmente concebibles. Es decir, el AMEF permite identificar las variables significativas del proceso/producto para poder determinar y establecer las acciones correctoras necesarias para la prevención del fallo, o la detección del mismo si éste se produce, evitando que productos defectuosos o inadecuados lleguen al cliente.

La definición exacta por lo tanto, es la siguiente: “el AMEF o Análisis de Modos y Efectos de Fallos es un método dirigido a lograr el Aseguramiento de la calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

Los términos que aparecen en la figura 2, son los llamados parámetros de evaluación. Más adelante se analizará cada uno de ellos.

Figura 2. Parámetros de evaluación de análisis de modos de efectos y fallos



Los objetivos que se pretenden alcanzar cuando se realiza un AMEF son:

- Satisfacer al cliente
- Introducir en las empresas la filosofía de la prevención
- Identificar los modos de fallo que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, etc
- Precisar para cada modo de fallo los medios y procedimientos de detección
- Adoptar acciones correctoras y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de fallo del producto, en diseño o proceso
- Valorar la eficacia de las acciones tomadas y ayudar a documentar el proceso

3.7.2.1 Cuando realizar un AMEF. Por definición el AMEF es una metodología orientada a maximizar la satisfacción del cliente mediante la reducción o eliminación de los problemas potenciales o conocidos. Para cumplir con este objetivo el AMEF se debe comenzar tan pronto como sea posible, incluso cuando

aún no se disponga de toda la información. En concreto el AMEF se debería comenzar:

- cuando se diseñen nuevos procesos o diseños- cuando cambien procesos o diseños actuales sea cual fuere la razón
- cuando se encuentren nuevas aplicaciones para los productos o procesos actuales cuando se busquen mejoras para los procesos o diseños actuales.

3.7.2.2 Tipos de AMEF. Se pueden distinguir dos tipos de AMEF según en el marco de la gestión del proceso donde se inscriba:

AMEF de diseño. Consiste en el análisis preventivo de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los mismos. Este AMEF es el paso previo lógico al de proceso porque se tiende a mejorar el diseño, para evitar el fallo posterior en producción. El AMEF es una herramienta previa de la calidad en la que:

1. Se hace un estudio de la factibilidad para ver si se es capaz de resolver el diseño dentro de los parámetros de fiabilidad establecidos.

2. Se realiza el diseño orientándolo hacia los materiales, compras, ensayos, producción, ya que los modos de fallo con ellos relacionados se tienen en cuenta en este tipo de AMEF.

El objeto de estudio de un AMEF de diseño es el producto y todo lo relacionado con su definición.

Se analiza por tanto la elección de los materiales, su configuración física, las dimensiones, los tipos de tratamiento a aplicar y los posibles problemas de realización.

AMEF de proceso. Es el "Análisis de modos de fallos y efectos" potenciales de un proceso de fabricación, para asegurar su calidad de funcionamiento y, en cuanto de él dependa, la fiabilidad de las funciones del producto exigidos por el cliente.

En el AMEF de proceso se analizan los fallos del producto derivados de los posibles fallos del proceso hasta su entrega al cliente. Se analizan, por tanto, los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (materiales, equipo, mano de obra, métodos y entorno) y cómo éstos influyen en el producto resultante.

Hay que tener claro que la fiabilidad del producto final no depende sólo del AMEF de proceso final, sino también de la calidad del diseño de las piezas que lo componen y de la calidad intrínseca con que se hayan fabricado las mismas. Sólo puede esperarse una fiabilidad óptima cuando se haya aplicado previamente un AMEF de diseño y un AMEF de proceso en proveedores externos e internos.

3.7.2.3 Conceptos. Un modo de fallo puede estar originado por una o más causas. Éstas, pueden ser independientes entre sí. También pueden combinarse

entre ellas, es decir, que el modo de fallo está condicionado a que se presenten ambas, y por último, puede que las causas estén encadenadas. En este último caso, las causas pueden ser confundidas con los modos de fallo o los efectos.

Lo más importante es establecer la cadena de sucesos en el orden correcto para una mejor comprensión del problema y una adecuada valoración de los índices de ocurrencia, de los cuales se hablará más adelante.

3.7.2.4 Descripción del Método. A continuación se indican los pasos necesarios para la aplicación del método AMEF de forma genérica, tanto para diseños como para procesos. Los pasos siguen la secuencia indicada en el formato AMEF que se presenta a continuación.

Los números de cada una de las casillas se corresponden con los pasos de aplicación del método AMEF.

Tabla 2. Formato de tabla AMEF

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS												HOJA	REVI. Nº	FECHA	POR		
DE PROCESO:						DE DISEÑO:											
PRODUCTO:						PROCESO:						RESPONSABLE:					
ESPECIFICACIÓN:						OPERACIÓN:						FECHA:					
FECHA DE EDICIÓN:						ACTUAR SOBRE NPR>QUE						REVISADO:					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	VALORACIÓN			18
														15	16	17	

- 1 Nombre del producto
- 2 Operación o función
- 3 Modo de fallo
- 4 Efectos del fallo
- 5 Gravedad del fallo
- 6 Características críticas
- 7 Causa del fallo
- 8 Probabilidad de ocurrencia
- 9 Controles actuales
- 10 Probabilidad de no detección
- 11 Número de prioridad de riesgo
- 12 Acción correctora
- 13 Definir responsables
- 14 Acciones implantadas
- 15 Nuevo valor de gravedad del fallo
- 16 Nuevo valor de probabilidad de ocurrencia
- 17 Nuevo valor de probabilidad de no detección
- 18 Nuevo número de prioridad de riesgo

3.7.2.4.1 Paso 1: Nombre del producto y componente. En la primera columna del formato AMEF se escribe el nombre del producto sobre el que se va a aplicar. También se incluyen todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto o del proceso que se vaya a utilizar para la fabricación.

3.7.2.4.2 Paso 2: Operación o función. La segunda columna se completa con distinta información según se esté realizando un AMEF de diseño o proceso.

- Para el AMEF de diseño se incluyen las funciones que realiza cada uno de los componentes, además de las interconexiones existentes entre los componentes.
- Para el AMEF de proceso se reflejan todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso de fabricación de cada componente incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

3.7.2.4.3 Paso 3: Modo de fallo. Para cumplimentar la tercera columna se recomienda comenzar con una revisión de los informes realizados en AMEFs anteriores, relacionados con el producto o proceso que se está analizando. Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él. El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación. Con esa definición, un fallo puede no ser inmediatamente detectable por el cliente y sin embargo hemos de considerarlo como tal.

3.7.2.4.4 Paso 4: Efecto/s del fallo. Suponiendo que el fallo potencial ha ocurrido, en esta columna se describirán los efectos del mismo tal como lo haría el cliente. Los efectos corresponden a los síntomas. Generalmente hacen referencia al rendimiento o prestaciones del sistema.

Cuando se analiza una parte o componente se tendrá también en cuenta la repercusión en todo el sistema, lo que ofrecerá una descripción más clara del

efecto. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirá el más grave. Entre los efectos típicos de fallo podrían citarse los siguientes:

- diseño: ruido, acabado basto, inoperante, olor desagradable, inestable, etc.
- proceso: no puede sujetar, no puede alinearse, no puede perforar, no se puede montar, etc.

Para la obtención de los efectos se utiliza mucho el "Diagrama causa-consecuencia" entendiendo por consecuencia el efecto.

3.7.2.4.5 Paso 5: Gravedad del fallo. Este índice está íntimamente relacionado con los efectos del modo de fallo. El índice de gravedad valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo. El valor del índice crece en función de:

- La insatisfacción del cliente. Si se produce un gran descontento, el cliente no comprará más.
- La degradación de las prestaciones. La rapidez de aparición de la avería.
- El coste de la reparación.

El índice de gravedad o también llamado de Severidad es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar unos criterios comunes en la empresa ha de utilizarse una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de fallo, de forma que se objetivice la asignación de valores de S. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo en que se relacionan los efectos del fallo con el índice de

severidad. En cada empresa se debería contar con unas tablas similares adaptadas al producto, servicio, diseño o proceso concreto para el que se vaya a utilizar.

Tabla 3. Clasificación según gravedad o severidad

CRITERIO	VALOR DE S
Ínfima. El efecto sería imperceptible por el usuario	1
Escasa. El cliente puede notar un fallo menor, pero solo provoca una ligera molestia	2-3
Baja. El cliente notas el fallo y le produce cierto enojo	4-5
Moderada. El fallo produce disgusto e insatisfacción del cliente	6-7
Elevada. El fallo es crítico, originando un alto grado de insatisfacción del cliente	8-9
Muy elevada. El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor	10

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones de diseño, y no se ve afectado por los controles actuales. Como la clasificación de gravedad está basada únicamente en el efecto de fallo, todas las causas potenciales del fallo para un efecto particular de fallo, recibirán la misma clasificación de gravedad.

3.7.2.4.6 Paso 6: Características críticas. Siempre que la gravedad sea 9 ó 10, y que la frecuencia y detección sean superiores a 1, consideraremos el fallo y las características que le corresponden como críticas. Estas características, que pueden ser una cota o una especificación, se identificarán con un triángulo invertido u otro signo en el documento de AMEF, en el plan de control y en el plano si le corresponde. Aunque el NPR resultante sea menor que el especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo.

3.7.2.4.7 Paso 7: Causa del fallo. En esta columna se reflejan todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. La causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras y/o preventivas puedan ser orientadas hacia las causas pertinentes. Entre las causas típicas de fallo podrían citarse las siguientes:

- **En diseño:** porosidad, uso de material incorrecto, sobrecarga, etc.

- **En proceso:** daño de manipulación, utillaje incorrecto, sujeción, amarre, etc.

Decir que al igual que en la obtención de los efectos se hacía uso del diagrama "causa-efecto", a la hora de detectar las causas de un fallo se hace uso del "Árbol de fallos" que permitirá obtener las causas origen de un fallo.

3.7.2.4.8 Paso 8: Probabilidad de ocurrencia. Ocurrencia se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. El índice de la ocurrencia representa más bien un valor intuitivo más que un dato estadístico matemático, a no ser que se dispongan de datos históricos de fiabilidad o se haya modelizado y previsto éstos. En esta columna se pondrá un valor de probabilidad de ocurrencia de la causa específica.

Tal y como se acaba de decir, este índice de frecuencia está íntimamente relacionado con la causa de fallo, y consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 10, como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 4. Clasificación según la probabilidad de ocurrencia

CRITERIO	VALOR DE O
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado	1
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado	8-9
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	10

Cuando se asigna la clasificación por ocurrencia, deben ser consideradas dos probabilidades:

- La probabilidad de que se produzca la causa potencial de fallo. Para esto, deben evaluarse todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la causa de fallo en el elemento designado.
- La probabilidad de que, una vez ocurrida la causa de fallo, ésta provoque el efecto nocivo (modo) indicado. Para este cálculo debe suponerse que la causa del fallo y de modo de fallo son detectados antes de que el producto llegue al cliente.

Para reducir el índice de frecuencia, hay que emprender una o dos acciones:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que la causa de fallo pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

El consejo que se da para reducir el índice de frecuencia de una causa es atacar directamente la "raíz de la misma". Mejorar los controles de vigilancia debe ser una acción transitoria, para más tarde buscar alguna solución que proporcione una mejora de dicho índice.

3.7.2.4.9 Paso 9: Controles actuales. En esta columna se reflejarán todos los controles existentes en la actualidad para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

3.7.2.4.10 Paso 10: Probabilidad de no Detección. Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. Se está definiendo la "no-detección", para que el índice de prioridad crezca de forma análoga al resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa. A continuación se muestra un ejemplo de tabla que relaciona la probabilidad de que el defecto alcance al cliente y el índice de no-detección.

Tabla 5. Clasificación según la probabilidad de no detección

CRITERIO	VALOR DE D
Muy escasa. El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Escasa. El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado	2-3
Moderada. El defecto es una característica de bastante fácil detección	4-5
Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa Frecuencia llegan al cliente	6-7
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos Convencionales de control y ensayo	8-9
Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable	10

Es necesario no confundir control y detección, pues una operación de control puede ser eficaz al 100%, pero la detección puede resultar nula si las piezas no conformes son finalmente enviadas por error al cliente. Para mejorar este índice será necesario mejorar el sistema de control de detección, aunque por regla general aumentar los controles signifique un aumento de coste, que es el último medio al que se debe recurrir para mejorar la calidad. Algunos cambios en el diseño también pueden favorecer la probabilidad de detección.

3.7.2.4.11 Paso 11: Número de Prioridad de Riesgo (NPR). El Número de Prioridad de Riesgo (NPR) es el producto de la probabilidad de ocurrencia, la gravedad, y la probabilidad de no detección, y debe ser calculado para todas las causas de fallo. El NPR es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras. El NPR también es denominado IPR (índice de prioridad de riesgo).

3.7.2.4.12 Paso 12: Acción correctora. En este paso se incluye una descripción breve de la acción correctora recomendada. Para las acciones correctoras es

conveniente seguir un cierto orden de prioridad en su elección. El orden de preferencia en general será el siguiente:

1. Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general.
2. Cambio en el proceso de fabricación.
3. Incremento del control o de la inspección.

Para un mismo nivel de calidad o un mismo valor del índice de prioridad NPR en dos casos, suele ser más económico el caso que no emplea ningún control de detección. Es en general más económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo (si se encuentra la manera de conseguirlo) que dedicar recursos a la detección de fallos.

Es conveniente considerar aquellos casos cuyo índice de gravedad sea 10, aunque la valoración de la frecuencia sea subjetiva y el NPR menor de 100 o del valor considerado como límite.

Cuando en un modo de fallo intervienen muchas causas que no son independientes entre sí, la primera medida correctora puede ser la aplicación del Diseño de Experimentos (DDE), que permitirá cuantificar objetivamente la participación de cada causa y dirigir acciones concretas. Es un medio muy potente y seguro para reducir directamente la frecuencia de defectos.

3.7.2.4.13 Paso 13: Definir responsables. En esta columna se indicarán los responsables de las diferentes acciones propuestas y, si se cree preciso, las fechas previstas de implantación de las mismas.

3.7.2.4.14 Paso 14: Acciones implantadas. En esta columna se reflejarán las acciones realmente implantadas que pueden, en algunos casos, no coincidir con las propuestas inicialmente recomendadas.

3.7.2.4.15 Paso 15: Nuevo Número de Prioridad de Riesgo. Como consecuencia de las acciones correctoras implantadas, los valores de la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad (S), y/o la probabilidad de no detección (D) habrán disminuido, reduciéndose, por tanto, el Número de Prioridad de Riesgo. Los nuevos valores de S, O, D y NPR se reflejarán en las columnas 15, 16, 17 y 18.

Si a pesar de la plantación de las acciones correctoras, no se cumplen los objetivos definidos en algunos Modos de Fallo, es necesario investigar, proponer el implantar nuevas acciones correctoras, hasta conseguir que el NPR sea menor que el definido en los objetivos. Una vez conseguido que los NPR de todos los modos de fallo estén por debajo del valor establecido, se da por concluido el AMEF.

3.7.2.5 Implantación del AMEF. Como requisito previo necesario para implantar el AMEF en una empresa hay que contar con el apoyo de la gerencia. Conseguir el apoyo de la gerencia es muy importante, ya que la elaboración del AMEF:

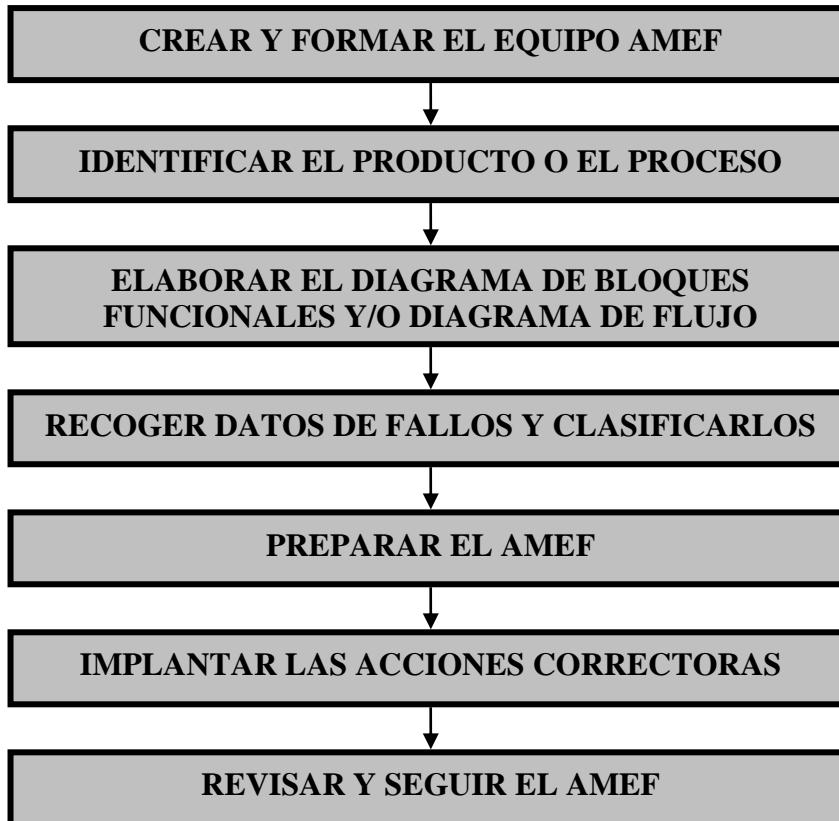
- Se realiza en horas de trabajo.

- Implica cambios (y los cambios cuestan dinero y no son fáciles de hacer).

- se llega a conclusiones que requieren el apoyo de la dirección.

La gerencia tiene que conocer el método, apoyar su aplicación y animar al Equipo de trabajo, ya que la persistencia en el esfuerzo es uno de los factores de éxito. Las etapas para la implantación sistemática del AMEF en la empresa se pueden apreciar en la figura 3.

Figura 3. Etapas para la implantación del AMEF



A continuación se analizan cada una de estas etapas:

1. Crear y formar el equipo AMEF: los miembros del grupo deben formarse específicamente en el método AMEF y también en las técnicas de análisis y solución de problemas. La práctica más usual es formar un grupo base como

máximo de 6 personas, de las áreas de Ingeniería, Métodos, Producción y Calidad para que luego éstas sean capaces de formar a los miembros que se incorporen a los grupos de AMEF.

Hay que explicar a todos los miembros del equipo lo que es el AMEF, diagramas de flujo o de bloques funcionales, las técnicas estadísticas que se van a emplear (variabilidad, CEP,...), Plan de control, los diagramas de Ishikawa (causa-efecto), etc.

2. Identificar el producto o proceso: el grupo base se ocupa de identificar sobre qué producto y/o proceso se va a aplicar el AMEF y quién va a ser el responsable de dirigirlo y realizarlo. Cuando se quiera utilizar el AMEF sobre un proceso o producto y no se tenga claro Sobre cual hacerlo, una buena técnica a utilizar puede ser la tormenta de ideas, seguido de una labor de priorización de las oportunidades de mejora que surjan.

3. Elaborar el Diagrama de Flujo y/o diagramas de Bloques funcionales: para los AMEF de proceso se preparan diagramas de flujo. Para los AMEF de diseño se estudia el diagrama de bloques funcionales del conjunto final y el proceso de diseño.

El diagrama de flujo es como una fotografía del proceso. Es la representación esquemática y cronológica de las operaciones que componen la elaboración del producto. Además, sirve para tomar como punto de partida la documentación del proceso: gamas de control, puntos críticos, Para su realización se utilizan una serie de símbolos con su significado correspondiente.

El diagrama de bloques funcionales representa de forma esquemática las Partes que componen un sistema y sus relaciones físicas o funcionales. Conviene simplificarlo cuando el producto a estudiar sea muy complejo, para que los integrantes del equipo puedan comprenderlo sin problemas.

El Plan de control es un documento escrito que recoge las acciones encaminadas a planificar la calidad para un proceso, producto y/o servicio específico. El Plan de control lista todas las características de diseño y parámetros del proceso consideradas importantes para lograr la satisfacción del cliente y que requieren acciones específicas para lograr alcanzarlas.

El AMEF es el método que identifica las características críticas y significantes de un proceso o producto y por tanto es el punto de partida para iniciar un Plan de control.

4. Recoger datos de fallos y clasificarlos: para la realización del AMEF es necesario dirigir al grupo hacia la identificación de los problemas potenciales de calidad del producto o del proceso, de una forma estructurada.

Para ello, antes de comenzar el análisis exhaustivo del producto o del proceso, es necesario que el responsable del AMEF disponga de toda la información relevante del producto o del proceso implicado.

5. Preparar el AMEF: el grupo de AMEF, mediante una o varias reuniones y haciendo uso de la documentación aportada por el responsable del AMEF, de sus conocimientos y de las técnicas de análisis y solución de problemas más adecuadas en cada caso, comienza la aplicación del AMEF al producto o al proceso designado. Para ello, completa en primer lugar el encabezamiento del formato AMEF con los datos correspondientes (producto, proceso, especificación, fecha, etc.).

Se completan también las columnas 1 y 2 del formato, asegurando que no se olvida ningún componente. A continuación, y haciendo uso del método más adecuado (por ejemplo. la tormenta de ideas, el diagrama causa-efecto), se comienzan a identificar los diferentes Modos de Fallo. Para cada uno se determina:

- El efecto del fallo
- La causa del fallo
- La probabilidad de ocurrencia
- La gravedad
- La probabilidad de no detección
- El índice de prioridad de riesgo
- Las acciones correctoras
- La responsabilidad de implantar las acciones correctoras

Todo ello, siguiendo la metodología expuesta en la pregunta anterior y reflejando la información correspondiente en las columnas 3 a 12 del formato. Con la definición de las acciones correctoras concluye la etapa inicial de aplicación del AMEF.

6. Implantar las acciones correctoras: el responsable de implantar cada una de las acciones correctoras propuestas es el encargado de planificar y asegurar su realización práctica. Si es preciso efectúa los ajustes o las modificaciones oportunas, con objeto de optimizar el resultado.

7. Revisar y seguir el AMEF: una vez implantadas las acciones correctoras, con objeto de mejorar los Números de Prioridad del Riesgo en los modos de fallos seleccionados, el equipo AMEF se debe reunir con los responsables de la implantación, para evaluar los resultados. El responsable de la implantación de cada una de las acciones correctoras propuestas informa al grupo sobre cuáles han sido implantadas y cuándo, así como de los resultados obtenidos en la evaluación de las acciones tomadas.

Con estos datos, el equipo AMEF comienza a redefinir la probabilidad de ocurrencia, la gravedad y la probabilidad de no detección de aquellos modos de fallo sobre los que se hayan tomado acciones correctoras, con objeto de calcular el nuevo Número de Prioridad del Riesgo (NPR). Estos datos se reflejan en las columnas 14 a 18. Si con los nuevos NPR se cumplen los objetivos definidos en el AMEF para el producto o proceso afectado, el AMEF puede ser dado por concluido.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el AMEF es un proceso dinámico y requiere revisiones periódicas, con objeto de tenerlo siempre actualizado. Especialmente, es conveniente en los siguientes casos:

- Cuando se realicen modificaciones que afecten al producto o al proceso estudiado.
- Cuando se encuentren nuevas aplicaciones para el producto o proceso actual.
- Cuando existan reclamaciones importantes por parte de los clientes.
- Cuando corresponda por la periodicidad establecida.
- Cuando interese realizar mejoras sobre el producto o proceso.

Beneficios de la Aplicación del AMEF: los principales beneficios que se obtienen al aplicar este método son los siguientes:

Potencia la atención al cliente. En la aplicación del método AMEF y la consiguiente reducción, al mínimo, del Número de Prioridad de Riesgo, lo que se pretende es que el efecto para los clientes (tanto externos como internos) de los posibles modos de fallo sea el mínimo posible. Esto se consigue mediante las acciones correctoras.

Potencia la comunicación entre los departamentos. La organización para la realización del AMEF requiere que diversos departamentos de la empresa colaboren en la búsqueda de los modos de fallo y sus soluciones. Esta interacción facilita la comunicación entre departamentos, de forma que los problemas no se observan como relativos a un departamento, sino al conjunto de la empresa.

Facilita el análisis de los productos y los procesos. La estructuración sistemática del AMEF permite recopilar una enorme cantidad de información que de otra forma sería imposible. Además, proporciona la información necesaria para decidir qué es lo que se debe hacer y por qué, de forma clara y concisa, fomentando la participación del grupo.

Mejora la calidad de los productos y los procesos. El AMEF permite, mediante la ponderación y la selección, proponer y aplicar las acciones correctoras que mejoran el diseño o el proceso, de forma que se reduce el riesgo de ocurrencia de ineficacias y, por lo tanto, el resultado es una mejora de la calidad del producto o del proceso.

Reduce los costes operativos. La filosofía de la prevención y de la mejora continua, que subyace en el AMEF, ayuda a eliminar las ineficiencias existentes, con la consiguiente reducción en tiempo y dinero.

Ayuda a cumplir con requisitos ISO 9000 y directivas europeas de responsabilidad de productos. La razón por la que el AMEF se aplica a todos los apartados de la norma ISO 9000, es porque el AMEF comparte el objetivo y el espíritu de modo de prevención que impregna este estándar. Se debe recordar siempre que por definición el AMEF es una herramienta que quiere optimizar el sistema, diseño, proceso y/o servicio a través de la modificación, mejora y/o eliminación de cualquier problema conocido o potencial.

3.8 ESTIMACIÓN DE COSTOS

3.8.1 Razones para hacer una estimación de costos. Las estimaciones de costos se realizan por motivos diferentes. A continuación se presentan algunas:

- **Control de costos:** es decir que se usan los estimados para realizar evaluaciones del desempeño de los procesos en lo referente a los costos.

- **La decisión de implementar o no determinado proyecto:** en este caso se busca establecer una comparación estimada de las variaciones de los costos con relación a la implementación de un proyecto; se busca demostrar porque es recomendable implementarlo.

- **Fijación del precio de venta:** el estimado se usa para determinar los precios de venta de productos o servicios.

- **Verificación de las cotizaciones de los proveedores (análisis de compras):** la función de estimar suele establecerse con el solo propósito de verificar las cotizaciones del proveedor en el trabajo de suministro externo.

3.8.2 Diferentes tipos de estimaciones de costos. Los estimados pueden realizarse de muchas maneras diferentes, dependiendo del uso de los estimados y de la cantidad de detalles.

3.8.3 La importancia de entender los métodos de estimación: cada estimador debe entender todos los métodos de estimación y cuando se debe aplicar cada uno, ya que ningún método resolverá todos los problemas de cálculo.

3.8.4 Las estimaciones a ojo: hacer estimaciones a ojo es un término empleado para describir la estimación que carece de detalles. Este tipo de estimado se basa en la experiencia y el juicio.

3.8.5 La estimación presupuestaria: la estimación presupuestaria también puede ser una estimación a ojo, pero se utiliza con otro propósito. La estimación presupuestaria se utiliza para obtener el costo de una parte de pieza, ensamble o proyecto. Este tipo de estimado suele ser alto, ya que el estimador comprende que un estimado bajo podría crear muchos problemas.

3.8.6 La estimación de proyectos: la estimación de proyectos es, con mucho, la tarea de cálculo más compleja de todas y esto es especialmente cierto en el caso de proyectos muy extensos.

3.8.7 Estimación de costos de mantenimiento. Este tipo de estimación de costos se realiza al momento de comparar Metodologías de Gestión de Mantenimiento diferentes, por ejemplo la comparación de costos entre un posible

Programa de Gestión del Mantenimiento Preventivo vs. Una Metodología de Mantenimiento Correctivo.

- Predeterminar los costos de mantenimiento estimando el valor de la mano de obra directa y los repuestos que se consideran se deben obtener en el futuro.

- Comparar posteriormente los costos estimados de cada tipo de mantenimiento.

Para finalizar, una estimación de costos en mantenimiento indica lo que puede costar realizar determinado tipo de mantenimiento, es decir que brinda criterios de decisión para la implementación de un Modelo de Gestión de Mantenimiento.

4 JUSTIFICACIÓN

ASETPOR LTDA es una empresa que brinda asesorías y servicios técnicos y portuarios, a los buques y embarcaciones que arriban al puerto de Santa Marta o que se encuentran en el área. También presta sus servicios a algunas empresas locales; adicionalmente la empresa cuenta con certificaciones como: Lloyds Register y el BASC. Debido a lo anterior, se convierte en un factor vital garantizar la disponibilidad y confiabilidad de sus equipos. Debido a que esta es una empresa muy joven, con menos de seis años de edad y un equipo de personas formadas en su interior, carece de una planeación estructurada de Gestión del Mantenimiento que le permita reducir costos operacionales, y paradas obligadas en la prestación de sus servicios. La Gestión del Mantenimiento practicada actualmente en esta organización consiste en la ejecución del mantenimiento correctivo, el cual genera demasiadas paradas y una excesiva fuga de capital causada por la frecuente compra de repuestos y pago continuo de los mantenimientos correctivos al personal operativo y proveedores externos de Mantenimiento. Vemos como la elaboración de un Modelo de Gestión de Mantenimiento Basado en Análisis de Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos, garantizaría la disponibilidad de maquinaria y equipo para la prestación de sus servicios, minimizando el abuso y el deterioro; lográndolo con el menor costo posible y a largo plazo.

5 OBJETIVOS

5.1. GENERAL

Diseñar un Modelo de Gestión del Mantenimiento basado en Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos, para las máquinas críticas de ASETPOR Ltda., que brinde pautas para la creación y organización del Departamento de Mantenimiento.

5.2. ESPECÍFICOS

- Elaborar un inventario de los equipos empleados por ASETPOR Ltda., para la prestación de sus servicios

- Establecer una codificación a todas las máquinas de la empresa, con el fin de facilitar el control sobre la ejecución de los trabajos de mantenimiento sobre estas.

- Establecer y medir indicadores de Gestión que permitan evaluar la disponibilidad de los equipos, con el fin de establecer parámetros para la evaluación de la criticidad de estos, como también la fijación de la frecuencia de las tareas de mantenimiento a desarrollar.

- Realizar un análisis de criticidad a los equipos con el objeto de determinar las máquinas que generan el mayor impacto a nivel económico en dicha organización y consecuentemente enfocar el Modelo de Gestión del Mantenimiento hacia los puntos críticos de esta.

- Realizar un Análisis de Modos y Efectos de Fallos a los equipos críticos y elaborar un programa de Gestión de mantenimiento para estos, teniendo en cuenta los criterios brindados por el AMEF.

- Establecer la documentación requerida para la creación formal del Departamento de Mantenimiento por medio de la elaboración de un organigrama que lo incluya, elaboración de las descripciones de cargos del personal de mantenimiento, preparación de flujogramas de mantenimiento correctivo y preventivo, como también un procedimiento y formatos requeridos para el registro de datos de mantenimiento.

- Estimar los costos de las actividades de mantenimiento preventivo versus mantenimiento correctivo, para determinar el impacto económico que el presente Modelo de Gestión del Mantenimiento puede ocasionar en la Organización ASETPOR LTDA.

6. FORMULACIÓN Y GRAFICACIÓN DE HIPÓTESIS

6.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

El mantenimiento de equipos, representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias para la organización, a quien esta inversión se le revertirá en mejoras en su producción.

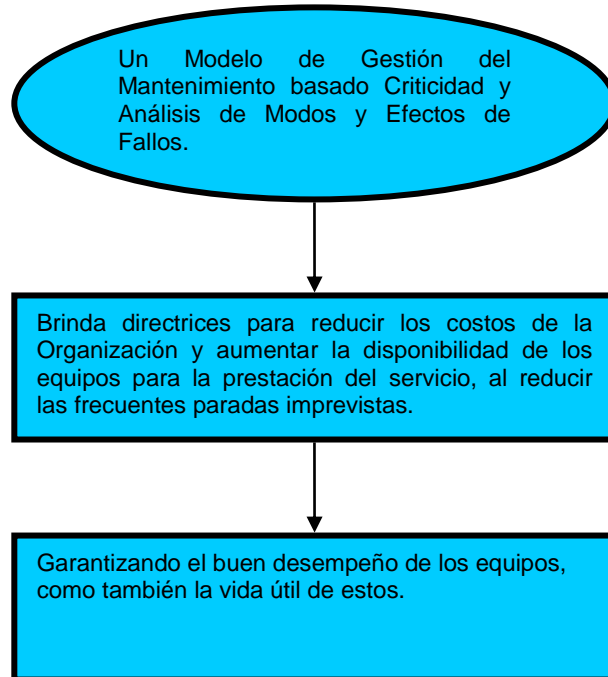
Por medio del Diseño de un Modelo de Gestión del Mantenimiento basado en Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de fallos, buscamos que la empresa ASETPOR Ltda mejore su sistema de producción mediante la ocurrencia de los siguientes aspectos:

- Garantizar la disponibilidad de los equipos para la correcta prestación de los servicios.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes pre citados.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Aprovechamiento óptimo del recurso humano.
- Garantizar que los equipos lleguen a su vida útil.

- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.

6.2. GRAFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Figura 4. Graficación de la hipótesis



7. DISEÑO METODOLÓGICO SEGÚN LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN.

7.1. SELECCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS

Para la realización de la presente investigación consideramos los siguientes indicadores como los principales para el diseño del Modelo de Gestión de Mantenimiento:

- TMEF: Tiempo promedio entre fallos
- TMPR: Tiempo promedio para reparar
- Disponibilidad
- Criticidad

7.2. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO GEOGRÁFICO Y TEMPORAL DEL ESTUDIO

La presente investigación se llevará a cabo en un lapso comprendido entre Octubre del 2006 y Febrero del 2007. De igual manera, estará enmarcada en el Diseño de un Modelo de Gestión del Mantenimiento Basado en Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos, para la empresa ASETPOR Ltda., dicho modelo no será validado debido a restricciones de costos de la Organización.

La empresa ASETPOR LTDA. Tiene sus localidades ubicadas en el parque industrial Santa Cruz concepción 4 bodega 6 – santa marta D.T.C.H, y además de realizar actividades productivas en sus instalaciones, también lleva a cabo operaciones en la jurisdicción de la Capitanía de Puerto de Santa Marta y en los diferentes puertos y agencias que solicitan sus servicios en las áreas de Puerto Zúñiga (**Drummond – Prodeco**) y Sociedad Portuaria. Bajo el esquema de un servicio eficiente, oportuno y seguro, para esto cuenta con personal calificado a nivel técnico y de mucha experiencia.

7.3. FORMA DE OBSERVAR LA POBLACIÓN

Este proyecto estará basado en la información prestada por la empresa tal como hojas de vidas de los equipos y formatos de inspecciones, entrevistas con técnicos de la empresa y operadores de los equipos. Dadas estas características se obtiene una serie de información necesaria para el Diseño de un Modelo de Gestión del Mantenimiento Basado en Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos para la empresa ASETPOR LTDA.

En base a la información utilizaremos métodos deductivos que constan de tres etapas:

1. Planteamiento de la situación ya existente en mantenimiento de las máquinas o equipos de la empresa ASETPOR Ltda.
2. Recolección y diagnóstico del material bibliográfico sobre el tema tratado que nos servirá para la elaboración y recopilación del Marco Teórico Conceptual; dicha investigación nos proporcionará información para lograr

la elaboración del Modelo de Gestión de Mantenimiento que permita optimizar el desempeño normal en las actividades de la empresa.

3. Diseñar un Modelo de Gestión del Mantenimiento basado en Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos para la empresa ASETPOR Ltda, el cual está orientado hacia el aumento de la disponibilidad de los equipos, como también la reducción de costos del mantenimiento.

7.4. TÉCNICAS O INSTRUMENTOS A UTILIZAR PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

7.4.1. Recolección de La Información.

7.4.1.1 Fuentes

7.4.1.1.1 Fuente primaria. Para recolectar la información requerida de la fuente primaria, las herramientas a utilizar son:

Observación directa: Se realizarán visitas a la empresa Asetpor Ltda., observando los equipos utilizados para la prestación del servicio.

Entrevistas: Se realizarán entrevistas al Jefe de Compras, Almacenista, Operarios y Técnicos de Mantenimiento, con el fin de garantizar una información veraz y confiable del estado de la organización.

7.4.1.1.2 Fuente secundaria. Para la recolección de la información secundaria en el presente estudio se acudió a los libros científicos y/o de ingeniería, manuales de máquinas, artículos publicados en las diversas paginas Web de empresas y organizaciones reconocidas en Internet, también se revisarán estudios de Gestión del Mantenimiento realizados, como las Memorias de grado.

7.4.2. Técnicas o Procedimientos de Análisis

Realizar inventario y codificación de equipos: consiste en la realización de un listado detallado de los equipos utilizados en ASETPOR LTDA, como también la elaboración de una codificación por funciones desempeñadas por estos.

Establecimiento y medición de Indicadores de Gestión: consiste en establecer los indicadores a tener en cuenta para medir la Gestión del Mantenimiento.

Selección de equipos a incluir en el Programa de Gestión del Mantenimiento: Esta se realizará luego de un Análisis de criticidad de estos, donde se evaluarán los equipos que ejercen el mayor impacto en los costos de la organización.

Especificaciones y listados de componentes de los equipos críticos: consiste en una descripción general de las especificaciones de los equipos críticos, como también la presentación de los listados de componentes de los equipos seleccionados, los cuales serán tenidos en cuenta para la realización del Análisis de Modos y Efectos de Fallos.

Análisis de Modos y Efectos de fallos de los equipos críticos de la empresa ASETPOR Ltda: empleando información de los registros de los equipos, entrevistas con empleados de la empresa, consulta de manuales de operación y libros de mantenimiento, se analizarán los modos y los efectos de fallos de estos, con el fin de determinar las actividades de mantenimiento y la frecuencia para ejecutarlas.

Elaboración del Programa de Mantenimiento de los equipos: en este se describirán las tareas de mantenimiento a desarrollar en los equipos seleccionados, como también la frecuencia de estas, también se presentará un Cronograma de Actividades de Mantenimiento.

Documentación del Modelo de Gestión de mantenimiento: en este punto se desarrollarán las actividades tales como creación de formatos (Ordenes de trabajo, etc.), documentación propuesta para el departamento de mantenimiento (Procedimiento de mantenimiento de equipos, Organigrama del departamento de mantenimiento, descripciones de cargos del personal de mantenimiento).

Estimación de costos de Mantenimiento para los equipos críticos: con la realización de la estimación de costos generados a partir de las actividades

preventivas y correctivas para las máquinas críticas de la empresa se establecerá una comparación de carácter cuantitativo que demuestre la influencia en la parte económica de la planeación del mantenimiento dentro de la organización.

Recomendaciones para el incremento de la Disponibilidad de equipos: con base a los resultados del presente proyecto se realizaran recomendaciones para aumentar la disponibilidad de los equipos de ASETPOR LTDA.

8 RESULTADOS ESPERADOS

8.1 RESULTADO DIRECTO

Generar una herramienta que permita implementar un Programa de Gestión del Mantenimiento basado en Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Fallos, enfocado al aumento de la confiabilidad de los equipos de empresas que dentro de sus procesos requieran el uso de máquinas con la mayor disponibilidad posible para satisfacer a sus clientes y prestar un excelente servicio, Como también la reducción de costos de mantenimiento.

8.2 RESULTADOS INDIRECTOS:

Este trabajo es un paso para que las empresas del sector manufacturero de la región caribe empiecen a pensar en establecer planes para la mejora de su competitividad por medio del aumento de la confiabilidad y calidad de sus equipos y servicios.

Este proyecto se va a desarrollar por medio de una metodología enmarcada en la recolección y análisis de la información, de la cual se espera generar directrices para el desarrollo de un Modelo de Gestión del Mantenimiento que esté orientado a identificar los puntos críticos que se deben trabajar en las organizaciones para mejorar la prestación del servicio y disminuir costos operacionales.

Adicionalmente, se pretende contribuir a la consolidación de proyectos de grado en la Universidad del Magdalena, en los cuales las herramientas de confiabilidad sean aplicadas.

Finalmente, se espera que este Modelo sirva como base para implementar Sistemas de Gestión del Mantenimiento en empresas de la misma actividad económica que Asetpor Ltda.

9 IMPACTO ESPERADO

La empresa de la misma actividad económica que decida llevar a cabo la implementación de este modelo, logrará beneficios tales como contar con un personal capacitado, ya que la aplicación de este modelo exige la sensibilización y capacitación del personal de la empresa en cuanto al uso de herramientas de confiabilidad, filosofía de la prevención y satisfacción del cliente, de igual forma, lograrán reducir sus costos de operación de manera significativa dirigiendo sus esfuerzos económicos hacia la mejora de su infraestructura y/o de los procesos de esta.

De igual forma, este proyecto servirá como fuente de orientación para generación de acciones de mejora en empresas que deseen implementar o mejorar un sistema de gestión de calidad, ambiental o de seguridad.

Por otra parte, con los resultados de este proyecto se espera constituir un punto de partida para el desarrollo a nivel regional de proyectos de investigación basados en metodologías de confiabilidad, los cuales a su vez dotarían de herramientas para la mejora de la confiabilidad y calidad de las empresas a nivel regional, aumentando así la competitividad de dichas empresas.

Finalmente, este interés por garantizar la disponibilidad de los equipos de las empresas del sector manufacturero de la región caribe, generaría la necesidad de contratar a personal con habilidades en estas herramientas, lo cual constituiría una ventaja para los Ingenieros industriales y demás profesionales capacitados en Metodologías de Confiabilidad, los cuales serian la primera opción en el mercado laboral al momento de liderar este tipo de proyectos.

10 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN

Este proyecto es de gran ayuda para las empresas que se mueven en el área de mantenimiento y que quieran desarrollar un sistema confiable de gestión, para mantener su organización en el mercado competitivo manejando completamente los parámetros de confiabilidad, por lo tanto se cree pertinente la socialización de este por medio de la publicación en el área destinada para las Tesis de Grado de la Biblioteca de la Universidad del Magdalena, como también de la publicación a través de un portal destinado a la publicación y consulta de trabajos de investigación.

11. LIMITACIONES

- Falta de documentos y formatos adecuados para la obtención completa de la información en la Organización.
- Carencia de manuales estándar para algunos equipos.
- Falta de confiabilidad de los registros de actividades de mantenimiento realizadas en la Organización.

12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 6. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																				FECHA MAXIMA A EJECUTAR	
		SEGUIMIENTO Y CONTROL PARA LOS AÑOS																					
		2006 y 2007																					
		Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero					
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Recolección de la información del Marco teórico																					Tercera semana de Octubre	
2	Recolección de la información de la organización																					Ultima semana de Noviembre	
3	Realizar inventario y codificación de equipos.																					Tercera semana de Noviembre	
4	Establecer Indicadores de Gestión.																					Primera semana de Diciembre	
5	Selección de equipos a incluir en el Programa de Gestión del Mantenimiento (Análisis de criticidad)																						Primera semana de Enero
6	Análisis de Modos y efectos de fallos de los equipos seleccionados.																						Segunda semana de Enero
7	Elaboración del Programa de mantenimiento de los equipos críticos.																						Tercera semana de Enero
8	Documentación del Modelo de Gestión de mantenimiento																						Cuarta semana de Enero
9	Estimación de costos para las actividades de mantenimiento preventivas y correctivas																						Primera semana de Febrero
10	Hacer recomendaciones para el incremento de la disponibilidad de los equipos																						Segunda semana de febrero
10	Finalización y entrega del proyecto.																						Tercera semana de Febrero

13. PRESUPUESTO

Los gastos estimados para la realización de este proyecto se encuentran resumidos en la Tabla 7.

Tabla 7. Presupuesto global del proyecto.

RUBROS	FONCIENCIAS	UNIMAG (CAPACIDAD INSTALADA)	OTRAS FUENTES	TOTAL
Personal	-	-	Investigadores	\$ 2.020.667
otros insumos	-	-	Investigadores	\$ 385.000
Equipo	Compra	-	Investigadores	\$ 1.374.000
	Arriendo	-	Investigadores	-
	Uso	-	Investigadores	-
Salidas de campo	-	-	Investigadores	\$ 280.000
imprevistos	-	-	Investigadores	\$ 405.967
TOTAL				\$ 4.465.634

Una descripción mas detallada de los gastos de la investigación puede apreciarse en las tablas 8,9, 10 y 11.

Tabla 8. Descripción de los gastos del personal.

INVESTIGADOR	FORMACION ACADEMICA	FUNCION DENTRO DEL PROYECTO	RECURSOS	TOTAL
Tatiana Cervantes	Universitaria	Investigadores	Propia de investigadores	\$ 2.020.667
Jean Mercado	Universitaria	Investigadores		\$ 2.020.667
TOTAL				\$ 4.041.334

Tabla 9. Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio.

Cantidad	Descripcion	Justificacion	Vr. Unitario	TOTAL
1	Computador Clon pentium 4	Digitación y realización del proyecto	\$ 1.374.000	\$ 1.374.000
TOTAL				\$ 1.374.000

Tabla 10. Valoraciones salidas de campo.

Cantidad	Descripcion	Justificacion	Vr. Unitario	TOTAL
30	Visitas a la empresa	Busqueda de informacion y entrevistas con técnicos	\$ 8.000	\$ 240.000
5	visitas a bibliotecas de la ciudad	busqueda de información para le realización del proyecto	\$ 8.000	\$ 40.000
TOTAL				\$ 280.000

Tabla 11. Otros insumos.

Cantidad	Descripcion	Justificacion	Vr. Unitario	TOTAL
3	Resmas de papel tamaño carta	Impresión de borradores y proyecto	\$ 12.000	\$ 36.000
1	Memoria USB de 1 Giga	Guardar informacion para la elaboracio del proyecto	\$ 200.000	\$ 200.000
3	Cds-RW	Copiar el proyecto y copias de seguridad	\$ 2.000	\$ 6.000
200	Fotocopias	Fotocopiar la informacion encontrada en libros y/o revistas	\$ 50	\$ 10.000
1	cartucho de impresora Hp 3535 #27	Impresiones necesarias para la elaboracion del proyecto	\$ 65.000	\$ 65.000
3	Recargas para cartucho Hp #27	Impresiones necesarias para la elaboracion del proyecto y Impresio del informe final	\$ 9.500	\$ 28.500
6	Argollados	Presentacion de borradores al tutor	\$ 3.000	\$ 18.000
1	Empastado	Presentacion del proyecto final	\$ 22.000	\$ 22.000
TOTAL				\$ 385.500

14. ACTIVIDADES DE CRONOGRAMA

14.1 INVENTARIO DE EQUIPOS

Un pilar fundamental para la planeación del Mantenimiento la constituye el inventario de los equipos de la organización, ya que la información brindada por este es el punto de partida para una adecuada codificación e identificación de los equipos críticos de la organización.

En el caso de ASETPOR Ltda., al ser una empresa prestadora de servicios técnicos portuarios, realiza procesos de sandblasting, adecuación de contenedores, reparaciones, mantenimientos y reconstrucciones de estructuras en general (buques, lanchas, sistemas de amarre, etc.); por lo tanto cuenta con un inventario compuesto por: equipos de soldadura, de extracción e impulsión, compresores y motocompresores, equipos de corte y desbaste, equipos de perforación y generadores eléctricos.

En la tabla 12 se observa el inventario de equipos de ASETPOR LTDA.

Tabla 12. Inventario de equipos de ASETPOR LTDA.

EQUIPO	CANTIDAD
HOBART BETA-MIG 1800 , Accesorios: Rollo de soldadura de alambre de 0.035 mm, tobera, difusor, boquilla, gel inwell, manómetro	2
MILLER DIALARC 250 AC/DC , Accesorios: Cable porta masa, cable porta electrodo	1
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL , Accesorios Cable porta masa, cable porta electrodo	1
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400 , Accesorios Cable porta masa, cable porta electrodo	2
LINCOLN ELECTRIC RX 520 , Accesorios: cable porta masa y cable porta electrodo	1
LINCOLN ELECTRIC RX 450 , Accesorios: cable porta masa y cable porta electrodo	1
MILLER BOB CAT 250 NT , Accesorios: cable porta masa y cable porta electrodo	1
INVERSOR POWCON , Accesorios: cable porta masa y cable porta electrodo	1
INVERSOR MILLER MODELO CST 280 , Accesorios: cable porta masa y cable porta electrodo	2
INVERSOR ARC TIC 300 , Accesorios: cable porta masa y cable porta electrodo, regulador de Argón	1
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE) , Accesorios: cable porta masa y cable porta electrodo	1
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000 , Accesorios: Cable encauchetado, capacitor de encendido	1
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000 , Accesorios: Conductos de extracción	3
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO , Accesorios: Cable encauchetado, capacitor de encendido	7
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V , Accesorios: pistola para pintar, manguera extensión 110Vac	2
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750 , Accesorios: Mangueras, escafandra, boquillas, tolva de arena	1
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3" , Accesorios: Mangueras	1
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V , Accesorios: Pistola, manguera, boquilla	1
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620 , Accesorios: Manguera	1
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm , Accesorios: Piedra para esmeril, gratas con cerdas de bronce	1
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm , Accesorios: Discos para corte	1
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V , Accesorios: Disco de corte dentado	2
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	3
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	1
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP , Accesorios: Disco de seguridad, llaves y protector	7
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V , Accesorios: Disco de seguridad, llaves y protector	2
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	1
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm , Accesorios: Llaves para mandril	2
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm , Accesorios: Llaves para mandril	2
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS , Accesorios: cable de conexión	1
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	1

14.2 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Para dar inicio a cualquier proceso de Gestión de Mantenimiento deben considerarse algunos aspectos vitales. Tal es el caso de la codificación de los equipos y/o máquinas, la cual debe realizarse para evitar la ocurrencia de errores dentro del proceso.

Existen distintas metodologías para la realización de la codificación, pero algo que está presente en todas es la necesidad de que este código responda a las características del equipo o máquina.

La codificación de los equipos permite una mayor organización de los trabajos y facilita el control de las acciones y los recursos, pero la principal ventaja está dada en la organización de los recursos según el histórico, ya que a pesar de todos los inconvenientes que se presentan a lo largo de la historia de un equipo, todas las acciones, reparaciones y los recursos que intervinieron en su mantenimiento quedan almacenados en un soporte informático o en su respectivo expediente técnico.

La codificación de los equipos es una herramienta para la identificación y seguimiento de los equipos, como también para el control de activos.

14.2.1 Descripción de la metodología de codificación. Para la nomenclatura de equipos de ASETPOR LTDA procedimos a realizar una codificación basada en la clasificación de los equipos según sus funciones y/o categorías. Dicha metodología es descrita a continuación.

XX XX XX

A B C

- El carácter A es literal y corresponde al conjunto al que pertenece el equipo, de acuerdo al orden presentado en la tabla 13:

Tabla 13. Codificación por conjunto de equipos.

CODIGO	CONJUNTO DE EQUIPOS
ES	EQUIPOS DE SOLDADURA
EI	EQUIPOS DE EXTRACCIÓN E IMPULSIÓN
CM	COMPRESORES Y MOTOCOMPRESORES
CD	EQUIPOS DE CORTE Y DESBASTE
EP	EQUIPO DE PERFORACIÓN
GE	GENERADORES ELECTRICOS

- El carácter B es numérico y corresponde al número de la máquina dentro de un conjunto específico. La numeración de este carácter es presentada a continuación para cada conjunto de equipos, de acuerdo al siguiente orden:

Tabla 14. Codificación carácter B para equipos de soldadura.

CODIGO	EQUIPO DE SOLDADURA
01	HOBART BETA-MIG 1800
02	MILLER DIALARC 250 AC/DC
03	MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL
04	LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400
05	LINCOLN ELECTRIC RX 520
06	LINCOLN ELECTRIC RX 450
07	MILLER BOB CAT 250 NT
08	INVERSOR POWCON
09	INVERSOR MILLER MODELO CST 280
10	INVERSOR ARC TIC 300
11	MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V 110 V(ELEFANTE)
12	MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000

Tabla 15. Codificación carácter B para equipos de extracción e impulsión.

CODIGO	EQUIPO DE EXTRACCION E IMPULSION
01	EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000
02	EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO
03	BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"
04	HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V
05	MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620

Tabla 16. Codificación carácter B para compresores y motocompresores.

CODIGO	COMPRESORES Y MOTOCOMPRESORES
01	COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V
02	MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750

Tabla 17. Codificación carácter B para equipos de corte y desbaste.

CODIGO	EQUIPOS DE CORTE Y DESBASTE
01	ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm
02	CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm
03	SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V
04	MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V
05	CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm
06	PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP
07	PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V

Tabla 18. Codificación carácter B para equipos de perforación.

CODIGO	EQUIPOS DE PERFORACION
01	TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm
02	TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm
03	TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm

Tabla 19. Codificación carácter B para generadores eléctricos.

CODIGO	GENERADORES ELECTRICOS
01	PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 500 WATTS
02	PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW

- Debido a que para algunos equipos se cuenta con mas de una unidad, se crea el carácter "C", el cual es numérico consecutivo y representa el correlativo de la cantidad de equipos de un mismo tipo existente. La tabla 20 presenta la codificación de los equipos de ASETPOR LTDA, empleando la metodología descrita anteriormente.

Tabla 20. Codificación de equipos de ASETPOR LTDA.

EQUIPO	CÓDIGO
HOBART BETA-MIG 1800 GRIS No 1	ES0101
HOBART BETA-MIG 1800 ROJO No 2	ES0102
MILLER DIALARC 250 AC/DC No 1	ES0201
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL No 1	ES0301
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400 No 1	ES0401
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400 No 2	ES0402
LINCOLN ELECTRIC RX 520 No 1	ES0501
LINCOLN ELECTRIC RX 450 No 1	ES0601
MILLER BOB CAT 250 NT No 1	ES0701
INVERSOR POWCON No 1	ES0801
INVERSOR MILLER MODELO CST 280 No 1	ES0901
INVERSOR MILLER MODELO CST 280 No 2	ES0902
INVERSOR ARC TIC 300 No 1	ES1001
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE) No 1	ES1101
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000 No 1	ES1201
EQUIPO DE EXTRACCION E IMPULSION	
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000 No 1	EI0101
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000 No 2	EI0102
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000 No 3	EI0103
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO No 1	EI0201
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO No 2	EI0202
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO No 3	EI0203
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO No 4	EI0204
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO No 5	EI0205
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO No 6	EI0206
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO No 7	EI0207
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3" No 1	EI0301
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V No 1	EI0401
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620 No 1	EI0501
COMPRESORES Y MOTOCOMPRESORES	
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V No 1	CM0101
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V No 2	CM0102
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750 No 1	CM0201
EQUIPOS DE CORTE Y DESBASTE	
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm No 1	CD0201
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm No 1	CD0301
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V No 1	CD0302
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V No 2	CD0401
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V No 1	CD0402
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V No 2	CD0403
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V No 3	CD0501
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm No 1	CD0601
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP No 1	CD0601
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP No 2	CD0602
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP No 3	CD0603
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP No 4	CD0604
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP No 5	CD0605
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP No 6	CD0606
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP No 7	CD0607
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V No 1	CD0701
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V No 2	CD0702
EQUIPOS DE PERFORACION	
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm No 1	EP0101
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm No 1	EP0201
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm No 2	EP0202
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm No 1	EP0301
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm No 2	EP0302
GENERADORES ELÉCTRICOS	
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 500 WATTS No 1	GE0101
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW No 1	GE0201

14.3 ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES DE GESTIÓN

Las actividades de Gestión de Mantenimiento pueden medirse con parámetros enfocados a la toma de decisiones, con el fin de monitorear la gestión y de esa manera asegurar que las actividades estén en el sentido correcto, para facilitar la evaluación de los resultados de una gestión frente a sus objetivos, metas y responsabilidades.

Los indicadores de gestión permiten conocer condiciones de un proceso en determinado momento y pueden proporcionar un panorama de la situación de este. Si se emplean de forma oportuna y actualizada permitirán tener un control adecuado sobre una situación dada. La principal importancia de los indicadores radica en que según las tendencias que vayan mostrando se pueden predecir situaciones y actuar de manera pertinente.

ASETPOR Ltda. Es una organización con la necesidad de establecer y medir indicadores que le permitan tomar decisiones más adecuadas a sus responsabilidades y necesidades. Los cuales deben representar un marco informativo al momento de la toma de decisiones para con el mantenimiento y para con la empresa en general. La principal preocupación de esta empresa radica en garantizar un servicio efectivo a sus clientes, lo cual exige una alta disponibilidad de los equipos.

Con base a lo anterior, hemos identificado los siguientes indicadores de gestión para la planeación del mantenimiento en la organización ASETPOR Ltda.

- Tiempo Promedio Entre Fallas
- Tiempo Promedio Para Reparar
- Disponibilidad
- Criticidad

14.3.1 Descripción de indicadores de Gestión establecidos.

14.3.1.1 Tiempo promedio entre fallas (T.P.E.F). Mide el Tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El tiempo promedio para fallar también es llamado “Tiempo Promedio Operativo” o “Tiempo Promedio Hasta La Falla”.

Los resultados obtenidos para estos indicadores constituyen el punto de partida para planificar el mantenimiento en esta organización, y serán tenidos en cuenta para la elaboración del análisis de criticidad de los equipos.

14.3.1.2 Tiempo promedio para reparar (TPPR). Este indicador es la medida de distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Mide la efectividad de restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

El tiempo promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la Mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del

diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento). Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado, y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

14.3.1.3 Disponibilidad (D). La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el TPEF y el TPPR, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

Es un indicador que nos puede mostrar de manera clara una efectividad de la eficiencia en nuestra Gestión del Mantenimiento. La fórmula para el cálculo de la disponibilidad es: $T.P.E.F / (T.P.E.F + T.P.P.R) \times 100^6$.

14.3.1.4 Criticidad. La criticidad es un indicador que permite conocer el impacto que genera un equipo a nivel organizacional, teniendo en cuenta factores tales como: frecuencia de fallas, costo del mantenimiento, impacto operacional, impacto en seguridad ambiental y humana y flexibilidad operacional.

14.3.2 Cálculo de indicadores de gestión actuales en ASETPOR LTDA. La metodología empleada para la obtención de los indicadores de gestión de ASETPOR LTDA consistió en una reconstrucción de la información por medio

⁶ A. Kelly, M.I.Harris. Gestión del Mantenimiento Industrial. Fundación Repsol publicaciones.

de una ardua retroalimentación con los técnicos de mantenimiento y operarios de las máquinas. Esto se hizo necesario debido a que aunque en la organización existían registros de mantenimiento de algunos equipos, no constituían esta información confiable, ya que no eran diligenciados de manera regular. Cabe señalar que dicha retroalimentación fue realizada con el personal más antiguo de la organización y vinculados directamente con la operación de las máquinas. A continuación se describen detalladamente los pasos seguidos para el cálculo de los indicadores.

14.3.2.1 Estimación del tiempo promedio entre fallos (TPEF). Para la estimación de este indicador en primer lugar se realizaron entrevistas con los técnicos y operarios. En el caso de los tipos específicos de equipos que existen en cantidades mayores a uno, los indicadores respectivos se analizaron por grupos, asumiendo como cantidad de fallas las totales presentadas por todos los equipos pertenecientes a cada grupo.

En la tabla 21 se muestran la cantidad de fallas anuales presentadas por cada equipo en ASETPOR LTDA.

Tabla 21. Fallas anuales de los equipos de Asetpor Ltda.

EQUIPO	CANT.	No Fallas Anuales
HOBART BETA-MIG 1800	2	3
MILLER DIALARC 250 AC/DC	1	1
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	1	2
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	2	2
LINCOLN ELECTRIC RX 520	1	1
LINCOLN ELECTRIC RX 450	1	0
MILLER BOB CAT 250 NT	1	1
INVERSOR POWCON	1	2
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	2	1
INVERSOR ARC TIC 300	1	0
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	1	3
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	1	2
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	3	1
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	7	2
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	2	2
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	1	4
BOMBA SUMERGIBLE	1	2
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	1	0
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	1	2
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	1	1
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	1	0
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	2	1
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	3	0
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	1	0
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	7	1
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	2	2
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	1	2
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	2	0
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	2	0
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	1	3
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	1	3

Con los datos de la cantidad de fallas anuales por equipo se procede a calcular el tiempo promedio entre fallas empleando la siguiente fórmula, en la cual asumimos que el tiempo promedio entre fallas es una función del número de fallas por año. En la siguiente formula asumiremos un año compuesto por 365 días.

$$TPEF = \frac{365}{No.defallas / año}$$

La tabla 22 describe el Tiempo promedio entre fallos de los equipos de Asetpor Ltda.

Tabla 22. Tiempo promedio entre fallos para los equipos de ASETPOR LTDA⁷.

EQUIPO	CANT.	No Fallas Anuales	T.P.E.F
HOBART BETA-MIG 1800	2	3	121,6667
MILLER DIALARC 250 AC/DC	1	1	365
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	1	2	182,5
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	2	2	182,5
LINCOLN ELECTRIC RX 520	1	1	365
LINCOLN ELECTRIC RX 450	1	0	NA
MILLER BOB CAT 250 NT	1	1	365
INVERSOR POWCON	1	2	182,5
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	2	1	365
INVERSOR ARC TIC 300	1	0	NA
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	1	3	121,6667
MAQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	1	2	182,5
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	3	1	365
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	7	2	182,5
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	2	2	182,5
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	1	4	91,25
BOMBA SUMERGIBLE	1	2	182,5
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	1	0	NA
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	1	2	182,5
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	1	1	365
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	1	0	NA
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	2	1	365
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	3	0	NA
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	1	0	NA
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	7	1	365
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	2	2	182,5
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	1	2	182,5
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	2	0	NA
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	2	0	NA
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	1	3	121,6667
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	1	3	121,6667

*

14.3.2.2 Estimación del tiempo promedio para reparar (TPPR). Con el fin de obtener el tiempo promedio para reparar (TPPR) se manejó la misma metodología empleada para el cálculo del Tiempo Promedio Entre Fallas.

Por medio de entrevistas a los técnicos de la empresa se estimaron valores de Tiempos Promedio Para Reparar (TPPR_n), estimados de acuerdo a la experiencia de estos, con el fin de obtener información de soporte para realizar un promedio general de la duración de estas actividades.

⁷ Para los equipos con un número de fallas anual igual a cero no aplicará la estimación del tiempo promedio entre fallos.

En los casos en que el número de fallas anuales de los equipos era igual a cero no se estimó el tiempo promedio para reparar, ya que se asume que el equipo tiene una disponibilidad del 100%.

La cantidad de $TPPR_n$ para cada equipo es igual al número de fallas anuales de estos.

Los valores de $TPPR_n$ calculados para los equipos pueden observarse en la tabla 23.

Tabla 23, Tiempos promedio para reparar estimados.

EQUIPO	No Fallas Anuales	TPPR 1(horas)	TPPR 2(horas)	TPPR 3(horas)	TPPR 4(horas)
HOBART BETA-MIG 1800	3	4	5	3	
MILLER DIALARC 250 AC/DC	1	0,5			
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	2	1500	1860		
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	2	115	125		
LINCOLN ELECTRIC RX 520	1	24			
LINCOLN ELECTRIC RX 450	0				
MILLER BOB CAT 250 NT	1	72			
INVERSOR POWCON	2	2020	2012		
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	1	181,5			
INVERSOR ARC TIC 300	0				
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	3	566	545	569	
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	2	1530	1518		
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	1	0,25			
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	2	95	97		
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	2	331	341		
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	4	210	250	275	225
BOMBA SUMERGIBLE	2	2	2		
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	0				
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	2	10,5	14		
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	1	3			
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	0				
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	1	96			
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	0				
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	0				
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19,5 AMP	1	96			
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	2	100	92		
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	2	2,5	3,5		
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	0				
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	0				
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	3	160	158	186	
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	3	22	26	24	

Una vez establecidos los $TPPR_n$ se procede a realizar un promedio para estimar el TPPR de los equipos por medio de la fórmula:

$$TPPR = \frac{\sum_0^n TPPR_n}{n}, \text{ donde } n = \text{No de fallas anuales.}$$

En la tabla 24 se presentan los valores obtenidos del TPPR de los equipos de ASETPOR LTDA.

Tabla 24. Tiempo promedio para reparar⁸.

EQUIPO	No Fallas	TPPR(Horas)
HOBART BETA-MIG 1800	3	4
MILLER DIALARC 250 AC/DC	1	0,5
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	2	1680
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	2	120
LINCOLN ELECTRIC RX 520	1	24
LINCOLN ELECTRIC RX 450	0	NA
MILLER BOB CAT 250 NT	1	72
INVERSOR POWCON	2	2016
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	1	181,5
INVERSOR ARC TIC 300	0	NA
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	3	560
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	2	1524
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	1	0,25
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	2	96
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	2	336
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	4	240
BOMBA SUMERGIBLE	2	2
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	0	NA
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	2	12,25
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	1	3
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	0	NA
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	1	96
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	0	NA
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	0	NA
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	1	96
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	2	96
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	2	3
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	0	NA
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	0	NA
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	3	168
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	3	24

⁸ Para los equipos con fallas anuales igual a cero No aplica la estimación del tiempo promedio para reparar.

14.3.2.3 Estimación de la Disponibilidad (D). Para valorar la Disponibilidad de los equipos de ASETPOR LTDA empleamos la siguiente Fórmula:

$$\text{Disponibilidad (D)} = \frac{TPEF}{(TPEF + TPPR)} \times 100$$

La siguiente tabla muestra los valores estimados de la disponibilidad de los equipos de ASETPOR LTDA, como también los valores de TPEF y TPPR.

Tabla 25. Indicadores de Gestión del mantenimiento de Asetpor Ltda.

EQUIPO	T.P.E.F	TPPR(Horas)	Disponibilidad
HOBART BETA-MIG 1800	121,667	4	99,8632%
MILLER DIALARC 250 AC/DC	365	0,5	99,9943%
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	182,5	1680	72,2772%
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	182,5	120	97,3333%
LINCOLN ELECTRIC RX 520	365	24	99,7268%
LINCOLN ELECTRIC RX 450	NA	NA	100,0000%
MILLER BOB CAT 250 NT	365	72	99,1848%
INVERSOR POWCON	182,5	2016	68,4803%
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	365	181,5	97,9701%
INVERSOR ARC TIC 300	NA	NA	100,0000%
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	121,667	560	83,9080%
MAQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	182,5	1524	74,1870%
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	365	0,25	99,9971%
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	182,5	96	97,8552%
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	182,5	336	92,8753%
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	91,25	240	90,1235%
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"	182,5	2	99,9544%
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	NA	NA	100,0000%
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	182,5	12,25	99,7211%
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	365	3	99,9658%
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	NA	NA	100,0000%
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	365	96	98,9160%
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	NA	NA	100,0000%
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	NA	NA	100,0000%
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	365	96	98,9160%
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	182,5	96	97,8552%
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	182,5	3	99,9316%
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	NA	NA	100,0000%
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	NA	NA	100,0000%
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	121,667	168	94,5596%
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	121,667	24	99,1848%

14.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS

Con el fin de dirigir los esfuerzos hacia los equipos que generan el mayor impacto en la Organización utilizamos una herramienta que nos proporcionara la información necesaria para la identificación y selección de los equipos críticos dentro de la empresa ASETPOR LTDA, el análisis de criticidad

14.4.1 Análisis de criticidad. Consiste en una herramienta de la confiabilidad, empleada para seleccionar equipos, componentes o sistemas de acuerdo a diferentes criterios. La metodología empleada por esta herramienta es descrita a continuación.

14.4.1.1 Frecuencia de fallas. La frecuencia de fallas son las veces en que se avería un equipo. Para el análisis de este criterio tuvimos en cuenta el tiempo promedio entre fallos de los equipos (T.P.E.F).

La cuantificación de la frecuencia de fallas para cada equipo puede observarse en la tabla 26.

Tabla 26. Cuantificación de frecuencia de fallas para equipos.

EQUIPO	FRECUENCIA	CUANTIFICACIÓN
HOBART BETA-MIG 1800	2 - 3 fallas/año	4
MILLER DIALARC 250 AC/DC	1 - 2 fallas/año	2
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	1 - 2 fallas/año	2
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	1 - 2 fallas/año	2
LINCOLN ELECTRIC RX 520	1 - 2 fallas/año	2
LINCOLN ELECTRIC RX 450	Menor de 1 falla/año	1
MILLER BOB CAT 250 NT	1 - 2 fallas/año	2
INVERSOR POWCON	1 - 2 fallas/año	2
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	1 - 2 fallas/año	2
INVERSOR ARC TIC 300	Menor de 1 falla/año	1
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	2 - 3 fallas/año	4
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	1 - 2 fallas/año	2
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	Menor de 1 falla/año	1
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	1 - 2 fallas/año	2
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	1 - 2 fallas/año	2
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	Mayor a 3 fallas/año	5
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"	1 - 2 fallas/año	2
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	Menor de 1 falla/año	1
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	1 - 2 fallas/año	2
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	1 - 2 fallas/año	2
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	Menor de 1 falla/año	1
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	1 - 2 fallas/año	2
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	Menor de 1 falla/año	1
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	Menor de 1 falla/año	1
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	1 - 2 fallas/año	2
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	1 - 2 fallas/año	2
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	1 - 2 fallas/año	2
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	Menor de 1 falla/año	1
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	Menor de 1 falla/año	1
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	2 - 3 fallas/año	4
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	2 - 3 fallas/año	4

14.4.1.2 Costo del mantenimiento. Los costos de mantenimiento hacen referencia al costo promedio que genera la reparación de las fallas del equipo, incluye mano de obra, repuestos, etc. La cuantificación de los costos de mantenimiento se realizó en compañía del Jefe de compras de ASETPOR LTDA, quien es el encargado de manejar las actividades de mantenimiento en esta organización. En la tabla 27 se observa la cuantificación dada a cada equipo en lo referente a los costos de mantenimiento.

Tabla 27. Cuantificación de costos de mantenimiento.

EQUIPO	COSTO DE MANTENIMIENTO	CUANTIFICACIÓN
HOBART BETA-MIG 1800	Mayor o igual a \$1.000.000	3
MILLER DIALARC 250 AC/DC	Mayor o igual a \$1.000.000	3
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	Mayor o igual a \$1.000.000	3
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	Mayor o igual a \$1.000.000	3
LINCOLN ELECTRIC RX 520	Mayor o igual a \$1.000.000	3
LINCOLN ELECTRIC RX 450	Mayor o igual a \$1.000.000	3
MILLER BOB CAT 250 NT	Mayor o igual a \$1.000.000	3
INVERSOR POWCON	Mayor o igual a \$1.000.000	3
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	Mayor o igual a \$1.000.000	3
INVERSOR ARC TIC 300	Mayor o igual a \$1.000.000	3
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	Mayor o igual a \$1.000.000	3
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	Mayor o igual a \$1.000.000	3
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	Mayor o igual a \$1.000.000	3
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	Inferior a .\$ 1000.000	1
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	Inferior a .\$ 1000.000	1
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	Mayor o igual a \$1.000.000	3
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"	Inferior a .\$ 1000.000	1
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	Inferior a .\$ 1000.000	1
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	Inferior a .\$ 1000.000	1
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	Inferior a .\$ 1000.000	1
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	Inferior a .\$ 1000.000	1
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	Inferior a .\$ 1000.000	1
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	Inferior a .\$ 1000.000	1
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	Inferior a .\$ 1000.000	1
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	Inferior a .\$ 1000.000	1
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	Inferior a .\$ 1000.000	1
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	Inferior a .\$ 1000.000	1
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	Inferior a .\$ 1000.000	1
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	Inferior a .\$ 1000.000	1
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	Inferior a .\$ 1000.000	1
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	Mayor o igual a \$1.000.000	3

14.4.1.3 Impacto operacional. Con este criterio queremos evaluar el porcentaje de producción que se afecta cuando incurre la falla del equipo. La evaluación del impacto operacional se llevó a cabo de manera similar a la metodología para cuantificar los costos de mantenimiento.

La cuantificación del impacto operacional para cada equipo se presenta en la tabla 28.

Tabla 28. Cuantificación del impacto operacional

EQUIPO	IMPACTO OPERACIONAL	CUANTIFICACIÓN
HOBART BETA-MIG 1800	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
MILLER DIALARC 250 AC/DC	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
LINCOLN ELECTRIC RX 520	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
LINCOLN ELECTRIC RX 450	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
MILLER BOB CAT 250 NT	Parada de la operación y tiene repercusión en otros empresas	6
INVERSOR POWCON	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
INVERSOR ARC TIC 300	Impacta en niveles del servicio o Calidad	4
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	Parada de la operación y tiene repercusión en otros empresas	6
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	Impacta en niveles del servicio o Calidad	4
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	Impacta en niveles del servicio o Calidad	4
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO.	Parada inmediata de toda operación	10
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	Impacta en niveles del servicio o Calidad	4
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	Parada inmediata de toda operación	10

14.4.1.4 Flexibilidad operacional. En este caso, la flexibilidad operacional hace referencia a la posibilidad de reponer la pérdida con componentes o equipos en stand by.

Los resultados en lo referente a la calificación por equipo con respecto a la flexibilidad operacional se presentan en la tabla 29.

Tabla 29. Cuantificación de flexibilidad operacional.

EQUIPO	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	CUANTIFICACIÓN
HOBART BETA-MIG 1800	Función de repuesto disponible	1
MILLER DIALARC 250 AC/DC	Hay opción de repuesto compartido	2
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	Hay opción de repuesto compartido	2
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	Hay opción de repuesto compartido	2
LINCOLN ELECTRIC RX 520	Hay opción de repuesto compartido	2
LINCOLN ELECTRIC RX 450	Hay opción de repuesto compartido	2
MILLER BOB CAT 250 NT	Hay opción de repuesto compartido	2
INVERSOR POWCON	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	Hay opción de repuesto compartido	2
INVERSOR ARC TIC 300	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	Hay opción de repuesto compartido	2
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	Función de repuesto disponible	1
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	Función de repuesto disponible	1
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	Función de repuesto disponible	1
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	Hay opción de repuesto compartido	2
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	Hay opción de repuesto compartido	2
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	Función de repuesto disponible	1
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	Función de repuesto disponible	1
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	Función de repuesto disponible	1
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	Función de repuesto disponible	1
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	Función de repuesto disponible	1
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	Función de repuesto disponible	1
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	Función de repuesto disponible	1
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	Hay opción de repuesto compartido	2
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23	No existe opción de producción y no existe función de repuesto	5

14.4.1.5 Impacto en seguridad ambiental y humana. Este criterio evalúa la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados, con daños a personas y al ambiente.

La cuantificación dada a cada equipo, con relación a su impacto en la seguridad ambiental y humana es descrita en la tabla 30.

Tabla 30. Cuantificación de impacto en seguridad ambiental y humana.

EQUIPO	IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTAL Y HUMANA	CUANTIFICACIÓN
HOBART BETA-MIG 1800	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
MILLER DIALARC 250 AC/DC	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
LINCOLN ELECTRIC RX 520	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
LINCOLN ELECTRIC RX 450	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
MILLER BOB CAT 250 NT	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
INVERSOR POWCON	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
INVERSOR ARC TIC 300	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	Provoca daños menores (Accidentes e Incidentes) personal propio	3
MAQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	5
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	Provoca daños menores (Accidentes e Incidentes) personal propio	3
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	Provoca daños menores (Accidentes e Incidentes) personal propio	3
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	Provoca daños menores (Accidentes e Incidentes) personal propio	3
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	Provoca daños menores (Accidentes e Incidentes) personal propio	3
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	No provoca ningún tipo de daños a personas, Instalaciones o al ambiente	0
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	Provoca daños menores (Accidentes e Incidentes) personal propio	3
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	5

14.4.1.6 Resumen de cuantificaciones para los equipos. En la tabla 31 se muestra un resumen de las cuantificaciones obtenidas por los equipos, de acuerdo a cada criterio del análisis de criticidad.

Tabla 31. Resumen de cuantificaciones para equipos.

Equipo	Frec.d e fallas	Imp.O p-	Flex. op	Costo Mtto	Imp.en seg amb y humana
HOBART BETA-MIG 1800	4	2	1	3	0
MILLER DIALARC 250 AC/DC	2	2	2	3	0
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	2	2	2	3	0
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	2	2	2	3	0
LINCOLN ELECTRIC RX 520	2	2	2	3	0
LINCOLN ELECTRIC RX 450	1	2	2	3	0
MILLER BOB CAT 250 NT	2	6	2	3	0
INVERSOR POWCON	2	2	5	3	0
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	2	2	2	3	0
INVERSOR ARC TIC 300	1	4	5	3	0
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	4	6	5	3	3
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	2	2	2	3	0
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	1	4	1	3	0
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	2	1	1	1	0
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	2	4	1	1	0
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	5	10	5	3	5
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"	2	2	5	1	0
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	1	2	5	1	0
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	2	2	5	1	0
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	2	2	2	1	0
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	1	2	2	1	3
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	2	2	1	1	3
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	1	2	1	1	0
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	1	4	5	1	0
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	2	2	1	1	3
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3. 10.000 rpm 120 V	2	2	1	1	3
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	2	2	1	1	0
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	1	2	1	1	0
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	1	2	1	1	3
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	4	2	2	1	1
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	4	10	5	3	5

14.4.1.7 Cálculo de la criticidad de los equipos. Una vez obtenidas las cuantificaciones para cada criterio, calculamos la criticidad mediante las siguientes formulas:

- **Criticidad Total⁹ = Frecuencia de fallas x consecuencia**
- **Consecuencia = (Impacto Operacional X Flexibilidad) + Costo Mtto. + Impacto SAH)**

⁹ Ing. Rosendo Huerta Mendoza. El Análisis de criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad operacional. Club_mantener@.

En la tabla 32 se puede observar el resumen de los resultados de la consecuencia y criticidad total de los equipos de ASETPOR LTDA.

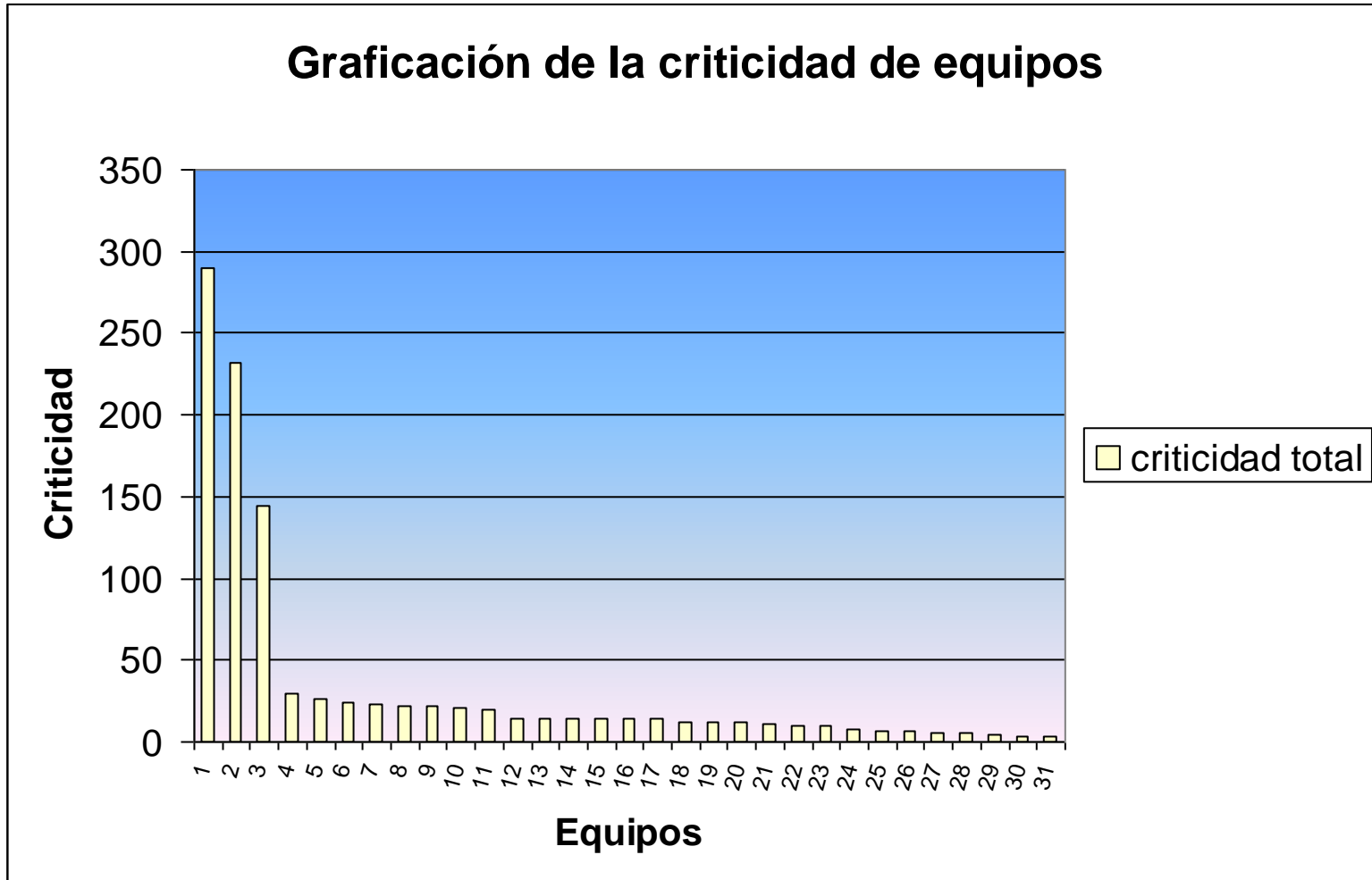
Tabla 32. Consecuencia y criticidad de equipos.

Equipo	consecuencia	frecuencia	criticidad total
HOBART BETA-MIG 1800	5	4	20
MILLER DIALARC 250 AC/DC	7	2	14
MAQUINA DE SOLDAR MILLER THUNDERBOLT XL	7	2	14
LINCOLN ELECTRIC IDEALARC R3R-400	7	2	14
LINCOLN ELECTRIC RX 520	7	2	14
LINCOLN ELECTRIC RX 450	7	1	7
MILLER BOB CAT 250 NT	15	2	30
INVERSOR POWCON	13	2	26
INVERSOR MILLER MODELO CST 280	7	2	14
INVERSOR ARC TIC 300	23	1	23
MOTOR SOLDADOR 400 ANP DIESEL 2 RUEDAS GRANDE CON SALIDA 220.V-110 V(ELEFANTE)	36	4	144
MÁQUINA DE SOLDAR TURBO EURO 2000	7	2	14
EXTRACTOR INDUSTRIAL AMERIC VAF 10" 3000	7	1	7
EXTRACTOR SEMI-INDUSTRIAL DE 14" METÁLICO	2	2	4
COMPRESOR PEQUEÑO 1/2 HP 110 V	5	2	10
MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750	58	5	290
BOMBA SUMERGIBLE ARWUNA 3"	11	2	22
HIDROLAVADORA KARCHER 650 HP 220V	11	1	11
MOTOBOMBA PEDROLLO 1 HP CPM 620	11	2	22
ESMERIL DOBLE FUNCION 3600 rpm	5	2	10
CORTADORA DE TUBOS DW 28700-B3 3800 rpm	8	1	8
SIERRA CIRCULAR SEMI INDUSTRIAL DW 3384,5800 rpm, 120 V	6	2	12
MOTOR TOOL DW 887 25000 rpm, 120 V	3	1	3
CALADORA DW 318, de 0 a 310 rpm	21	1	21
PULIDORA GRANDE DEWALT 7" a 9" x 19.5 AMP	6	2	12
PULIDORA PEQUEÑA DW 403-B3, 10.000 rpm 120 V	6	2	12
TALADRO HYSSA TOOLS 3/4 HP de 210 a 3670 rpm	3	2	6
TALADRO DE MEDIA DW 131, 450 rpm	3	1	3
TALADRO PEQUEÑO DW 245,800 rpm	6	1	6
PLANTA ELECTRICA MARCA HONDA 5000 WATTS	6	4	24
PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW	58	4	232

La metodología para la selección de los equipos para aplicarles el modelo de gestión del mantenimiento consiste en seleccionar los dos equipos con el valor mas alto de criticidad, es decir los que producen el mayor impacto a nivel general en la organización ASETPOR LTDA.

La figura 5 permite identificar los equipos críticos de ASETPOR LTDA, y con base en la metodología aplicada establecer una comparación visual de la criticidad de dichos equipos.

Figura 5. Graficación de criticidad de equipos*



*Cada número del presente gráfico representa un equipo, la correspondencia entre números y equipos se muestra a continuación.

1. Motor compresor atlas copco. XAZ-750
2. Planta eléctrica grande FG WILSON PJ30 23 KW
3. Motor soldador 400 ANP Diesel 2 ruedas grande con salida 220v-110 v(elefante)
4. Miller Bob Cat 250 Nt
5. Inversor Powcon
6. Planta Electrica Marca Honda 5000 Watts
7. Inversor Arc Tic 300
8. Bomba sumergible Arwuna 3"
9. Motobomba pedrollo 1 Hp Cpm 620
10. Caladora Dw 318, de 0 a 310 Rpm
11. Hobart beta-Mig 1800
12. Miller Dialarc 250 Ac/Dc
13. Maquina de soldar Miller Thunderbolt XI
14. Lincoln Electric Idealarc R3r-400
15. Lincoln Electric RX 520
16. Inversor Miller Modelo CST 280
17. Máquina de soldar turbo euro 2000
18. Sierra circular Semi industrial DW 3384,5800 Rpm, 120 v
19. Pulidora grande Dewalt 7" a 9" x 19.5 amp
20. Pulidora pequeña DW 403-b3, 10.000 Rpm 120 v
21. Hidrolavadora Karcher 650 Hp 220v
22. Compresor Pequeño 1/2 Hp 110 v
23. Esmeril doble Función 3600 Rpm
24. Cortadora de tubos dw 28700-b3 3800 Rpm
25. Lincoln Electric rx 450
26. Extractor industrial Americ VAF 10" 3000
27. Taladro Hyssa Tools 3/4 Hp de 210 a 3670 Rpm
28. Taladro pequeño Dw 245,800 Rpm
29. Extractor Semi-Industrial de 14" Metálico
30. Motor Tool Dw 887 25000 Rpm, 120 v
31. Taladro de media Dw 131, 450 Rpm

14.4.1.8 Equipos seleccionados. De acuerdo a los criterios de selección brindados anteriormente por el análisis de criticidad se escogieron los siguientes equipos por ser los que presentan el valor más alto.

- **PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW, Cod. GE0201**

- **MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO ATLAS COPCO. XAZ-750, Cod. CM0201**

14.5 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS (AMEF)

El análisis de Modos y Efectos de Fallos comprende siete etapas, para el presente modelo solo se desarrollará el AMEF hasta la quinta etapa, la cual es preparación del AMEF. La etapas seis y siete no están incluidas en este estudio debido que el presente modelo no contempla la implementación y solo comprende la etapa de diseño. Cabe señalar que el Análisis de Modos y Efectos de Fallos a realizar consiste en un AMEF de diseño, ya que en este se analizarán las principales fallas potenciales de los componentes de los equipos.

14.5.1 Creación del equipo AMEF. Para la conformación del equipo AMEF, inicialmente se indagó acerca de las personas con mayor experiencia en la operación y mantenimiento de las máquinas, más específicamente la planta eléctrica blanca y el Moto Compresor Atlas Copco. Finalmente se conformo el equipo, que quedó compuesto por:

- Investigadores y Líderes de Equipo AMEF(2)
- Técnico Electricista(1)
- Técnico Mecánico (1)
- Técnico Electromecánico (1)
- Operador de Atlas Copco (1)

14.5.2 Identificación del producto (Selección de equipos). Los equipos seleccionados para la realización del análisis de modos y efectos de fallos, fueron escogidos previamente mediante el análisis de criticidad y son en efecto:

- PLANTA ELÉCTRICA GRANDE FG WILSON PJ30 23 KW, Cod. GE0201

- MOTOR COMPRESOR ATLAS COPCO. XAZ-750, Cod. CM0201

14.5.2.1 Especificaciones y listados de componentes de Planta Eléctrica Grande FG WILSON PJ30 23 KW, cod GE0201. Para el caso de la planta eléctrica grande, la obtención de las especificaciones generales y los listados de componentes se realizó gracias a la recopilación y reconstrucción de datos, los cuales fueron obtenidos de consultas realizadas en textos, manuales de plantas similares, técnicos con alta experiencia en el trabajo de mantenimiento a plantas eléctricas y por supuesto, los técnicos encargados del mantenimiento de esta maquina en la organización ASETPOR LTDA.

Tabla 33. Especificaciones generales de planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 Kw. Cod GE0201.

Marca: FG Wilson
Modelo: PJ30
Potencia de Servicio continuo: 23 KW
Voltaje nominal de generación: 220/127 V
Temperatura de operación: 38°C
Peso aproximado: 653Kg
Frecuencia: 60 Hz
Regulación de voltaje: +-1%
Regulación de frecuencia: +- 4%
Numero de fases: 3
Numero de hilos: 8
Tiempo para proporcionar plena carga en unidades automáticas: 5 a 8 seg

Tabla 34. Componentes de la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 Kw. Cod GE0201

Sistema de Combustible
1) Bomba de inyección Tipo rotatorio
2) Gobernador mecánico
3) Inyectores
4) Tuberías
5) Mangueras
6) Válvula solenoide para corte de combustible
7) Filtro de cartucho reemplazable
Sistema de Enfriamiento
1) Radiador industrial
2) Bomba centrífuga
3) Ventilador
4) Termostato
5) Alarma indicadora de alta temperatura
6) Cubierta protectora para radiador
7) Cubierta protectora para ventilador
Sistema de Lubricación
1) Bomba
2) filtro
3) Carter
4) Alarma indicadora de baja presión de aceite
5) Medidor
Sistema de Aire de Admisión
1) filtro de aire
2) múltiple de admisión
3) Ductos y codos
Sistema de Gases de Escape
1) Múltiple de escape
2) Codo adaptador del turbo
3) Silenciador
4) Tubo de acero
5) Empaques
6) Juego de tornillería

Sistema de Arranque y Carga
1) Motor de arranque de 12 V
2) Alternador
3) Batería 4 D
Sistema de Medición y Control del Motor Diesel
1) Horometro
2) Reloj de temperatura
3) Manómetro

14.5.2.2 Especificaciones y listados de componentes del Motor Compresor ATLAS COPCO. XAZ-750, Cod. CM0201

Tabla 35. Especificaciones generales del Motor Compresor ATLAS COPCO. XAZ-750, Cod. CM0201.

Marca: Atlas Copco
Modelo: XA 750
Presión: 7 bares
Voltaje: 12 voltios
Temperatura de operación: 38°C
Peso aproximado: 840 kg
Amperaje: 100 amp

Tabla 36. Componentes del Motor Compresor ATLAS COPCO. XAZ-750, Cod. CM0201.

Sistema de Aire
1) filtro de aire
2) descargador con válvula de estrangulación de aspiración de aire
3) elemento compresor
4) válvula de retención
5) deposito de aire/ separador de aceite con elemento separador de aceite
6) válvula de presión mínima con válvula antirretorno
7) Válvula de purga
Sistema de Aceite
1) Deposito de aire/ separador de aceite
2) Refrigerador de aceite
3) Filtro de aceite
4) Válvula de cierre de aceite

Sistema de regulación de velocidad y descarga
1) Válvula de regulación
2) Regulador de velocidad del motor
3) Descargador
Sistema Eléctrico
1) Interruptores térmicos
2) Interruptores de presión
3) Interruptores de fallo de la correa trapezoidal
Sistema de Medición y Control del Motor Diesel
1) Horometro
2) Reloj de temperatura
3) Reloj de revoluciones por minuto

14.5.3 Elaboración de diagramas de bloques funcionales. Debido a que el AMEF a elaborar es de diseño, se muestran a continuación los diagramas de bloques funcionales de las máquinas seleccionadas.

Los diagramas de bloques funcionales de la planta eléctrica grande y del motor compresor atlas copco, pueden apreciarse en las figuras 6 y 7, respectivamente.

Figura 6. Diagrama de bloques funcionales de planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201

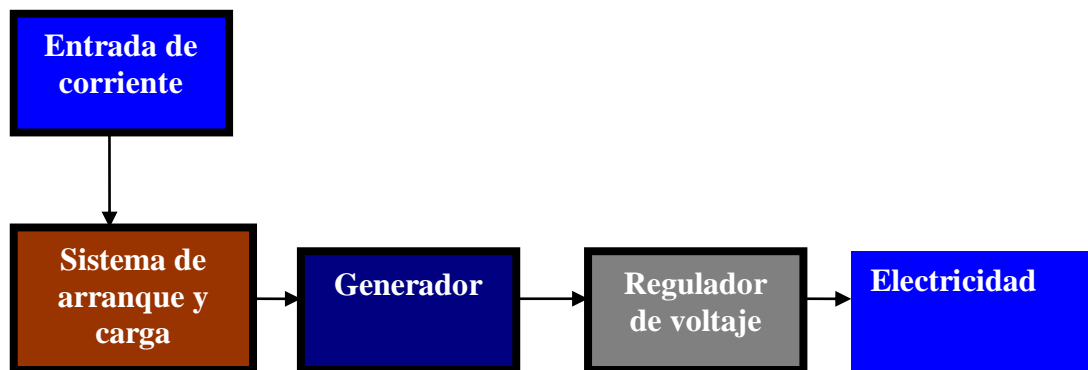
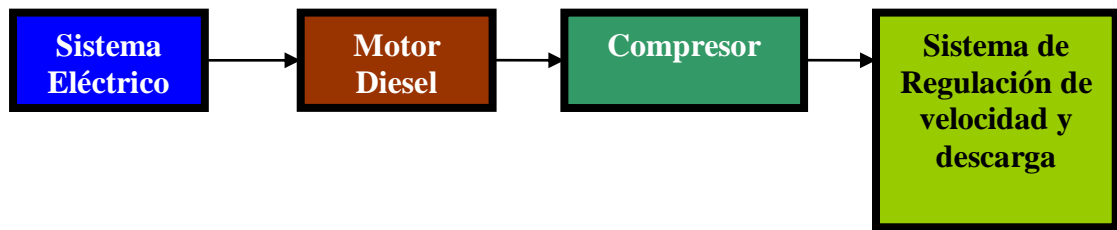


Figura 7. Diagrama de bloques funcionales de Motor Compresor ATLAS COPCO. XAZ-750, Cod. CM0201



14.5.4 Recolección y clasificación de datos de fallos. Los datos seleccionados para la elaboración del son los siguientes:

- Reportes de averías
- Manuales de máquinas
- Consultas con técnicos y operarios
- Libros de mantenimiento
- Fallos en equipos similares

14.5.5 Preparación del AMEF. Teniendo en cuenta la información recolectada, se realizaron reuniones (equipo AMEF) en las cuales se elaboró la tabla AMEF.

En las tablas AMEF se dejarán en blanco las casillas "Revisión nº", "Fecha" y "Por", debido a que no se ha realizado antes un AMEF a estos equipos. De igual forma, se dejarán en blanco las casillas "Proceso" y "Operación", debido a que el AMEF a realizar es de diseño.

[En las tablas 37 y 38 se presentan los resultados de la realización del Análisis de Modos y Efectos de Fallos para la Planta Eléctrica Grande y el Atlas Copco, respectivamente.](#)

14.6 PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Los programas de mantenimiento propuestos para cada equipo tienen en cuenta aspectos tales como: información contenida en manuales de máquinas, recomendaciones de técnicos de las máquinas y resultados del AMEF, es decir que está enfocado a la prevención de las fallas más críticas de los equipos.

14.6.1 Mantenimiento preventivo de la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201.

14.6.1.1 Procedimiento para utilizar el equipo. Antes de encender la planta eléctrica revisar:

- a) Nivel de agua en el radiador
- b) Nivel de aceite en el carter
- c) Nivel de agua en celdas de batería
- d) Nivel de combustible en tanque diario
- e) Verificar limpieza en terminales de batería

1. Colocar el interruptor principal del generador en OFF
2. Colocar los selectores de operación en el modo manual para arrancar la planta eléctrica.
3. Se pone a funcionar de esta manera por unos 10 minutos y se revisa lo siguiente:

- a) Observar el Voltímetro o reloj de amperaje para verificar que la frecuencia del generador se encuentre en un rango de 50 a 60 Hz.
- b) De ser necesario se ajusta el voltaje al valor correcto por medio del potenciómetro de ajuste.
- c) Durante todo el tiempo que tarde la planta trabajando se debe estar revisando la temperatura del agua (temperatura ambiente), presión de aceite (60 PSI) y la corriente de carga del acumulador (1.5 amp).

Si todo esta correcto se acciona el interruptor en la posición de apagado "OFF" para que el motor se apague.

- 4. Luego de la revisión preliminar y si todo está correcto simular falla del fluido eléctrico y revisar lo siguiente.
 - a) Corriente, voltaje y frecuencia del generador según los parámetros de operación (que pueden variar de un sistema a otro).
 - b) Si alguno de estos valores está fuera de su rango de operación, notifique de inmediato al departamento de mantenimiento de la empresa.
 - c) Si la temperatura del agua es muy alta, con mucha precaución quitar el tapón al radiador, revisar el nivel del agua y reponerla en caso de necesidad (sin parar el motor) si el nivel del agua se encuentra bien, buscar la manera de ventilar el motor por otros medios. También conviene verificar si el generador esta muy cargado, ya que esa puede ser la causa, y si ese es el caso, se deberá disminuir la carga eléctrica hasta llegar a la corriente nominal de la placa del generador. En caso de obstrucción de las celdas del radiador lavarlo a vapor para retirar la suciedad.

- d) Si la presión del aceite es muy baja para el motor, esperar que se enfríe, luego revisar el nivel de aceite y reponerlo en caso de ser necesario (con el motor apagado). Después volver a encender el motor. Si la presión no estabiliza, llamar al personal de mantenimiento.

 - e) Si el amperímetro que señala la carga del alternador al acumulador proporciona una señal negativa, significa que el alternador no está cargando. En este caso se debe verificar el estado del alternador, regulador de voltaje y conexiones.

 - f) Si la frecuencia del generador baja a un punto peligroso, personal autorizado debe calibrar el generador del motor a fin de compensar la caída de frecuencia. Es normal que el generador trabajando a plena carga baje un poco su frecuencia.

 - g) Si el voltaje del generador baja su valor, es posible recuperarlo girando el potenciómetro del regulador de voltaje.
5. Si en el trabajo de la planta llegan a actuar las protecciones, debe verificar la temperatura del agua y presión del aceite. Si actúa la protección por alta temperatura de agua dejar que el motor se enfríe y después reponer el faltante.
6. Para detener el motor, desconecte la carga manualmente y deje trabajar el motor durante tres minutos al vacío.

7. Conviene arrancar el motor por lo menos una vez a la semana por un lapso de 30 minutos, para mantener bien cargado el acumulador, cuando no existe cargador de baterías conectado a la planta; y para mantener el magnetismo remanente del generador en buen rango. También para corregir posibles fallas.

8. cualquier duda o anomalía observada reportarla al personal de mantenimiento.

14.6.1.2 Rutina de mantenimiento de la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201.

Tabla 39 Rutina de mantenimiento de la planta eléctrica grande FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201

Item	Actividad	Horas en Marcha	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Radiador	Verificar nivel del agua	--	x					
Cárter	Verificar nivel de aceite	--	x					
Tanque de combustible	Verificar nivel de combustible	--	x					
Válvulas de	Verificar estado de válvulas	--	x					
Batería	Verificar nivel de agua destilada en batería y limpieza de bornes	--	x					
Filtro de aire	Verificar limpieza y buen estado	--	x					
Planta	Verificar que no halla fugas de agua, aceite y/o combustible	--	x					
Planta	Observar si hay tornillos flojos, elementos caídos, o faltantes en el	--	x					
Planta	Operar la planta en vacío y si se puede con carga para comprobar que todos sus elementos operan satisfactoriamente, durante unos treinta minutos por lo menos	--		x				
Planta	Limpiar el polvo que se haya acumulado sobre la planta o en los	--		x				
Sistema Eléctrico	Revisar	--				x		
Correas de ventilador, alternador, etc	Comprobar la tensión correcta y el buen estado de las correas	--			x			
Tablero y contactos de	Limpiar si es necesario	--			x			
Filtro de aceite	cambiar	150						
Aceite	Cambiar*	150					x	
Elemento anticorrosivo del agua	Cambiar	300						
Filtro de combustible	Cambiar	300						
Filtro de aire	Cambiar							x

*Los cambios regulares de aceite se deben hacer a las 150 horas de trabajo o a los seis meses, lo que ocurra primero.

14.6.1.3 Recomendaciones generales para los operadores de la planta eléctrica FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201.

1. Procure que no entre tierra y polvo al motor, al generador y al interior del tablero de control y transferencia.
2. Cerciórese de que este bien dosificado el combustible para el motor sin impurezas y obstrucciones.
3. Compruebe que al operar la planta se conservan dentro de los valores normales las temperaturas del agua del radiador, de los embobinados del generador, de los tableros, del motor del interruptor de transferencia, etc.
4. Los motores nuevos traen un aditivo que los protege de la corrosión interna. Al igual que en los motores usados, después de algún tiempo necesitan protegerse con aditivos, los cuales duran períodos determinados. Después hay que suministrarles otro que los proteja. Además hay que evitar fugas y goteras sobre partes metálica; en general hay que evitar la corrosión a todos los costos.
5. Se debe procurar que se tengan siempre los medios de suministro de aire, por ejemplo:

- Aire limpio para la operación del motor.
 - Aire fresco para el enfriamiento del motor y el generador.
 - Medios para desalojar el aire caliente.
6. Compruebe siempre que la planta gira a la velocidad correcta por medio de su frecuencímetro y tacómetro.
 7. Conozca siempre el buen estado de la planta en general.
 8. Reportar al personal de mantenimiento las fallas en cuanto aparezcan, por muy sencillas que se vean.
 9. Cuando el motor del interruptor de transferencia derrame lubricante, este deberá sustituirse por grasa nueva.

14.6.1.4 Plan anual de mantenimiento preventivo propuesto para la planta eléctrica grande. FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201.

Tabla 40. Plan de mantenimiento de planta FG WILSON PJ30, 23 KW, Cod. GE0201, primer semestre.

Plan Anual de Mantenimiento Preventivo de la Planta Eléctrica Blanca, Primer Semestre																								
	Enero			Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Planta en General																								
2. Correas de ventilador, alternador, etc																								
3. Tablero y contactos de relevadores																								
4. Filtro de Aire																								
5. Aceite																								

- Cambio
- Inspección
- Ajuste
- Limpieza
- limpieza, inspección y drenado
- Limpieza e inspección
- Pintura
- lubricación

Tabla 41. Plan de mantenimiento de planta FG WILSON PJ30, 23 KW, Cod. GE0201, segundo semestre.

Plan Anual de Mantenimiento preventivo de la Planta Eléctrica Blanca, Segundo Semestre																								
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1. Planta en General																								
2. Correas de ventilador, alternador, etc																								
3. Tablero y contactos de relevadores																								
4. Filtro de Aire																								
5. Aceite																								

- Cambio
- Inspección
- Ajuste
- Limpieza
- limpieza, inspección y drenado
- Limpieza e inspección
- Pintura
- lubricación

14.6.2 Mantenimiento preventivo del motor compresor Atlas copco XAZ-750, cod CM0201

14.6.2.1 Tareas de Mantenimiento preventivo a realizar por el operador

Tabla 42. Mantenimiento antes de arrancar.

Items A Revisar	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Compruebe el nivel de aceite del motor	x				
El nivel de aceite del compresor	x				
Vacié el colector de polvo del filtro de aire	x				
Compruebe el indicador de vació de aspiración del aire	x				

Tabla 43. Mantenimiento durante el funcionamiento.

Items A Revisar	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Compruebe el nivel de aceite del compresor	x				
Compruebe el ajuste de la válvula de regulación	x				
Compruebe el indicador de vació de aspiración del aire	x				
Compruebe la temperatura de salida del aire del elemento compresor	x				

Tabla 44. Mantenimiento al finalizar cada día de trabajo

Items A Revisar	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Llene el tanque de combustible	x				
Purgar el separador de agua con ayuda de la válvula de drenaje manual.	x				

14.6.2.2 Recomendaciones generales para el mantenimiento preventivo del motor compresor Atlas copco XAZ-750

Tabla 45. Mantenimiento preventivo del Motor Compresor Atlas copco XAZ-750, cod CM0201.

Items A Revisar	Horas en marcha	Dia rio	Seman al	Mens ual	Trim estra l	Anual
Compruebe el nivel del electrolito y los terminales de la batería	--		x			
Compruebe la presión en los neumáticos	--		x			
Revise por si existen fugas de combustible o aceite	--		x			
Lubrique las articulaciones de rotula y pivotes del solenoide de parada y regulador de velocidad	--		x			
Cargue la batería si es necesario	--			x		
Limpie el compresor exteriormente	--				x	
Limpie el refrigerador de aceite y el refrigerador posterior si es necesario	--				x	
Limpie el restrictor del flujo de aceite	--				x	
Compruebe la válvula de seguridad accionándola manualmente	--				x	
Compruebe el aprieto de las tuercas de las ruedas	--				x	
Compruebe el sistema de los frenos	--				x	
Lubrique las bisagras de las puertas, los pestillos etc.	--				x	
Compruebe el funcionamiento del alternador	--				x	
Limpie el colector del motor de arranque	--			x		
Compruebe las velocidades del motor	--				x	
Engrase el eje del cancamo de remolque o el acoplamiento de bola y su eje.	--				x	
Purge agua y los sedimentos del tanque de combustible	400				x	
Revisión de la instalación eléctrica	--				x	
Pruebe la válvula de seguridad	--					x
Pruebe el indicador de vacío del filtro de aire	--					x
Pruebe los termostatos y el presostato de aceite de parada	--					x
Engrase los cojinetes de las ruedas	--					x
Cambie el filtro de combustible	1000					x
Cambie el aceite del compresor	1000					x
cambie el filtro de aire	1000					x
Compruebe el funcionamiento de la válvula de regulación, el regulador de velocidad y el descargador	1000					x
Haga medir la caída de presión sobre el elemento separador de aceite	2000					x
Haga que el compresor lo revise un representante de servicio Atlas Copco	3000					x

14.6.2.3 Plan anual de mantenimiento preventivo propuesto para el motor compresor Atlas copco XAZ-750.

Tabla 46. Plan de mantenimiento del Motor Compresor Atlas copco XAZ-750, Primer semestre.

Plan Anual de Mantenimiento Preventivo de Atlas Copco, Primer Semestre																								
	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Batería																								
2. Neumáticos																								
3. Tanques de combustible y aceite																								
4. Articulaciones, rótula, pivotes y regulador de velocidad																								
5. Compresor																								
6. Refrigerador de aceite																								
7. Restrictor de aceite																								
8. Válvulas de seguridad																								
9. Tuerca de las ruedas																								
10. Sistema de Frenos																								
11. Bisagras, Puertas y pestillos																								
12. Alternador																								
13. Colector del Motor de arranque																								
14. Regulador de velocidad																								
15. Cáncamo del remolque																								
16. Tanque de combustible																								
17. Instalación eléctrica																								
18. Válvula de seguridad																								
19. Filtro de aire																								
20. Termostatos y presostatos de aceite																								
21. Cojinetes de las ruedas																								
22. Filtros de combustible																								
23. Aceite del compresor																								
24. Filtro del compresor																								
25. Válvula de regulación de velocidad																								
26. Separador de aceite																								
27. Compresor																								

Tabla 47. Plan de mantenimiento del Motor Compresor Atlas copco XAZ-750, segundo semestre

Plan Anual de Mantenimiento Preventivo de Atlas Copco, Segundo Semestre																								
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Batería																								
2. Neumáticos																								
3. Tanques de combustible y aceite																								
4. Articulaciones, rótula, pivotes y regulador de velocidad																								
5. Compresor																								
6. Refrigerador de aceite																								
7. Restrictor de aceite																								
8. Válvulas de seguridad																								
9. Tuerca de las ruedas																								
10. Sistema de Frenos																								
11. Bisagras, Puertas y pestillos																								
12. Alternador																								
13. Colector del Motor de arranque																								
14. Regulador de velocidad																								
15. Cáncamo del remolque																								
16. Tanque de combustible																								
17. Instalación eléctrica																								
18. Válvula de seguridad																								
19. Filtro de aire																								
20. Termostatos y presostatos de aceite																								
21. Cojinetes de las ruedas																								
22. Filtros de combustible																								
23. Aceite del compresor																								
24. Filtro del compresor																								
25. Válvula de regulación de velocidad																								
26. Separador de aceite																								
27. Compresor																								

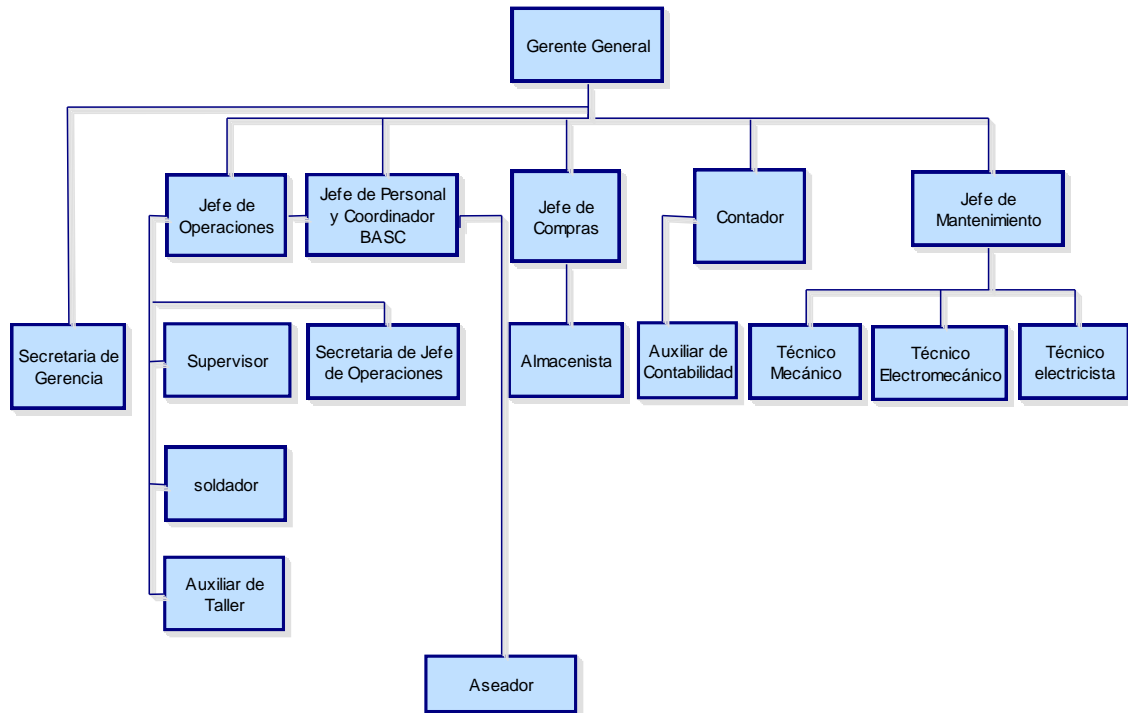
Cambio	Red
Inspección	Yellow
Ajuste	Cyan
Limpieza	Orange
limpieza,inspección y drenado	Green
Limpieza e inspección	Pink
Pintura	Black
lubricación	Blue

14.7 DOCUMENTACIÓN PROPUESTA PARA EL MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

La siguiente documentación consiste en una serie de ítems considerados vitales para una posterior aplicación del Modelo de Gestión de Mantenimiento desarrollado en el presente proyecto. Con dicha documentación se busca facilitar la creación formal del departamento de mantenimiento, el cual no existe en la organización, a pesar de contar con técnicos para las tareas del mantenimiento.

14.7.1 Organigrama propuesto. En la figura 8 puede observarse la creación del Departamento de Mantenimiento, conformado por el Jefe de Mantenimiento y su personal a cargo (Técnicos de mantenimiento).

Figura 8. Organigrama propuesto para la inclusión del departamento de Mantenimiento en ASETPOR LTDA



14.7.2 Descripciones de Cargo propuestas para el departamento de mantenimiento. Con las presentes descripciones de cargo se busca establecer de manera formal la responsabilidad, y autoridad de los miembros del Departamento de Mantenimiento, como también sus conocimientos y habilidades.

En las tablas 48 y 49 se presentan las descripciones de cargos propuestas para el departamento de mantenimiento (Jefe de mantenimiento y técnico de mantenimiento respectivamente), el cargo técnico de mantenimiento comprende a los técnicos electricista, electromecánico y mecánico. Se ha diseñado una sola descripción de cargos para los tres debido a las similitudes que tienen en cuanto a responsabilidades.

Tabla 48. Descripción de cargo de Jefe de Mantenimiento.

IDENTIFICACION	
DENOMINACIÓN DEL CARGO	:Jefe de Mantenimiento
AREA A LA QUE PERTENECE	:Mantenimiento
JEFE INMEDIATO	:Gerente General
NÚMERO DE PERSONAS A CARGO	:3
OBJETIVO DEL CARGO	
Establecer normas y procedimientos de control para garantizar el eficaz mantenimiento y la seguridad de las máquinas, herramientas, dispositivos, instalaciones y equipos industriales.	
RESPONSABILIDADES	
Coordinar y supervisar construcción y montaje de nuevas instalaciones y / o maquinaria	
Velar por el adecuado funcionamiento de las maquinarias existentes	
Identificar y / o corregir deficiencias detectadas en las instalaciones de la empresa	
Realizar el plan de mantenimiento acorde a lo establecido según las necesidades de la empresa	
Realizar los respectivos reportes (Ordenes de trabajo, hojas de vida de equipos, etc.) de los mantenimientos que se llevan a cabo en las áreas de la empresa	
Realizar y/o actualizar el análisis de criticidad de los equipos de la organización	
Realizar y/o actualizar el Análisis de Modos y Efectos de Fallos de los equipos críticos de la empresa	
Mantener y actualizar el inventario de equipos	
Realizar y mantener la codificación de los equipos	
Mantener actualizados los indicadores de gestión del mantenimiento y realizar informes de gestión para la gerencia	
Supervisar las actividades de mantenimiento realizadas por proveedores de servicio	
Todas las demás responsabilidades asignadas por el jefe inmediato	
RELACIONES DEL CARGO	
RELACIONES INTERNAS	
CARGO	JUSTIFICACIÓN
Gerente General	Para la entrega de Indicadores de Gestión
Jefe de Operaciones	Para coordinar el plan de mantenimiento de equipos y de instalaciones
Técnicos de mantenimiento	Para coordinar las actividades del día
Jefe de compras y/ o Almacenista	Para solicitar los materiales necesarios para la realización del mantenimiento
RELACIONES EXTERNAS	
CARGO	JUSTIFICACIÓN
Proveedores de servicios de Mantenimiento	Para supervisar el servicio prestado y colaborarles en las mismas actividades
CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES	
EDUCACIÓN	
Preferiblemente Ingeniero mecánico, Ingeniero Industrial o áreas afines	
FORMACION	
Conocimientos en Seguridad Industrial y Gestión del Mantenimiento	
COMPETENCIAS ORGANIZACIONALES	
Planeación	Toma de Decisiones
Utilización de Recursos	Responsabilidad
Organización	Conocimiento del trabajo
Confiability	Competencia técnica
Compromiso institucional	Iniciativa
Relaciones Interpersonales	Liderazgo
Trabajo en equipo	
EXPERIENCIA	
Mínimo de dos (2) años de experiencia en el área de mantenimiento o afines	

Tabla 49. Descripción de cargo de Técnico de Mantenimiento

IDENTIFICACIÓN	
DENOMINACIÓN DEL CARGO	:Técnico de mantenimiento
AREA A LA QUE PERTENECE	:Mantenimiento
JEFE INMEDIATO	:Jefe de mantenimiento
NÚMERO DE PERSONAS A CARGO	:0
OBJETIVO DEL CARGO	
Ejecutar las tareas de mantenimiento asignadas por su jefe inmediato, para mantener las máquinas en buen estado.	
RESPONSABILIDADES	
Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos que lo requieran.	
Hacer inspecciones periódicas a los equipos para identificar posibles daños e informar al Jefe de Mantenimiento	
Mantener actualizado el inventario de instrumentos y /o herramientas de trabajo	
Colaborar en el grupo de trabajo para la realización del análisis de modos y efectos de fallos de los equipos	
Todas las demás responsabilidades asignadas por el jefe inmediato	
RELACIONES DEL CARGO	
RELACIONES INTERNAS	
CARGO	JUSTIFICACIÓN
Jefe de Mantenimiento	Para coordinar las actividades a realizar en el día y recibir ordenes de trabajo
RELACIONES EXTERNAS	
CARGO	JUSTIFICACIÓN
Proveedores de servicios de Mantenimiento	Para colaborar brindando información requerida de los equipos
CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES	
EDUCACIÓN	
Bachiller, técnico mecánico, electromecánico o electricista, dependiendo de la necesidad	
FORMACION	
Conocimientos en mecánica diesel, sistemas eléctricos, equipos de soldadura y máquinas industriales	
COMPETENCIAS ORGANIZACIONALES	
Organización	Compromiso institucional
Relaciones interpersonales	Responsabilidad
Conocimiento del trabajo	Competencia técnica
Utilización de los recursos	Iniciativa
EXPERIENCIA	
Mínimo un año de experiencia en el área de mantenimiento y reparaciones a máquinas industriales	

14.7.3 Procedimiento y formatos de mantenimiento. En este ítem se busca establecer una guía para el desarrollo de las actividades de mantenimiento creado.

14.7.3.1 Flujogramas de mantenimiento. En las figuras 9 y 10 se muestran los flujogramas creados para el mantenimiento correctivo y preventivo, respectivamente. Para una mayor comprensión de estos, ver Anexo 1(Procedimiento de mantenimiento).

Figura 9. Flujograma de mantenimiento correctivo

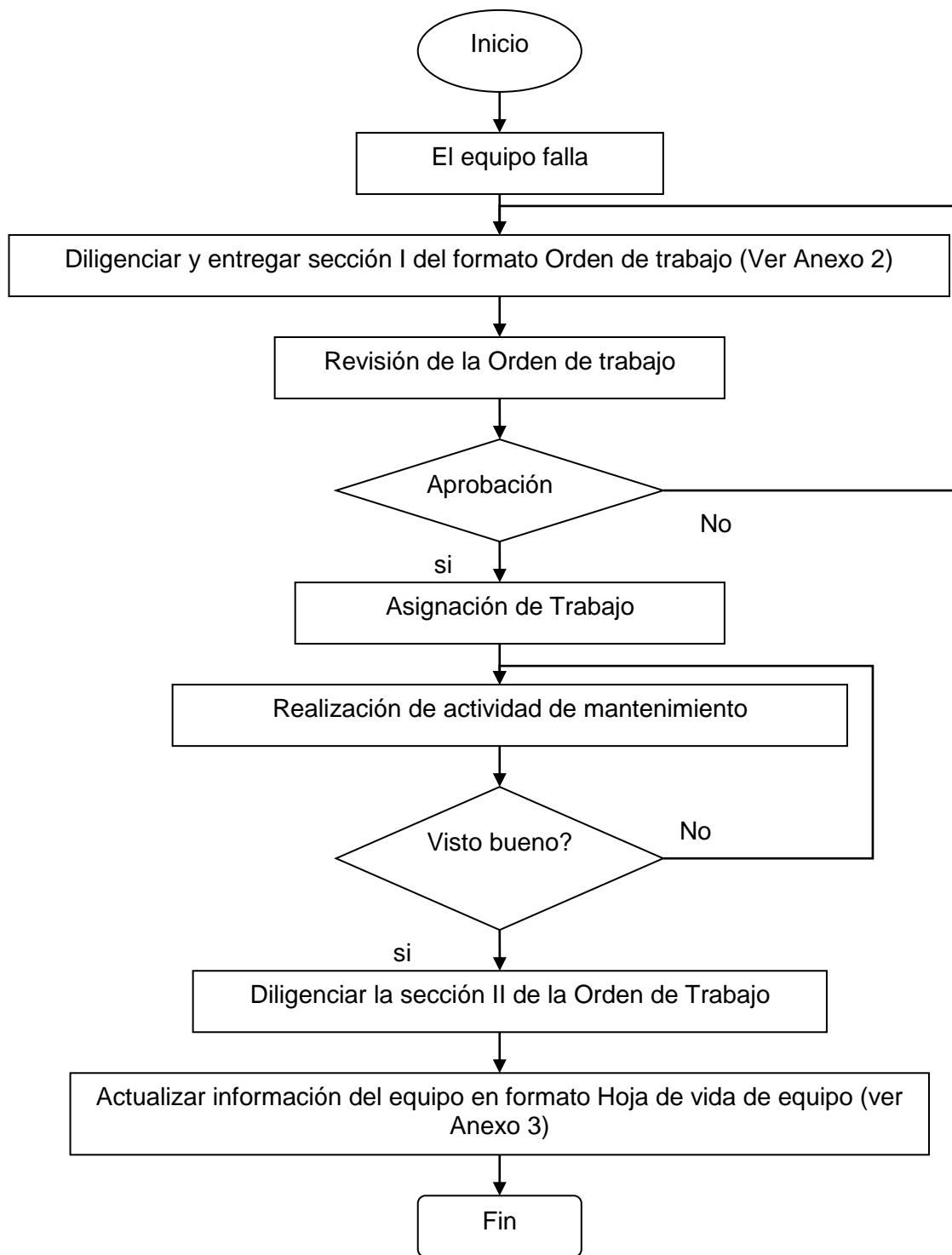
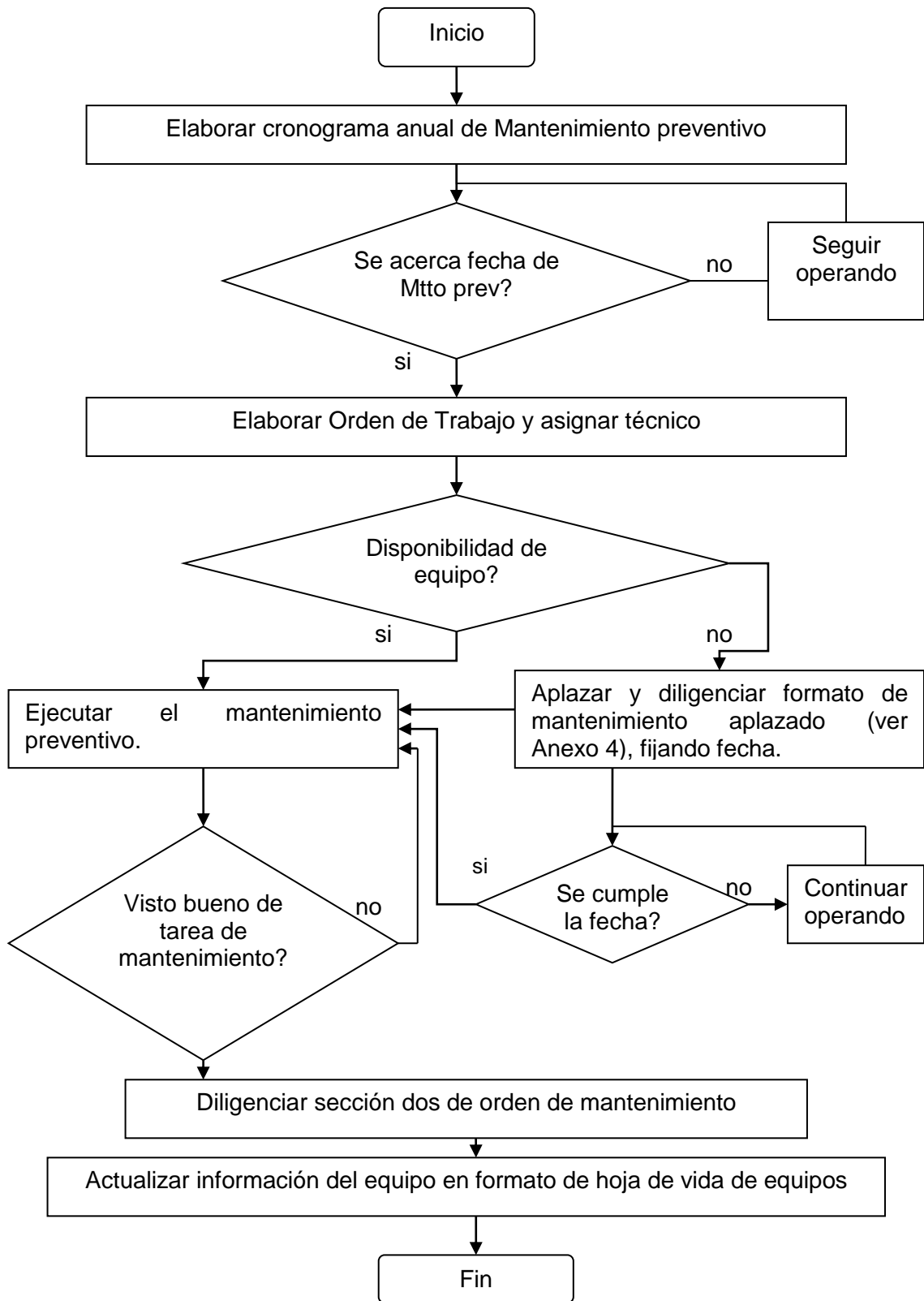


Figura 10. Flujograma de mantenimiento preventivo.



14.7.3.2 Formatos de Mantenimiento. Ver anexos 2, 3 y 4, donde se presentan los formatos propuestos para el control de las actividades de mantenimiento (orden de trabajo, hoja de vida de equipo y mantenimiento aplazado, respectivamente).

14.8 ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LAS MÁQUINAS CRÍTICAS EN LA EMPRESA ASETPOR LTDA.

Un estimativo de costos dentro de la planeación del mantenimiento ayuda a determinar la rentabilidad de la ejecución de un plan de mantenimiento a través de la razón entre los costos de reparación y el costo de prevención. Básicamente este ayuda a la gerencia a determinar dos incógnitas importantes: ¿Cuánto vale corregir? Y además ¿Cuánto cuesta mantener o prevenir? Con las cuales se pueden establecer políticas que definirán parámetros en la toma de decisiones en la gestión de los recursos financieros de ASETPOR LTDA.

Para la interpretación de este estimativo se definieron varios criterios que están íntimamente relacionados como:

- Costo de la mano de obra
- Costo de repuestos o insumos
- Costo total de mantenimiento

Por otro lado la información necesaria fue recolectada por medio de cotizaciones de repuestos y de los costos generados por los trabajos de mantenimiento tanto

preventivo como correctivo, para realizar las respectivas tablas de cálculo de dichos costos tuvimos en cuenta las siguientes formulaciones:

Costo Total de Mantenimiento (CTM) = Costo M.O + repuestos utilizados;
donde:

Costo M.O = Costo de la hora de trabajo * número de horas trabajadas.

Repuestos utilizados = valor de los repuestos utilizados.

Las anteriores formulaciones nos permitirán visualizar los costos de el mantenimiento preventivo y correctivo generado por cada una de las actividades para las maquinas criticas, además sirve para demostrar la influencia de la parte económica de la planeacion del mantenimiento dentro de la organización.

14.8.1 Estimativo de los Costos Generados a Partir de las Actividades de Mantenimiento Preventivo para el Motocompresor Atlas Copco XAZ-750. En la tabla 50 puede observarse la estimación de costos para las actividades de mantenimiento preventivo recomendadas por el presente Modelo de Gestión del Mantenimiento del Motocompresor Atlas copco.

Tabla 50. Estimativo de los Costos Generados a Partir de las Actividades de Mantenimiento Preventivo para el Motocompresor Atlas Copco XAZ-750.

Actividad	Tiempo estimado para la actividad	Costo de la M.O	Repuesto	TOTAL
Compruebe el nivel del electrolito y los terminales de la batería	1/4 hora	\$ 191	-	\$ 191
Revise por si existen fugas de combustible o aceite	1/2 hora	\$ 382	\$ 14.000	\$ 14.382
Limpie el compresor exteriormente	1 hora	\$ 764	\$ 6.000	\$ 6.764
Limpie el restrictor del flujo de aceite	1/2 hora	\$ 382	\$ 6.000	\$ 6.382
Compruebe el funcionamiento del alternador	1 hora	\$ 764	-	\$ 764
Limpie el colector del motor de arranque	1 hora	\$ 764	\$ 8.000	\$ 8.764
Revisión de la instalación eléctrica	1 hora	\$ 764	-	\$ 764
Pruebe la válvula de seguridad	1/2 hora	\$ 382	-	\$ 382
Cambie el filtro de combustible	1/4 hora	\$ 191	\$ 45.000	\$ 45.191
Cambie el aceite del compresor	1/4 hora	\$ 191	\$ 286.000	\$ 286.191
cambie el filtro de aire	1/4 hora	\$ 191	\$ 180.000	\$ 180.191
Haga que el compresor lo revise un representante de servicio Atlas Copco	8 horas	\$ 400.000	\$ 140.000	\$ 540.000
TOTAL M PREVENTIVO				\$ 1.089.966

14.8.2 Estimativo de los costos generados a partir de las actividades del Mantenimiento Correctivo para el Motocompresor Atlas Copco XAZ-750.

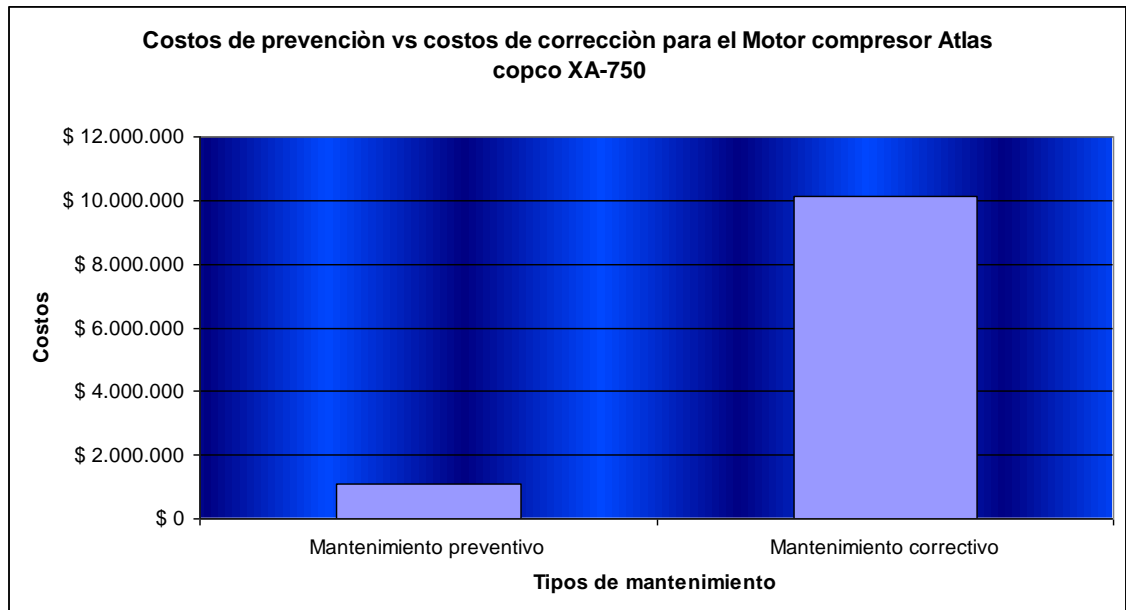
La tabla 51 muestra el registro de los costos generados a partir de las actividades de mantenimiento correctivo para el Atlas Copco XAZ-750

Tabla 51 Estimativo de los costos generados a partir de las actividades del Mantenimiento Correctivo para el Motocompresor Atlas Copco XAZ-750.

Actividad	Tiempo estimado para la actividad	Costo de la M.O	Repuesto	TOTAL
Cambio de batería	1/4 hora	\$ 191	\$ 724.000	\$ 724.191
Correguir fugas	2 horas	\$ 1.528	\$ 35.000	\$ 36.528
Destapar vías de entradas de aire	2 horas	\$ 1.528	\$ 30.000	\$ 31.528
Destapar restrictor de flujo de aceite	1 hora	\$ 764	\$ 30.000	\$ 30.764
Cambiar alternador	2 horas	\$ 1.528	\$ 1.500.000	\$ 1.501.528
Cambiar el motor de arranque	1 hora	\$ 764	\$ 1.200.000	\$ 1.200.764
Cambio de cables eléctricos averiados	2 horas	\$ 1.528	\$ 120.000	\$ 121.528
Cambio de la válvula de seguridad	1/2 hora	\$ 382	\$ 80.000	\$ 80.382
Destapar bomba de inyección del combustible	1/4 hora	\$ 191	\$ 150.000	\$ 150.191
Destapar sistema de aceite	2 horas	\$ 1.528	\$ 406.000	\$ 407.528
Destapar el sistema de admisión de aire	1 hora	\$ 50.000	\$ 300.000	\$ 350.000
Destapar el compresor y cambiar partes averiadas	96	\$ 4.800.000	\$ 700.000	\$ 5.500.000
TOTAL M. CORRECTIVO				\$ 10.134.932

En la figura 11 se grafican los costos de mantenimiento preventivo vs costos de mantenimiento correctivo para el Motor compresor Atlas Copco XA-750.

Figura 11. Costos de prevención vs costos de corrección para el Motor compresor Atlas Copco XA-750.



14.8.3 Estimativo De Los Costos Generados A Partir De Las Actividades Del Mantenimiento Preventivo Para La planta Eléctrica de 23KW.

En la tabla 52 están registrados los costos estimados para las actividades de mantenimiento preventivo generados por las realización de las actividades del mantenimiento para la planta eléctrica FG Wilson de 23 KW.

Tabla 52 Estimativo De Los Costos Generados A Partir De Las Actividades Del Mantenimiento Preventivo Para La planta Eléctrica de 23KW.

Actividad	Tiempo estimado para la actividad	Costo de la M.O	Repuesto	TOTAL
Revisar el estado del radiador	1/2 hora	\$ 382	-	\$ 382
Inspeccionar el estado del carter y limpiar	1/2 hora	\$ 382	\$ 8.000	\$ 8.382
Revisar tanque de combustible	1/4 hora	\$ 191	-	\$ 191
Rellenar batería	1/4 hora	\$ 191	\$ 15.000	\$ 15.191
Cambiar filtro de aire	1/4 hora	\$ 191	\$ 80.000	\$ 80.191
Ajuste de la instalación Eléctrica	1/2 hora	\$ 382	-	\$ 382
ajustar correas del alternador, etc.	1/2 hora	\$ 382	\$ 6.000	\$ 6.382
Cambio del filtro de aceite	1/4 hora	\$ 191	\$ 35.000	\$ 35.191
Cambio de aceite	1/4 hora	\$ 191	\$ 110.000	\$ 110.191
Cambio el filtro de combustible	1/4 hora	\$ 191	\$ 45.000	\$ 45.191
Limpiar tarjeta electrónica	2 horas	\$ 1.528	\$ 15.000	\$ 16.528
TOTAL M. PREVENTIVO				\$ 318.202

14.8.4 Estimativo De Los Costos Generados A Partir De Las Actividades Del Mantenimiento Correctivo Para La planta Eléctrica de 23KW.

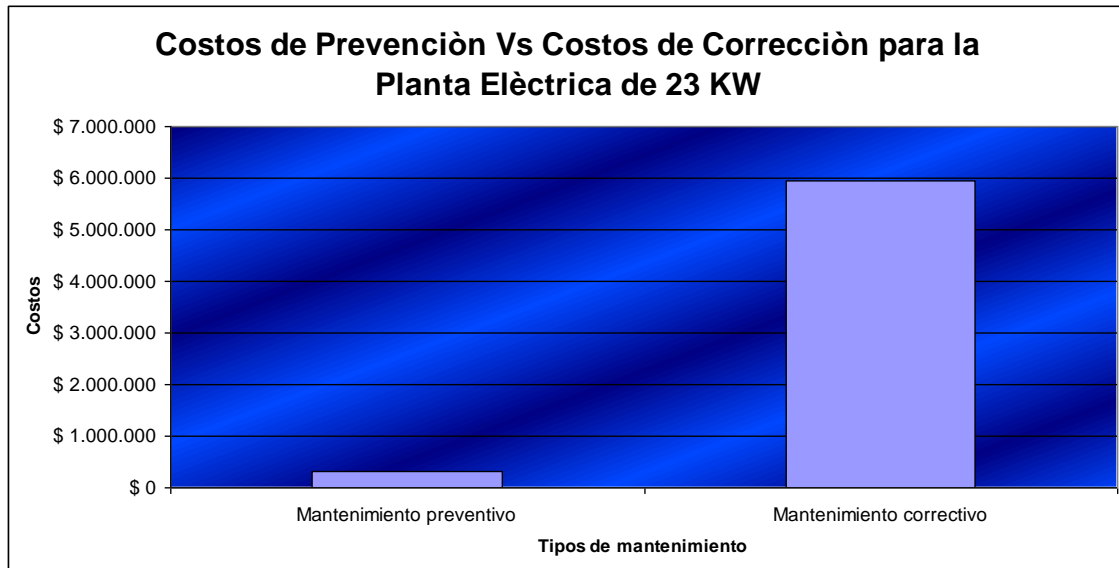
Los valores de las actividades de mantenimiento correctivo practicadas en la Planta Eléctrica FG Wilson de 23 KW, se muestran en la tabla 53.

Tabla 53 Estimativo De Los Costos Generados A Partir De Las Actividades Del Mantenimiento Correctivo Para La planta Eléctrica de 23KW.

Actividad	Tiempo estimado para la actividad	Costo de la M.O	Repuesto	TOTAL
Sondear el radiador y curar fugas	4 horas	\$ 180.000	-	\$ 180.000
Reparar el carter	3 horas	\$ 2.292	\$ 80.000	\$ 82.292
Curar fugas del tanque de combustible	1 horas	\$ 764	\$ 60.000	\$ 60.764
Cambiar batería	1/4 hora	\$ 191	\$ 724.000	\$ 724.191
Destapar bomba de inyección del combustible	1/2 hora	\$ 382	\$ 120.000	\$ 120.382
Cambio de cables eléctricos averiados	2 horas	\$ 1.528	\$ 80.000	\$ 81.528
cambiar correa del alternador	1/2 hora	\$ 382	\$ 25.000	\$ 25.382
Destapar sistema de lubricación	1 horas	\$ 764	\$ 85.000	\$ 85.764
Cambio de bomba de inyección	1 horas	\$ 764	\$ 210.000	\$ 210.764
Destapar bomba de inyección del combustible	1/4 hora	\$ 191	\$ 150.000	\$ 150.191
Cambiar tarjeta electrónica	8 horas	\$ 18.350	\$ 4.200.000	\$ 4.218.350
TOTAL M. CORRECTIVO				\$ 5.939.608

En la figura 12 se grafican los costos de mantenimiento preventivo vs costos de mantenimiento correctivo para la planta eléctrica de 23 KW.

Figura 12. Costos de prevención vs. Costos de reparación de la planta eléctrica FG Wilson de 23 KW.



14.8.5 Cálculo del porcentaje de reducción de costos del presente Modelo.

Para calcular el porcentaje de reducción de costos del presente modelo se hace necesario calcular el total de costos de Mantenimiento Preventivo del Modelo y el Costo Total de Mantenimiento Correctivo estimado para la actual gestión de mantenimiento en la organización ASETPOR Ltda.

Costo Total Mantenimiento preventivo= Costo Mantenimiento preventivo del Motor compresor Atlas Copco XA-750 + Costo Mantenimiento preventivo de la Planta eléctrica FG Wilson de 23 KW.

Costo Total Mantenimiento Correctivo= Costo Mantenimiento correctivo del Motor compresor Atlas Copco XA-750 + Costo Mantenimiento correctivo de la Planta eléctrica FG Wilson de 23 KW

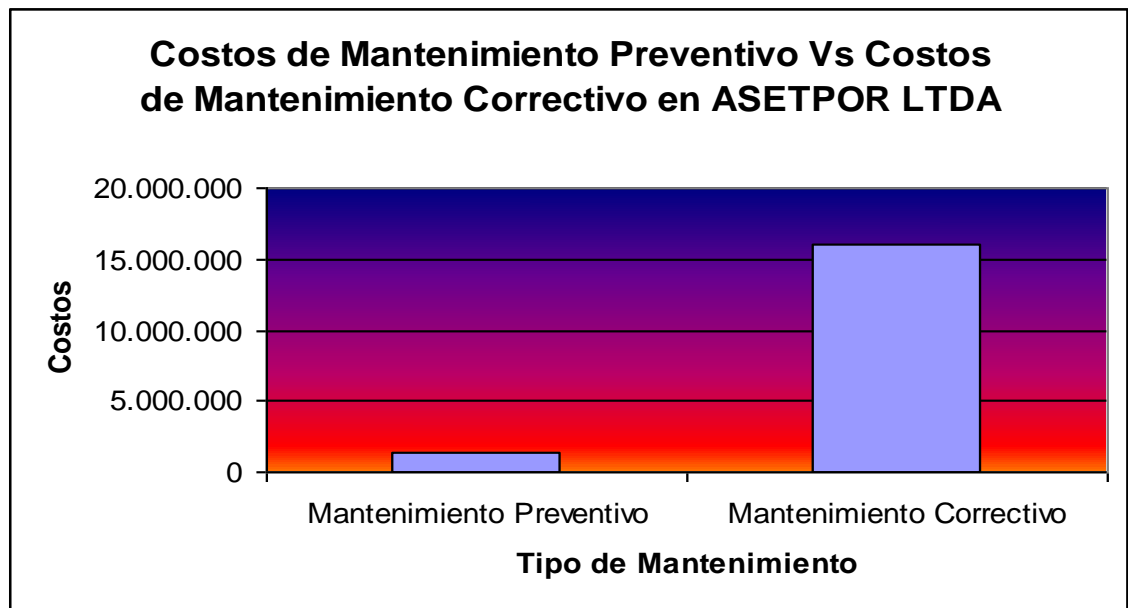
Con base a lo anterior se obtienen los siguientes cálculos:

Costo Total Mantenimiento preventivo= \$ 1.089.966+\$ 318.202= **\$1.408.168**

Costo Total Mantenimiento Correctivo= \$ 10.134.932+ \$ 5.939.608 = **\$16.074.540**

La figura 13 muestra una comparación entre los costos de mantenimiento preventivo Vs los costos de mantenimiento correctivo de las máquinas críticas de ASETPOR LTDA.

Figura 13. Graficación de costos de mantenimiento preventivo Vs costos de mantenimiento correctivo para las máquinas críticas de ASETPOR LTDA.



14.8.5.1 Relación de costos del mantenimiento. En este Ítem se busca determinar el porcentaje de reducción de costos que se lograría con la implementación del presente Modelo de Gestión del mantenimiento. El cálculo de la relación de costos está determinado por la siguiente fórmula:

$$\text{Relación de costos} = \frac{CMP \times 100}{CMC}$$

Donde CMP es el Costo de Mantenimiento Preventivo y CMC es el Costo de Mantenimiento Correctivo.

Relación de costos= 8.76%, lo cual significa que de implementarse el presente Modelo de Gestión del Mantenimiento se estima que los costos de mantenimiento a incurrir comprenderían solamente el 8.76% de los costos generados por las actividades de Mantenimiento Correctivo desarrolladas en la actualidad por la Organización. Esto quiere decir que potencialmente se reducirían en un 91.24% los costos generados por Mantenimiento para esta organización.

14.9 RECOMENDACIONES PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS.

Para la mejora de la disponibilidad de los equipos en Asetpor Ltda., se recomienda la aplicación de las siguientes estrategias:

14.9.1 Plan de control. El presente Plan de Control analiza la Gestión del Mantenimiento como un proceso, e incorpora como parámetros de control los

indicadores de gestión del mantenimiento establecidos previamente y el Número de Prioridad de Riesgo (el cual se obtiene en un análisis AMEF); de igual forma se establecen parámetros de aceptación y de control, se definen los responsables del cumplimiento del plan de control y se mencionan los registros asociados.

Esta herramienta se crea con el fin de permitir el seguimiento de las actividades del mantenimiento, para así poder establecer controles cuando este comportamiento se salga del esperado.

14.9.1.1 Parámetros de control de aceptación. En este ítem se ubican los Indicadores de Gestión del Mantenimiento propuestos anteriormente y se recomiendan valores de estos con el fin de verificar la eficacia de la gestión del mantenimiento en la organización. A continuación presentamos los valores recomendados de dichos parámetros.

- **Disponibilidad:** para verificar la mejora de esta se recomienda establecer una meta del 2% por encima de la presentada el periodo anterior.

- **Tiempo promedio entre fallos:** debido a que la disponibilidad aumenta a medida que aumenta este indicador, se recomienda que el tiempo promedio entre fallos sea el mayor posible.

- **Tiempo promedio para reparar:** Debido a que entre mayor sea este tiempo la disponibilidad se ve afectada negativamente, se recomienda que el valor registrado por este sea el menor posible.

- **Criticidad:** con la aplicación del Modelo de Gestión del Mantenimiento se busca que este valor vaya disminuyendo con el tiempo, por lo cual se recomienda que su valor sea el menor posible.

El Plan de Control debe revisarse periódicamente, se proponen revisiones semestrales, realizando anualmente una evaluación de la meta de disponibilidad preestablecida, realizando ajustes en esta de acuerdo al comportamiento observado.

La tabla 54 muestra el plan de control propuesto, en el cual se describen los parámetros de control y de aceptación mencionados anteriormente; adicionalmente se observan los responsables de la mejora de estos, como también los registros asociados (registros que contienen la información para la medición de estos parámetros de control).

Tabla 54 Plan de control de mantenimiento

PROCESO	PARÁMETROS DE CONTROL	PARÁMETROS DE ACEPTACIÓN	RESPONSABLES	REGISTROS ASOCIADOS
Mantenimiento	T.P.E.F	El mayor posible	Jefe de Mantenimiento	Hoja de vida de equipos Orden de trabajo
	T.P.P.R	El menor posible	Jefe de Mantenimiento Técnico de Mantenimiento	Orden de trabajo
	Disponibilidad	2% mayor que la anterior	Jefe de mantenimiento	N.A
	Criticidad	El menor posible	Jefe de Mantenimiento Técnico de Mantenimiento	Resultados de Análisis de Criticidad

14.9.2 Revisión del AMEF. Se recomienda una revisión anual de los AMEFs anteriores, con el fin de observar la disminución esperada de los NPR que llegaron

a exceder el valor crítico 100 (números de prioridad de riesgo). Esta revisión busca determinar la eficacia de las acciones correctoras implantadas, como también el plan de mantenimiento preventivo. De acuerdo al nivel de eficacia observado se determinará si es necesario implementar mas acciones correctoras.

14.9.3 Establecimiento de niveles de stock mínimos de repuestos para el mantenimiento. Se recomienda establecer un nivel de inventario que incluya los repuestos más utilizados en los mantenimientos y de difícil o demorada obtención en el mercado. Debe emplearse el AMEF para seleccionar los repuestos más susceptibles de cambio.

Lo anterior debe hacerse ya que la obtención de los repuestos para la realización de los mantenimientos, constituye un incremento en el tiempo promedio para reparar, afectando así la disponibilidad del equipo.

15. CONCLUSIONES

Se realizó el inventario y la codificación de las máquinas de la empresa, para facilitar la identificación de estas y el control en las ejecuciones de los trabajos a realizar por las actividades de mantenimiento trazadas para los equipos.

Se establecieron indicadores para medir la gestión del mantenimiento de los equipos, y de esta manera establecer ciertos parámetros que facilitaran la evaluación de la criticidad de los equipos y fijar la frecuencia necesaria para el desarrollo de las tareas de mantenimiento.

Se efectuó un Análisis de Criticidad básico, a los equipos para determinar los más críticos para la organización en cuanto a nivel económico y operacional se refiere, para enfocar el Modelo de Gestión del Mantenimiento hacia estos.

Se elaboró un Análisis de Modos y Efectos de Fallos, el cual permitió establecer acciones correctoras necesarias para la prevención de posibles fallas, y evitar de esta forma que servicios defectuosos o inadecuados lleguen al cliente.

Con base en el Análisis de Modos y Efectos de Fallos se estableció un Programa de Mantenimiento Preventivo para los equipos críticos, orientado hacia la prevención de la ocurrencia de los Modos de Fallo potenciales identificados en el AMEF.

Se realizó una propuesta de la documentación necesaria para la creación de un departamento de mantenimiento que tenga como base fundamental el control de las actividades realizadas en los equipos registrándolas en los formatos diseñados para el desarrollo normal y ordenado de la información generada a partir de dichas actividades

Se efectuó una estimación de los costos de mantenimiento ocasionados por el presente Modelo de Gestión y de los costos de mantenimiento correctivo para los equipos críticos de ASETPOR LTDA, estableciendo una comparación que demostró una reducción de Costos mayor al 90% de darse la implementación del presente modelo.

16. RECOMENDACIONES

En busca de que la empresa ASETPOR LTDA mejore la disponibilidad de los equipos para la prestación de los servicios ofrecidos por la empresa a sus clientes, es necesario recomendar posibles acciones encaminadas a la prevención de estos, las cuales citamos a continuación:

- La creación de un departamento de mantenimiento.

- Crear un programa de capacitaciones para el personal involucrado en las actividades de mantenimiento hacia la prevención y el manejo de los equipos.

- Realizar seguimiento, evaluación y control de la gestión del mantenimiento a través de indicadores de gestión, empleando la herramienta propuesta, plan de control.

- Realizar el mismo análisis para los demás equipos.

- Realizar e implementar rutinas de mantenimiento preventivo para los equipos de la organización.

- Emplear los formatos propuestos para registrar las actividades realizadas para el mantenimiento de los equipos.

- Sistematizar la información obtenida de los formatos de mantenimiento, con el fin de agilizar los cálculos de los indicadores, se recomienda emplear el programa Excel, para el registro, de la información.

- Realizar un Análisis de Costos basado en datos históricos registrados por la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- MORROW, LC. Manual de Mantenimiento Industrial, Organización, ingeniería Mecánica, eléctrica, química, civil, procesos y sistemas. Tomo I. Primera edición en español. México D.F. MC GRAW HILL 1973.

- Matalobos Díaz, Ángel. Confiabilidad en mantenimiento. Caracas 1992.

- HODSON, William K. MAYNARD. Manual del Ingeniero Industrial. Tomo 1. Cuarta Edición. México D.F. MC GRAW-HILL. 2001.

- KELLY, A Harris, M.J. Gestión del Mantenimiento Industrial. FUNDACIÓN REPSOL PUBLICACIONES.

- ADAMS, Orville, Motores Diesel Cuarta Edición. Gustavo Pili S.A.

- MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, Volumen III, Octava Edición, MC GRAW-HILL.

- ROSALER, Robert C. Manual del Mantenimiento industrial. Equipos de operación de plantas: selección y mantenimiento. Volumen IV. México D.F.1990. MC GRAW-HILL.

- D.H. Stamatis, FMEA from Theory to Execution, Failure Mode and Effect Analysis. ASQC Quality Press. Milwaukee, Wisconsin. 1995.

- AMENDOLA, Luís. (2002). “modelos mixtos de confiabilidad”. (online). Saved from www.mantenimientomundial.com.

- Rosendo Huerta. El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional. (online). Saved from club_mantener@sinectis.com.ar.

- Diputación Foral de Bizkaia. Departamento de Promoción económica. Análisis Modal de Fallos y Efectos. (Online).saved from www.eie.fceia.unr.edu.ar.

ANEXOS


Anexo 1

PROCEDIMIENTO

MANTENIMIENTO

PROCESO: Mantenimiento


VERSIÓN: 0

Anexo 1	
	PROCESO: MANTENIMIENTO
	PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO

ÍNDICE

- 1.- OBJETIVO
- 2.- ALCANCE
- 3.- RESPONSABLE
- 4.- DEFINICIONES
- 5.- DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES
- 6.- REGISTROS APLICABLES

Revisado por:	Aprobado por:
Fecha:	Fecha:

Anexo 1	
	PROCESO: MANTENIMIENTO
	PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO

1. OBJETIVO


Establecer la metodología que nos permita llevar a cabo la planificación y control del mantenimiento de los equipos para la organización ASETPOR LTDA.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para todas las actividades de Gestión del Mantenimiento de ASETPOR LTDA.

3. RESPONSABLES

- Jefe de Mantenimiento
- Técnicos de Mantenimiento.
- Operario

Anexo 1	
	PROCESO: MANTENIMIENTO
	PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO

4. DEFINICIONES


Operario: Para este procedimiento operario será aquel empleado de la organización que en algún momento deba manejar un equipo, puede ser el auxiliar de taller, soldador, etc.

Confiabilidad operacional: es la capacidad de una instalación o sistema, para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Mantenimiento correctivo: consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Mantenimiento preventivo: es aquel realizado a los equipos en fechas estipuladas, claro las fechas se determinan de tal manera que según las condiciones de operación permitan que el equipo no alcance el deterioro tal que falle; y de esta manera prevenir antes de que se presente la falla.

Análisis de Criticidad: es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

Anexo 1	
	PROCESO: MANTENIMIENTO
	PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO

AMEF: Análisis de modos y efectos de fallos, El análisis de los modos y de los efectos de fallos, es metodología para analizar problemas potenciales de la confiabilidad de equipos. Se utiliza para identificar modos de fallo potenciales, para determinar su efecto sobre la operación del producto, y para identificar acciones para atenuar las faltas.


5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

5.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE EQUIPOS.

Cuando se presente un fallo en un equipo es obligación del operario o empleado que detecta el fallo, diligenciar la primera sección del formato Orden de Trabajo, en el cual colocará el nombre y código del equipo, fecha y hora del fallo, nombre y cargo de quien reporta y prioridad del mantenimiento. Adicionalmente, debe anotar en dicho formato una breve descripción de la avería.

Posteriormente la primera sección de este formato es entregada al Jefe de Mantenimiento, quien hará una revisión del diligenciamiento (equipo, descripción de la avería, etc), para asignar el tipo de técnico que reparará la falla.

Una vez asignado el técnico para la reparación del fallo, este iniciará la labor de reparación con base a la disponibilidad de tiempo. Es responsabilidad del jefe de mantenimiento garantizar el mínimo tiempo para iniciar labores de mantenimiento por parte de los técnicos.

Anexo 1	
	PROCESO: MANTENIMIENTO
	PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO

Al terminar la reparación del equipo, el Jefe de Mantenimiento se reunirá con el técnico respectivo para diligenciar la sección dos del formato Orden de Trabajo, en el cual anotarán: tipo de mantenimiento, número de la tarea, tarea, cantidad de personal, nombre y cantidad de materiales utilizados, fecha y hora de terminación, nombre y cargo de quien realizó, y nombre y cargo de quien supervisó.


Los registros de horas y fechas serán empleados para mantener actualizados los índices de tiempo promedio entre fallos y tiempo promedio para reparar. Una vez terminado el diligenciamiento de la Orden de Trabajo, el Jefe de Mantenimiento procederá a diligenciar el formato hoja de vida de equipos, registrando la fecha, mantenimiento realizado, número de orden de trabajo y observaciones.

5.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS

El Jefe de Mantenimiento tomará las acciones necesarias para programar los mantenimientos preventivos de los equipos que así lo ameriten, programando cada año un Plan de Mantenimiento Preventivo.

Para la elaboración del plan tomará en cuenta la siguiente información:

- Indicadores de gestión de mantenimiento
- Resultados de análisis de criticidad

Anexo 1	
	PROCESO: MANTENIMIENTO
	PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO


➤ **Análisis de Modos y Efectos de fallos de Equipos**

De igual forma, el Jefe de Mantenimiento es el encargado de actualizar los indicadores de gestión de mantenimiento, el Análisis de Criticidad y el Análisis de Modos y Efectos de Fallos de los equipos críticos. El Análisis de Criticidad será actualizado anualmente, los indicadores de gestión, semestralmente y el análisis de modos y efectos de fallos anualmente, para la actualización de este último se tendrán en cuenta herramientas como diagramas de espina de pescado y lluvia de ideas.

El Jefe de Mantenimiento es el encargado de velar por el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo de equipos, como también diligenciar la sección uno del formato Orden de trabajo, con el fin de dejar un registro escrito de la necesidad de ejecutar un mantenimiento preventivo en dicha fecha. De igual forma, cuando por motivos de ocupación de la máquina o equipo, no sea posible realizar el mantenimiento programado, el Jefe de Mantenimiento diligenciará el formato de Mantenimiento Aplazado, anotando el código y nombre del equipo, fecha aplazada y descripción del motivo de aplazamiento; finalmente anotará en dicho formato la fecha de reparación cuando el mantenimiento hay sido ejecutado.

5.3 OTRAS ACTIVIDADES

El Jefe de Mantenimiento es responsable de mantener actualizado el inventario de equipos de la organización, como también establecer la codificación de dichos equipos. Adicionalmente, es el encargado de crear y actualizar las hojas de vida de todos los equipos de la organización; como también analizar

Anexo 1	
	PROCESO: MANTENIMIENTO
	PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO

los costos generados por mano de obra, reparaciones y establecer estrategias para reducir dichos costos.

Semestralmente, el Jefe de Mantenimiento debe presentar ante la Gerencia un Informe de Gestión, en el cual se exprese claramente los eventos tratados y solucionados por medio de esta gestión; así como también un estado general de los equipos y el plan de acción para el siguiente semestre.

6. REGISTROS APLICABLES

Anexo 2. Orden de Trabajo

Anexo 3. Hoja de Vida de Equipos

Anexo 4. Formato de Mantenimiento Aplazado

Anexo 2

ASETPOR LTDA

Asesorías y Servicios Técnicos y portuarios



SECCIÓN I

ORDEN DE TRABAJO

Nº ORDEN

EQUIPO:

FECHA:

CODIGO:

HORA:

NOMBRE DE QUIEN REPORTA:

CARGO DE QUIEN REPORTA:

PRIORIDAD: EMERGENCIA NORMAL PROGRAMADA

El trabajo realizado debe completarse sin interrupcion SI _____ NO _____

DESCRIPCION DE LA AVERÍA Y/O MOTIVO DE MANTENIMIENTO

Anexo 5
CODIGO DE COLORES

CAMBIO	
INSPECCION	
AJUSTE	
LIMPIEZA	
LIMPIEZA, INSPECCION Y DRENADO	
LIMPIEZA y INSPECCION	
PINTURA	
LUBRICACION	

Anexo 6. Planta eléctrica FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201, foto 1



Anexo 7. Planta eléctrica FG Wilson PJ30, 23 KW, cod. GE0201, foto 2



Anexo 8. Motor compresor Atlas copco XAZ-750, foto 1



Anexo 9. Motor compresor Atlas Copco XAZ-750, Foto 2

