

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (M.C.C.) PARA LOS EQUIPOS DEL ÁREA SERVICIOS
INDUSTRIALES DE LA PLANTA LÁCTEOS LOS ANDES C.A., ARAGUA
DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Realizado por:

Figuera R., Pedro J.

**Trabajo de Grado Presentado como Requisito para Optar al Título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

Anaco, Mayo de 2018

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (M.C.C.) PARA LOS EQUIPOS DEL ÁREA SERVICIOS
INDUSTRIALES DE LA PLANTA LÁCTEOS LOS ANDES C.A., ARAGUA
DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Revisado por:

**MSc. Bousquet, Juan
Asesor Académico**

Anaco, Mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (M.C.C.) PARA LOS EQUIPOS DEL ÁREA SERVICIOS
INDUSTRIALES DE LA PLANTA LÁCTEOS LOS ANDES C.A., ARAGUA
DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI

Jurado Calificador:

APROBADO

MSc. Bousquet, Juan.

Asesor Académico

Ing. Coa, Manuel

Jurado Principal

Ing. Valderrama, Rita

Jurado Principal

Anaco, Mayo de 2018

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009) según comunicación CU-034-209:

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado especialmente a:

Primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este logro y haberme dado la vida, además de su infinita bondad y amor.

A mi familia querida, en especial a mis padres porque sin ellos no estaría en donde me encuentro ahora.

A la memoria de mi tío Luis Romero, gracias a él tuve una buena base para ingresar a la universidad, fue uno de los que me aconsejó en la elección de mi carrera.

Papa y Mama, este triunfo es de ustedes.

Pedro J. Figuera R.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido obtener este logro, sin el nada de esto lo hubiera podido lograr.

A mis padres por estar contigo siempre en las acciones buenas y malas a lo largo de mi vida, por apoyarte en todo lo que necesitaba para obtener este título.

A mi hermano Juan Figuera que en muchas ocasiones me daba ciertos consejos, así como también me apoyó en mi carrera.

A mis amigos que compartieron con mi persona los mejores años de estudio, en la casa más alta de Venezuela, sin duda muchachos disfrutamos como nunca y estuvieron allí con su apoyo, en especial a mi compañera Lilian Carrizales por ser especial, excelente compañera, en donde formamos grupos en las diversas materias de nuestra ingeniería, al compañero Edgar Galindo que para mí es como un hermano mayor, aparte de ser buen compañero, también gracias a sus explicaciones y grupos de estudios que formamos logre defenderme en varias materias prácticas, Daniel Vázquez por ser un excelente compañero.

Al grupo llamado “The Brother” dicho grupo se encuentra conformado por compañeros de ingeniería en sistema entre ellos se encuentra Celi, Dalmarys, Roberto, Freddy, Daniel, Leobaldo, Jean, Kassandra, Miguel, Jesutxa, Samuel, Natanael y Willmer en donde formamos grupos de estudios en materias que coincidían de ambas carreras, además nos reunimos en diversas ocasiones para celebrar cumpleaños y otras veces realizábamos compartir.

A mis compañeros de ingeniería industrial y sistema en donde formamos grupos de estudios, echamos broma a lo largo de mi carrera dentro de ellos se

encuentra Natali, Ana, Barbara, Sorandrys, Maira, Joselys, Anyanit, Carine, Anthony, Junior, Pedro, Niliangel, Carlos, Yamileth, Valeria, Eliseth, Brito, Abraham, Cruz entre otros.

A todas aquellas personas que estuvieron conmigo dando una ayuda en mi trabajo de grado.

A mi familia, por haberme dado todo el apoyo y buenos consejos, en especial mi tía María Salazar, prima-madrina Marines Salazar y Néstor Salazar que siempre estuvieron apoyándome en todo lo que necesitaba a lo largo de mi carrera.

A mi tío Luis Romero, siempre me apoyo cada vez que necesitaba ayuda de alguna materia práctica, gracias a sus explicaciones y enseñanzas logre tener una buena base para ingresar a la universidad, donde antes de iniciar mi carrera se había ofrecido en ayudarme y apoyarme, pero lamentablemente no pudo concretarse debido a su fallecimiento, pero este logro obtenido fue gracias a sus grandes enseñanzas.

A mi tía Viviana por haberme apoyado y dado buenos consejos a lo largo de mi carrera, además de compartir casi todos los días en esta casa de estudios.

Le doy gracias a Dios por haberme permitido compartir en varios años de mi carrera con la profesora Luisa García, Ana Capielo y en especial con la Sra Lidys Contreras que lamentablemente falleció, que fue parte de las personas con quien compartí momentos de agradables, hablando, echando broma y trabajando en la oficina de “Bienestar Estudiantil”.

A mi tutor Juan Carlos Bousquet, donde adquirí buen aprendizaje con varias materias que curse de las cuales dicto en ese momento, aparte de ser un excelente profesor también es un buen guiador para la elaboración de tesis.

A la empresa Lácteos los andes por haberme permitido realizar mis pasantías de grado en dicha empresa, donde adquirí diversos conocimientos, muchos de ellos se encuentran plasmado en esta investigación.

Al jurado, profesor Manuel Coa y Rita Valderrama por ser excelentes profesores, fueron parte de mi carrera donde vi diversas materias y mostraron ser parte de los profesores de buena calidad que tiene esta casa de estudios.

A la Universidad de Oriente (UDO) porque me abrió las puertas para no solo ser un ingeniero industrial sino de aprender y transmitir conocimiento, de compartir con mis amigos y con todos aquellos que me conocieron, de reír, de enojarme con los profesores cuando no se daba los objetivos pero también celebrar cuando se lograba avanzar. A todos los que habitan la casa más alta gracias.

Pedro J. Figuera R.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (M.C.C.) PARA LOS EQUIPOS DEL ÁREA SERVICIOS
INDUSTRIALES DE LA PLANTA LÁCTEOS LOS ANDES C.A., ARAGUA
DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Autor: Figuera R., Pedro J.

Tutor: MSc. Bousquet, Juan

Fecha: Mayo - 2018

RESUMEN

Esta investigación se realizó con la finalidad de diseñar planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C.) para los equipos del área servicios industriales de la planta Lácteos los Andes C.A., Aragua de Barcelona, estado Anzoátegui, La investigación fue de nivel descriptivo y diseño de campo. En la etapa I se realizó una descripción del contexto operacional de los equipos. En la etapa II, se determinó el nivel de criticidad de cada uno de los equipos mediante el método de Tony Ciliberti de la cual resultaron (4) equipos críticos. En la etapa III, se analizaron los modos y efectos de fallas de los equipos críticos obtenido en la etapa anterior, en la etapa IV se empleó el árbol lógico de decisiones arrojando (45) tareas a condición, (10) a restauración, (1) combinación de tareas; finalmente en la etapa V, se diseñaron los planes de mantenimiento para los equipos críticos. En conclusión los equipos críticos obtenido en este estudio fueron: motobomba centrífuga, caldera, compresor R22 y compresor tornillo, debido a que empresa cuenta con planes de mantenimiento para los equipos, se recomienda la implementación de este proyecto con el fin de lograr el buen funcionamiento de los mismos.

Descriptor: Confiabilidad, descripción, contexto operacional, AMEF, árbol lógico de decisiones, mantenimiento.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I.....	20
EL PROBLEMA	20
1.1. Planteamiento del Problema.....	20
1.2. Objetivos de la Investigación	23
1.2.1. Objetivo General	23
1.2.2. Objetivos Específicos.....	23
1.3. Justificación de la Investigación	24
1.4. Alcance de la Investigación	25
1.5. Identificación de la Empresa.....	26
1.5.1. Nombre Comercial	26
1.5.2. Ubicación Geográfica.....	26
1.5.3. Misión	26
1.5.4. Visión	27
1.5.5. Objetivo de la Empresa	27
1.5.6. Organigrama de la Empresa	28
CAPÍTULO II	30
MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. Antecedentes de la Investigación	30
2.2. Bases Teóricas.....	34
2.2.1. Definición de Mantenimiento	34
2.2.2. Objetivos del Mantenimiento	34
2.2.3. Clasificación del Mantenimiento	35
2.2.3.1. Clasificación del Mantenimiento	35
2.2.3.2. Mantenimiento Correctivo	35
2.2.4. Sistema de Mantenimiento.....	35
2.2.5. Planificación y Programación del Mantenimiento	36
2.2.6. Planificación y Programación del Mantenimiento	36
2.2.7. Equipo Natural de Trabajo (E.N.T.).....	36
2.2.8. Análisis de Criticidad.....	37
2.2.9. Clasificación de los Equipos según su Criticidad	37

2.2.10. Clasificación de los Equipos Según su Criticidad.....	38
2.2.11. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	44
2.2.12. Contexto Operacional.....	45
2.2.13. Preguntas Básicas para el Análisis del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	45
2.2.14. Análisis de Modo y Efecto de Fallas.....	46
2.2.14.1. Modos de Fallas	46
2.2.14.2. Efecto de Fallas	46
2.2.15. Árbol Lógico de Decisiones (ALD).....	47
2.2.15.1. Consecuencias de las Fallas del Árbol Lógico de Decisiones	47
2.2.15.2. Consecuencias de Fallas No Evidentes	47
2.2.15.3. Consecuencias en el Medio Ambiente y la Seguridad	48
2.2.15.4. Consecuencias en el Medio Ambiente y la Seguridad	48
2.2.16. Tareas de Mantenimiento Preventivo.....	50
2.2.16.1. Tareas Basadas a Condición.....	50
2.2.16.2. Tareas de Restauración Programada	50
2.2.16.3. Tareas Desincorporación Programada	50
2.2.16.4. Tareas de Detección de Fallas	51
2.2.16.5. Operar Hasta Fallar	51
2.2.17. Diagrama de Causa - Efecto (Ishikawa).....	51
2.2.17.1. Pasos para la Construcción del Diagrama de Ishikawa.....	52
2.2.18. Descripción de la Bomba	53
2.2.18.1. Bombas Centrífugas	54
2.2.18.2. Diferentes Partes de una Bomba Centrífuga	55
2.2.19. Caldera de Vapor.....	55
2.2.19.1. Caldera de Tipo Pirotubulares.....	56
2.2.19.2. Partes de la Caldera de Vapor	56
2.2.20. Condensador Termodinámico	57
2.2.21. Compresor	57
CAPÍTULO III	57
MARCO METODOLÓGICO.....	57
3.1. Nivel de Investigación.....	57
3.2. Diseño de Investigación	57
3.3. Población y Muestra.....	58
3.3.1. Población.....	58
3.3.2. Muestra.....	58
3.4. Unidad de Estudio	59
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	60
3.5.1. Observación Directa.....	60
3.5.2. Entrevistas no Estructuradas	60
3.5.3. Revisión Documental	60
3.6. Técnicas y Herramientas de Análisis de Datos	61
3.6.1. Análisis de Criticidad.....	61

3.6.2. Metodología de Ciliberti	61
3.6.3. Matriz de Evaluación de Criticidad.....	62
3.6.4. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.)	63
3.6.5. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.)	63
3.6.6. Árbol Lógico de Decisión	64
3.6.7. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)	66
3.6.8. Tabla de Datos.....	66
3.6.9. Gráficos	66
3.6.10. Ficha de Especificación Técnica	67
3.6.11. Diagrama de Entrada-Proceso-Salida	67
3.7. Etapas de la Investigación.....	68
3.7.1. Descripción el Contexto Operacional de los Equipos del Área de Servicios Industriales de la Planta Lácteos Los Andes C.A.	68
3.7.2. Determinación Mediante la Metodología de Tony Ciliberti, de los Equipos Críticos del Área en Estudio	69
3.7.3. Análisis los Modos y Efectos de Fallas de los Equipos Críticos del Área en Estudio	70
3.7.4. Establecer los Tipos de Actividades de Mantenimiento Aplicables a los Equipos Críticos del Área en Estudio.....	71
3.7.5. Elaboración Planes de Mantenimiento Preventivo para los Equipos del Área de Servicios Industriales de la Planta Lácteos los Andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui.....	71
CAPÍTULO IV	73
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	73
4.1. Descripción del Contexto Operacional de los Equipos del Área De Servicios Industriales De La Planta Lácteos Los Andes C.A.	74
4.1.1. Sistemas que Conforman el Área Servicios Industriales de la Planta Francisco Carvajal Lácteos los Andes	75
4.1.2. Especificaciones Técnicas Generales del Área de Servicios Industriales	80
4.1.3. Observaciones de los Sistemas.....	81
4.2. Determinación Mediante la Metodología de Tony Ciliberti los Equipos Críticos del Área en Estudio	84
4.2.1. Ponderaciones a Evaluar Según la Metodología Tony Ciliberti de Acuerdo al Índice de Criticidad Global para cada Equipo en Estudio.....	84
4.2.1.1. Análisis de Criticidad Según Tony Ciliberti	85
4.2.1.1.1. Determinación de Cálculo de Criticidad para la Motobomba Centrífuga del Hidroneumático perteneciente al Área de Servicios Industriales	85
4.3. Análisis de los Modos y Efectos de Fallas de los Equipos Críticos del Área en Estudio.....	92
4.3.1. Definición de las Funciones Principales de los Equipos Críticos	92
4.3.2. Definición de las Fallas Funcionales.....	92

4.3.3. Identificación de los Modos y Efectos de Fallas.....	93
4.4. Establecimiento de los Tipos de Actividades de Mantenimiento Aplicables a los equipos críticos del área en estudio	105
4.4.1. Metodología para la Aplicación del ALD.....	105
4.5. Elaboración Planes de Mantenimiento Preventivo para los equipos del Área de Servicios Industriales de la Planta Lácteos los Andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui	118
CAPÍTULO V	144
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
5.1. Conclusiones	144
5.2. Recomendaciones.....	146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO	151

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 2.1. Criterios de Evaluación Factor de Criticidad en SHA (FCSHA).....	39
Tabla 2.2. Criterios de Evaluación del Factor de Reducción de Consecuencias (FRSHA).	40
Tabla 2.3. Criterios de Evaluación del Factor de Mitigación en SHA (FMSHA).	40
Tabla 2.4. Criterios de Evaluación del Factor de Criticidad de Procesos (FCP) para el Cálculo del Índice de Criticidad por Procesos (ICP).	41
Tabla 2.5. Criterios de Evaluación del Factor de Respaldo de Proceso (FRP), para el Cálculo del Índice de Criticidad por Procesos (ICP).	42
Tabla 2.6. Criterio para el Análisis de Fallas.	42
Tabla 2.7. Matriz de Índice Global de Criticidad Basado en Riesgos.	44
Tabla 2.8. Las Siete Preguntas para el Logro de los Objetivos del M.C.C.	46
Tabla 3.1. Personal de la Empresa	58
Tabla 3.2. Unidad de Estudio.	59
Tabla 3.3. Matriz de Evaluación de Criticidad	63
Tabla 3.4. Hoja de Información para el Análisis de Modos y Efectos de Fallas	64
Tabla 3.5. Hoja de Decisión del Árbol Lógico de Decisiones	65
Tabla 3.6. Formato Ficha de Especificación Técnica	67
Tabla 4.1. Equipo Natural de Trabajo (ENT)	73
Tabla 4.2. Equipos del Sistema Hidroneumático	76
Tabla 4.3. Equipos del Sistema Generador de Vapor	77
Tabla 4.4. Equipos del Sistema Refrigeración	78
Tabla 4.5. Equipo Sistema Aire Comprimido	80
Tabla 4.6. Sistema Hidroneumático Motobomba Centrífuga	81
Tabla 4.7. Matriz de Criticidad	88
Tabla 4.8. Matriz de Índice Global de Criticidad Basado en Riesgos	90
Tabla 4.9. Resultados del Análisis de Criticidad	91
Tabla 4.10. AMEF Hidroneumático Motobomba Centrífuga	94
Tabla 4.10. Continuación	95
Tabla 4.11. AMEF Sistema Generador de Vapor caldera Pirotubular	96
Tabla 4.11. Continuación	97
Tabla 4.11. Continuación	98
Tabla 4.11. Continuación	99
Tabla 4.12. AMEF Compresor Tornillo del Sistema Aire Comprimido	100
Tabla 4.12. Continuación	101
Tabla 4.12. Continuación	102
Tabla 4.13. AMEF Sistema Refrigeración Compresor de Gas R22	103
Tabla 4.14. Resumen del AMEF	104
Tabla 4.15. ALD Hidroneumático Motobomba Centrífuga	107
Tabla 4.16. ALD Generador de Vapor Caldera Pirotubular	109

Tabla 4.17. ALD Aire Comprimido Compresor Tornillo y Componentes	112
Tabla 4.18. ALD Compresor de Refrigeración	114
Tabla 4.19. Total de Tareas a Realizar	115
Tabla 4.20. Evaluación Total de Consecuencias	116
Tabla 4.21. Tipos de Consecuencias las Fallas	117
Tabla 4.22. Plan de Mantenimiento para la Motobomba Centrífuga de los Hidroneumáticos	128
Tabla 4.23. Plan de Mantenimiento para la Caldera del Generador de Vapor.....	130
Tabla 4.24. Plan de Mantenimiento para el Compresor de Aire y Componentes del Sistema Aire Comprimido.....	133
Tabla 4.25. Plan de Mantenimiento para el Compresor R22 y Componentes del Sistema Refrigeración	135
Tabla 4.26. Formato para Historial de Falla para los Equipos del Área Servicios Industriales	137
Tabla 4.27. Formato de Información de Fallas	139
Tabla 4.28. Formato Reporte de Falla.....	141
Tabla 4.29. Formato Reporte de Mantenimiento	143

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1. Ubicación Geográfica de La Planta Francisco Carvajal Lácteos los Andes	26
Figura 1.2. Organigrama de La Planta Francisco Carvajal Lácteos los Andes.....	28
Figura 2.2. Diagrama de Ishikawa	52
Figura 3.2. Formato Diagrama Entrada-Proceso-Salida	68
Figura 4.1. Diagrama EPS Sistema Hidroneumático	76
Figura 4.2. Diagrama de Procesos Sistema Hidroneumático	76
Figura 4.3. Diagrama EPS Sistema Generador de Vapor	77
Figura 4.4. Diagrama de procesos Sistema Generador de Vapor	78
Figura 4.5. Diagrama EPS Sistema Refrigeración	79
Figura 4.6. Diagrama de Procesos Sistema Refrigeración.....	79
Figura 4.7. Diagrama EPS Sistema Aire Comprimido	80
Figura 4.8. Distribución Porcentual del AMEF	104
Figura 4.9. Distribución Porcentual de las Diversas Tareas a Realizar	115
Figura 4.10. Distribución Porcentual Modos De Falla Evidente	116
Figura 4.11. Distribución Porcentual de los Tipos de Consecuencias de Fallas.....	117

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos gran cantidad de organizaciones aplican una buena política para controlar, evaluar la gestión del mantenimiento, lograr un alto desempeño y rendimiento en sus empresas.

Sin embargo, la gestión del mantenimiento de hoy, ha ido cambiando viejos principios por nuevos paradigmas de excelencia. Las prácticas de ingeniería de Confiabilidad, Gerencia de Activos, Indicadores de Gestión y Análisis de los costos totales del mantenimiento; contribuyen los objetivos centrales de las empresas enfocadas en la competitividad. A la actividad del mantenimiento como gestión integral, se le incorporan la capacidad de dar respuesta al ciclo productivo, el aseguramiento de insumos propios y auxiliares del mantenimiento, nuevas tecnologías productivas y la capacidad del hombre; principal autor del proceso y en particular su desempeño, estimulación y motivación.

Debido a que el ingreso de una empresa siempre proviene de la venta de un producto o servicio, esta visión lleva una organización a centrar en esfuerzos de mejora, y con ello los recursos, en la función de producción. El mantenimiento fue un problema que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata. Las estrategias que se aplicaban de “reparar cuando se produzca la avería” ya no sirven, estas fueron válidas en el pasado, pero actualmente aplicar esta estrategia de esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en unos costes excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, entre otros.).

El objetivo del mantenimiento en una empresa es mantener a los activos en óptimas condiciones a través de planes de mantenimiento preventivo, con la finalidad de minimizar posibles fallos que pueda ocasionar una inesperada paralización de la actividad que se esté llevando a cabo y que esta parada pueda generar alguna pérdida económica para la empresa, por esta razón la aplicación de planes de mantenimiento es indispensable ya que busca garantizar la confiabilidad del buen funcionamiento y desempeño de los activos.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad busca la mejora continua de sistemas y/o procesos e incorpora metodologías basadas en confiabilidad, nos guía en la generación de planes de mantenimiento capaces de mitigar los modos de falla que se presenta en un entorno operacional específico, para que los activos cumplan con requerimientos de desempeño, costos, seguridad y regulaciones ambientales.

De tal forma, el presente trabajo de grado se realiza con el fin de diseñar planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C.) para los equipos del área servicios industriales de la planta Lácteos los Andes C.A., Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui.. A continuación se presenta la descripción general de cada uno de los 5 capítulos en lo que se encuentra estructurada la investigación.

Capítulo I: Planteamiento del problema, mostrando las bases sobre la cual se va a fundamentar la investigación, en conjunto con los objetivos, tanto general, como los específicos, justificación, alcance y una breve identificación de la empresa; donde se señalan los aspectos más relevantes.

Capítulo II: Marco Teórico, donde se muestran los antecedentes y fundamentos teóricos que contribuyeron para el desarrollo de este proyecto, con el objeto de lograr

una mayor comprensión de la terminología empleada en los siguientes capítulos y brindar el sustento teórico.

Capítulo III: Marco Metodológico, en el cual se desglosa el nivel de investigación, diseño de investigación, señalando la población y muestra escogida, las diferentes técnicas de recolección y un análisis de datos y procedimiento de la investigación.

Capítulo IV: Análisis y Presentación de Resultados, se realiza la presentación del contexto operacional del área en estudio, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos por medio de la aplicación de la metodología de Análisis de Criticidad (Tony Ciliberti), modos y efectos de falla y árbol lógico de decisiones.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones, se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenida, en función de los aspectos más relevantes de acuerdo con los objetivos planteados del trabajo investigativo.

Finalmente se presentan las referencias bibliográficas y anexos que contribuyeron en esta investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

EL mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; al inicio era visto como actividades correctivas que se utilizaban para solucionar las fallas. Con el desarrollo de las máquinas se establecen los departamentos de mantenimiento, no solo con la finalidad de solucionar las fallas sino también prevenirlas, utilizando un personal dedicado exclusivamente a estudiar acerca de cómo y cuándo se produce una falla garantizando así la eficiencia y disminuyendo los costos por averías o producción.

En la actualidad, las empresas están implantando nuevas metodologías, para optimizar sus procesos de Gestión del Mantenimiento. Dentro de estas metodologías, el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.), es una herramienta utilizada para mejorar las funciones de los activos físicos, manejar las consecuencias de sus fallas y optimizar el mantenimiento en las organizaciones; también constituye un instrumento para las creaciones de los planes de mantenimiento, los cuales dentro de una empresa son de gran importancia, ya que, ayudan a llevar con éxito las actividades previamente programadas, que son necesarias para prevenir fallas imprevistas u otros problemas.

Sin embargo una ineficiente gestión del mantenimiento constituye un problema habitual que ha venido afectando significativamente a las empresas; Venezuela no escapa de esta realidad, lo que ha traído como consecuencia la disminución en la vida útil de los equipos y el deterioro de la calidad del servicio prestado. Cabe destacar, que si el mantenimiento en una empresa es deficiente se generan paradas costosas en

el proceso productivo o servicio, por ende, provocará una insatisfacción en el cliente, lo que se puede traducir en pérdidas de dinero.

La planta Francisco Carvajal se encuentra ubicada en la carretera nacional vía Aragua de Barcelona-Zaraza, zona industrial Francisco Carvajal, a 4 km de los silos casa, sector Buenos Aires, estado Anzoátegui. Esta es una planta dedicada a procesar y mercadear en todo el territorio nacional los mejores productos lácteos, jugos naturales, bebidas y alimentos de la cesta básica, bajo los más altos estándares de calidad, a fin de contribuir efectivamente con el plan seguridad alimentaria de la Nación.

La empresa cuenta con un área de servicios industriales, la cual involucra diversos equipos dentro de ella, tales como: hidroneumáticos, generador de vapor, refrigerador, compresores, tanques, tableros de control, bombas centrífugas, bombas multietapas, condensadores y ventiladores, dichos equipos contribuyen al desarrollo de los procesos productivos, si alguno fallara traería como consecuencia paradas no programadas, ocasionando que los costos de producción aumenten.

Actualmente, la empresa no posee planes de mantenimiento preventivo ni correctivo para sus equipos, por lo que las sustituciones o reparaciones surgen como imprevistos, además ningún equipo presenta un historial de fallas. A falta de dicho planes, los problemas se resuelven por medio de las experiencias del personal de mantenimiento, ésta problemática conlleva al aumento de la tasa de fallas por la falta de prevención, trayendo como consecuencia paradas del sistema por un tiempo mayor, lo que se refleja en una baja productividad y pérdidas económicas. Aunado a esto, la ineficiencia del mantenimiento dentro de la empresa en parte también se debe al desinterés de la gerencia acerca de diseñar planes de mantenimientos, no sólo para el área de servicios sino para todas las áreas productivas.

Por lo antes expuesto, este trabajo de investigación lleva como objetivo general diseñar planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C.) a los equipos del área servicios industriales de la planta lácteos los Andes C.A., Aragua de Barcelona, estado Anzoátegui. Para lograr el objetivo de la presente investigación se realizó una descripción al contexto operacional de los equipos del área servicios industriales, luego se determinaron los equipos críticos del área de estudio aplicando la metodología Tony Ciliberti, para luego analizar los modos y efectos de fallas de los equipos críticos del área de estudio y de esta manera establecer los tipos de actividades de mantenimiento aplicables a los equipos críticos usando el árbol lógico de decisiones (A.L.D.), finalmente, diseñar los planes de mantenimiento para los equipos del área servicios industriales de la planta lácteos los andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui.

Este trabajo traerá como beneficio llevar un control (verificación, inspección, supervisión, entre otros) a través de actividades o tareas que puedan contribuir en la prevención de fallas de los equipos, alargando la vida útil de los mismos, con el fin de evitar paradas no programadas. Los planes de mantenimiento permitirán proteger la integridad física y mecánica de toda instalación responsable de la producción, ya que logrará reducir los costos y fallas de los equipos, que a su vez mantendrán una elevada confiabilidad de los mismos para cubrir las necesidades de producción y objetivos trazados.

La originalidad de este proyecto reside en que en la actualidad en el departamento de mantenimiento de la empresa Francisco Carvajal Lacteos los Andes no cuenta con planes de mantenimiento donde se encuentren las tareas preventivas o correctivas, que contribuya a evitar posibles fallas en los distintos equipos (estáticos y dinámicos) que se encuentran instalados en la empresa. En cuanto al alcance del proyecto, el mismo será una propuesta de planes de mantenimiento para que este pueda ser implementado y manejado por el personal encargado en esta área en los que

se encuentran los supervisores, técnicos y operadores con el fin de minimizar los costos que pueda generar una parada de la producción.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Diseñar planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C.) para los equipos del Área Servicios Industriales De La Planta Lácteos Los Andes C.A, Aragua De Barcelona, Estado Anzoátegui.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir el contexto operacional de los equipos del área de Servicios Industriales de la Planta Lácteos Los Andes C.A.
- Determinar mediante la metodología de Tony Ciliberti los equipos críticos del área en estudio.
- Analizar los modos y efectos de fallas de los equipos críticos del área en estudio.
- Establecer los tipos de actividades de mantenimiento aplicables a los equipos críticos del área en estudio.
- Diseñar los planes de mantenimiento para los equipos del área de servicios industriales de la planta Lácteos los Andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui.

1.3. Justificación de la Investigación

La realización de este trabajo de grado se basa en determinar y proponer planes de mantenimiento aplicando la metodología de Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (M.C.C.) para los equipos del área servicios industriales de la planta Lácteos Los Andes C.A, Aragua de Barcelona, estado Anzoátegui, para de esta manera contribuir en el aspecto económico, ya que a través de estos planes permiten tomar acciones necesarias para mantener el buen funcionamiento de los equipos de dicha área, lo que admite una disminución de costos, puesto que no se realizarían actividades innecesarias.

Cabe destacar que un mal desempeño en la gestión del mantenimiento perjudica directamente a las empresas, ya que afecta la disponibilidad y confiabilidad de las instalaciones y equipos, lo que dificulta que se lleven a cabo la continua operación de sus procesos de producción, afectando directamente el logro de los objetivos, por ello es necesario la aplicación de un plan de mantenimiento con el fin de garantizar la operatividad de los procesos productivos.

Al aplicar el diseño de planes de mantenimiento se pretende beneficiar a la empresa Lácteos Los Andes C.A de Aragua de Barcelona, pues se busca mejorar la operatividad de los equipos perteneciente al área en estudio, además de alargar la vida útil, con el propósito de mejorar su funcionamiento, rendimiento y confiabilidad, ya que se evitarían posibles fallas inesperadas de los equipos ocasionando la parada de la producción, en donde trae como consecuencias las pérdidas económicas.

1.4. Alcance de la Investigación

El presente proyecto está orientado a la elaboración de planes de mantenimiento basados en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C), para los equipos del área de servicios industriales de la planta Lácteos los Andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui. En esta ocasión se dirigió el estudio de M.C.C hacia los equipos críticos en estudio.

El alcance de este trabajo es el siguiente:

- Describir el contexto operacional de los equipos del área de Servicios Industriales de la Planta Lácteos Los Andes C.A.
- Determinar mediante la metodología de Tony Ciliberti los equipos críticos del área en estudio.
- Analizar los modos y efectos de fallas de los equipos críticos del área en estudio.
- Establecer los tipos de actividades de mantenimiento aplicables a los equipos críticos del área en estudio.
- Diseñar los planes de mantenimiento para los equipos del área de servicios industriales de la planta Lácteos los Andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui.

1.5. Identificación de la Empresa

1.5.1. Nombre Comercial

Planta Francisco Carvajal Lácteos los Andes C.A.

1.5.2. Ubicación Geográfica

La planta Francisco Carvajal Lácteos Los Andes se encuentra ubicado en la Carretera Nacional Vía Aragua de Barcelona – Zaraza Zona Industrial Francisco Carvajal, a 4 Km de los Silos Casa Sector Buenos Aires (ver figura 1.1)

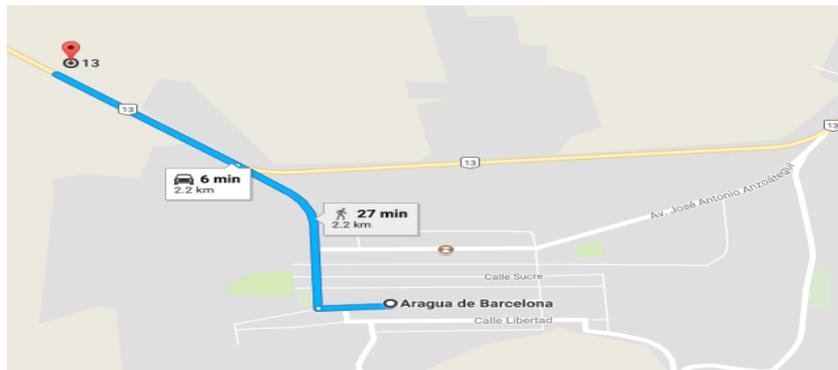


Figura 1.1. Ubicación Geográfica de La Planta Francisco Carvajal Lácteos los Andes
Fuente: Google Maps (2017)

1.5.3. Misión

Procesar y mercadear en todo el territorio nacional los mejores productos lácteos, jugos naturales, bebidas y alimentos de la cesta básica, bajo estándares de calidad certificada, a fin de contribuir efectivamente con el plan seguridad alimentaria de la Nación, mediante el suministro permanente, y asequible de los productos a la población como parte de una política pública para garantizar la disponibilidad

suficiente y estable de alimentos y el acceso oportuno y permanente de estos a la comunidad mediante su participación activa, permitiendo el desarrollo de oportunidades de progreso para su talento humano.

1.5.4. Visión

Ser una empresa del estado venezolano, reconocida por satisfacer las necesidades alimenticias de la población especialmente la más vulnerable y de menores recursos, en todo el territorio nacional y en América Latina, con productos lácteos, jugos naturales, bebidas y alimentos de la cesta básica de la más alta calidad y certificación internacional, con personal altamente calificado y claramente motivado a la satisfacción de estas necesidades y al bienestar, contribuyendo en la conformación de una sociedad regional con justicia y equilibrio social.

1.5.5. Objetivo de la Empresa

- Consolidar la red comercialización, distribución y almacenamiento de productos lácteos, jugos, néctares y alimentos de la cesta básica alimentaria para garantizar el abastecimiento de la población.
- Fortalecer la red agropecuaria que sirve de soporte como abastecimiento de materia prima láctea y de pulpa de frutas así como la cadena productiva de productos lácteos, jugos entre otros alimentos de la cesta básica alimentaria, a fin de coadyuvar con la seguridad y soberanía alimentaria.
- Desarrollar nuevas infraestructuras y servicios para consolidar la cadena productiva, comercialización, distribución y almacenamiento de productos lácteos, jugos, néctares y otros alimentos de la cesta básica alimentaria, para contribuir con la seguridad y soberanía alimentaria.

1.5.6. Organigrama de la Empresa

En la figura 1.2. Se muestra el organigrama de la planta Francisco Carvajal Lácteos Los Andes.

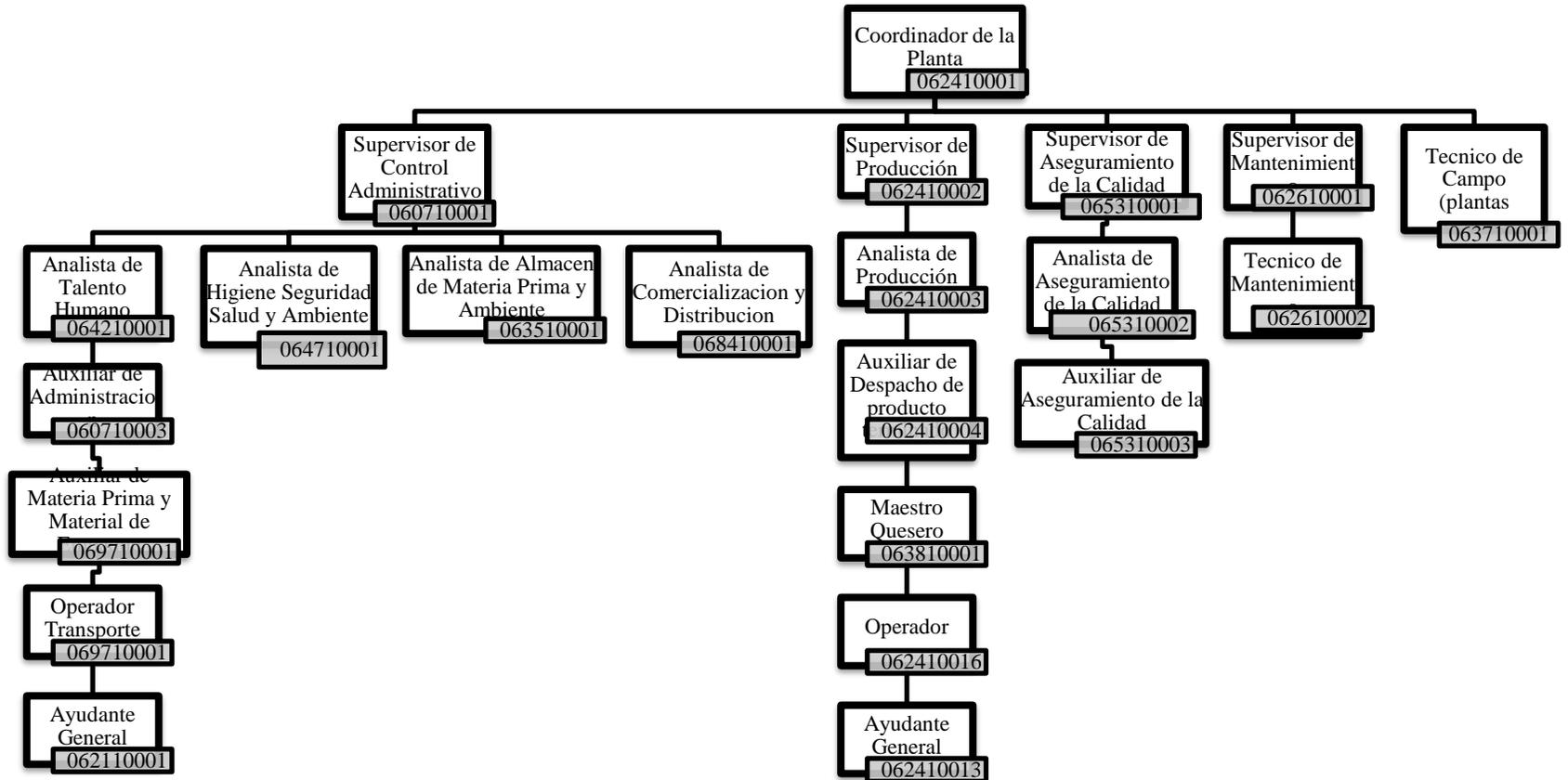


Figura 1.2. Organigrama de La Planta Francisco Carvajal Lácteos los Andes
Fuente: El autor (2017)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Los antecedentes de este estudio, están constituidos por trabajos de investigación previos que fueron realizados con anterioridad y que guardan similitud con el tema que se presenta. A continuación se mencionan algunos trabajos, que sirvieron de ayuda para el avance y desarrollo del presente estudio, ya que guardan relación y ponen de manifiesto la importancia y trascendencia de éste:

Salazar (2016). Diseño Un Plan De Mantenimiento Basado En La Filosofía Del Mantenimiento Centrado En Confiabilidad Para Los Tornos Del Sistema De Mecanizado De La Empresa Metalock C.A. Anaco, Estado Anzoátegui, su trabajo fue realizado de carácter descriptivo con un diseño aplicable de investigación de campo. En primer lugar, realizó la descripción de los componentes principales de los tornos paralelos, posteriormente elaboro las fichas técnicas de cada torno con ayuda de manuales del fabricante. Luego, basándose en los registros de fallas del año 2014 realizo el análisis de criticidad para todos los tornos, dando como resultado los 3 tornos Kingston (U.S.A.) los más críticos. Así mismo, elaboro el Análisis de Modos y Efectos de Fallas donde evaluó los componentes principales que conforman a los tornos Kingston (U.S.A.) arrojando como resultado 21 modos de fallas inaceptables, lo cual permitió al E.N.T. establecer 27 tareas de mantenimiento y diseñar los planes de mantenimiento que deberían aplicarse al sistema de tornos paralelos.

Este trabajo de grado contribuyó para el desarrollo de este proyecto por su contenido en cuanto a las especificaciones de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad.

Flores (2015). Propuso Un Plan De Mantenimiento Preventivo Centrado En Confiabilidad (M.C.C.) Para Las Unidades Motocompesoras Marca Clark De La Planta Compresora De Gas Natural Santa Ana III PDVSA Producción Gas Anaco, con fines de mejorar la confiabilidad operacional de los motocompesores Clark, evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y paradas repentinas en los equipos. Realizo la descripción del contexto operacional mediante el uso del diagrama entrada proceso salida (E.P.S.) y fichas técnicas, jerarquizaron las fallas presentadas en su último año de operación con el fin de enfocar el estudio en los sistemas que presentaron mayor criticidad. Luego aplico un Análisis de Modos y Efectos de Falla a los componentes críticos para determinar las acciones de mantenimiento más adecuadas a aplicar mediante el Árbol Lógico de Decisiones basado en la norma SAE-JA1012, posteriormente elaboro el plan de mantenimiento en el cual establecieron cinco indicadores de mantenimiento con el fin de que la Gerencia de Mantenimiento Operacional pueda evaluar el impacto que ha de generar la aplicación del plan de mantenimiento propuesto.

Este trabajo de investigación sirvió como apoyo para realizar las tareas aplicables a través del árbol lógico de decisiones (A.L.D.) aplicando la norma SAE-JA1012.

Hernández (2015). Propuesta de planes de mantenimiento aplicando la filosofía del M.C.C. a las bombas reciprocantes de las plantas de inyección de agua salada del Área Mayor Anaco de PDVSA Gas Anaco, el objetivo principal de este trabajo es proponer planes de mantenimiento a las bombas reciprocantes de las plantas de inyección de agua salada del área mayor de Anaco de PDVSA Gas Anaco. En la Etapa I se realizó una descripción del contexto operacional en las bombas reciprocantes. En la Etapa II, se determinó el nivel de criticidad de cada uno de los equipos mediante la aplicación de la metodología D.S, de la cual resultaron críticos solo dos (2) equipos de un universo de doce (12). Se realizaron entrevistas no

estructuradas al personal de la empresa y visitas a campo. En la etapa III, se analizaron las fallas presentes en las bombas reciprocantes mediante un análisis de modos y efectos de fallas arrojando como resultado 30 modos de fallas, posteriormente, en la etapa IV se empleó el árbol lógico de decisiones dando como resultado 16 tareas a condición , 0 a reacondicionamiento cíclico, 15 tareas de sustitución cíclica; finalmente en la etapa, se elaboraron planes de mantenimiento preventivos a las bombas reciprocantes de la planta de inyección de agua salada de la estación de descarga San Joaquín – 4 (PIAS-SJED-4) con la finalidad de mejorar la gestión de mantenimiento.

Éste trabajo permitió conocer de qué manera se puede realizar la planificación de las actividades de mantenimiento, en pro de mejorar el funcionamiento del sistema estudiado.

Caura (2014). Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C.) para los equipos Batch Mixer de la empresa CPVEN, S.A. ubicada en la ciudad Anaco, estado Anzoátegui, su trabajo estuvo basado con fines de mejorar la confiabilidad de los equipos, evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y parada en los equipos. En vista de no contar con historiales de mantenimiento, fue conveniente utilizar la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual de los equipos, se determinó el contexto operacional de los Bath Mixer y se aplicó un análisis de criticidad para enfatizar los estudios y destinar recursos en los componentes de mayor relevancia, luego se realizó un Análisis de Modos y Efecto de Falla a los componentes críticos, asentándolos en la hoja de información para luego determinar el tipo de mantenimiento mediante el Árbol Lógico de Decisiones y registrarlas en la hoja de decisiones, de allí se elaboró el plan de mantenimiento donde se generaron 24 tareas preventivas, para un total de 329

Horas Hombres, entre las cuales figuran tareas a condición, reacondicionamiento cíclico y sustitución cíclica.

El trabajo se utilizó como referencia para el tema en estudio, debido a que aportó información para la aplicación del Análisis de Modos y Efecto de Falla.

Gelviz (2013). Diseño de planes de Mantenimiento Aplicando la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.) para los tratadores Térmicos y Calentadores del Área Operacional Campo Mata de PDVSA Producción Gas Anaco, el objetivo principal de este trabajo consistió en diseñar planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C.) para los tratadores térmicos y calentadores del área operacional Campo Mata de PDVSA Producción Gas Anaco. El presente trabajo se caracteriza por ser una investigación de tipo descriptiva ya que se estudió la problemática existente en dichos equipos, además de contar con una fuente de información primaria y secundaria (de campo y documental). Para el desarrollo del mismo fue necesario ejecutar las siguientes etapas: En la etapa I, se describió el estado actual de los tratadores térmicos y calentadores; en la etapa II se determinaron los equipos críticos mediante la metodología de Tony Ciliberti, en la etapa III se realizó un A.M.E.F a los equipos que resultaron ser críticos evaluando su funcionalidad, el modo de fallo, la causa de falla y efecto o consecuencia de la falla; en la etapa IV se desarrolló el A.L.D para la determinación de las tareas de mantenimiento aplicables a los equipos en estudio; Y determinación de las tareas de mantenimiento aplicables a los equipos en estudio; Y por último en la etapa V se diseñaron planes de mantenimiento para los equipos críticos.

Este trabajo aportó información para la aplicación de la metodología de Tony Ciliberti con la finalidad de poder determinar los equipos críticos en el área que será estudiada.

2.2. Bases Teóricas

Según Arias, F. (2006), “las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p. 107). Por medio de las bases teóricas es que se logra ampliar los conocimientos por el estudio y análisis del problema planteado en esta investigación.

2.2.1. Definición de Mantenimiento

La Norma COVENIN 3049-93, lo define, como “el conjunto de acciones que permiten conservar o restaurar un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado” (p. 1). Es decir son acciones que se realizan para proteger a instalaciones, equipos, dispositivos con la finalidad que este pueda cumplir sus funciones para el cual fue diseñada.

2.2.2. Objetivos del Mantenimiento

La norma COVENIN 3049-93, establece que:

El objetivo del mantenimiento es mantener un sistema productivo en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigida, en empresas de servicios, a un costo global (p. 1).

Basándose de ésta definición podríamos agregar que el objetivo del mantenimiento es mantener a los equipos, instalaciones, dispositivos en óptimas condiciones cumpliendo con su función satisfactoriamente a bajos costos.

2.2.3. Clasificación del Mantenimiento

Según Suárez, D. (2001), existen dos tipos básicos de mantenimiento, el preventivo y el correctivo, los cuales por la manera de ejecución, frecuencia.

2.2.3.1. Clasificación del Mantenimiento

Según Suarez, D. (2001): “es el mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o según criterios prescritos, y cuyo fin es reducir la probabilidad de avería o deterioro del funcionamiento de un equipo” (p. 17). Podemos definir el mantenimiento preventivo como un conjunto de actividades a realizar con la finalidad de evitar algunas fallas que se puedan presentar en algún equipo o dispositivo en funcionamiento.

2.2.3.2. Mantenimiento Correctivo

Según Suarez, D. (op.cit), “es la actividad no programada y se dirige a reparaciones por fallas ocurridas” (p. 17). El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en llevar a condiciones óptimas los equipos después de presentar una falla, esto se pudiera lograr a través de restauración, reemplazo de componentes o partes de equipos debido a desgaste, daños o rupturas.

2.2.4. Sistema de Mantenimiento

Según Suarez, D. (2001), lo define como, “es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción” (p. 23). Los sistemas de mantenimiento también contribuyen en el logro de las metas al incrementar las utilidades y la

satisfacción de la planta, mejorando la utilidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los pedidos a los clientes.

2.2.5. Planificación y Programación del Mantenimiento

Según Ramírez, T. (1999), lo define como:

Es el diseño de programas de actividades de mantenimiento, distribuidas en el tiempo, donde la frecuencia puede ser conocida o desconocidas, los recursos asignados dependiendo de la situación actual y contexto de los equipos y permiten mantener los equipos en operación para cumplir con las metas de producción preestablecida por la organización (p. 18).

El inicio de mantenimiento es la planificación, donde se prepara la ejecución de los trabajos, consiguiendo la participación de todos los recursos y resolviendo todos los problemas que puedan afectar su eficiente ejecución.

2.2.6. Planificación y Programación del Mantenimiento

Según Suarez, D. (op.cit.), el proceso de planificación puede dividirse en tres niveles básicos, dependiendo de horizonte de la planificación. Los cuales son:

- Planes a largo plazo (cubre un periodo de hasta de 5 años).
- Planes a mediano plazo (cubre un periodo hasta de un año).
- Planes a corto plazo (corresponde a los planes semanales y diarios).

2.2.7. Equipo Natural de Trabajo (E.N.T.)

Es un grupo multidisciplinario que pertenece a una organización y trabaja en conjunto durante un periodo de tiempo para solucionar problemas específicos, con ayuda del valor agregado que suministrara cada miembro para mejorar la gestión a

corto plazo. Además tiene la responsabilidad de realizar la gestión a corto plazo. Este equipo tiene la responsabilidad de realizar el estudio, para determinar los requerimientos operacionales y mantenimiento.

2.2.8. Análisis de Criticidad

Según Suarez, D. (op.cit.), el análisis de criticidad permite establecer niveles jerárquicos en procesos, sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que se generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. También es el análisis de confiabilidad que establece un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgándole un valor numérico o estatus, en función de ciertos factores a tomar en cuenta.

El análisis se orienta a través de tormenta de ideas en una reunión de trabajo con un grupo multidisciplinario conformado por la línea supervisora y trabajadores de operaciones y mantenimiento, ingeniería de procesos o infraestructura y analista de mantenimiento, con la finalidad de unificar criterios y validar información.

2.2.9. Clasificación de los Equipos según su Criticidad

Según Suarez, D. (op.cit.), los equipos se clasifican de acuerdo a su criticidad, en categorías:

- No crítico.
- Semi-crítico.
- Crítico.

De esta manera podremos verificar en que categoría se encuentran los equipos que serán estudiados.

2.2.10. Clasificación de los Equipos Según su Criticidad

Según Ciliberti, T. (2006) se define como: una metodología que toma en cuenta los procesos y la seguridad estableciendo parámetros de criticidad, los cuales proporcionan a las empresas un retorno de la inversión debido a los refuerzos direccionados en estudios de integridad mecánica mientras se establecen cumplimiento con las regulaciones gubernamentales. Esta aproximación optimiza de manera efectiva los programas de integridad mecánica haciendo énfasis en los equipos más críticos. Este método usa una jerarquización de procesos críticos el cual es similar a la metodología usada en los procesos de estudio de análisis de riesgo. Todos los componentes y equipos de procesos son evaluados y cada uno se le otorga un valor relativo de acuerdo a un índice de criticidad global.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con técnicas de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, análisis de fallas, análisis de confiabilidad, a través de criterios divididos en: seguridad, ambiente, producción, costo de operación y mantenimiento, frecuencia de fallas y tiempo promedio.

Evaluación de criticidad

En principio se debe hallar el ICSHA (índice de criticidad de consecuencias en Seguridad, Higiene y Ambiente) como se indican en la ecuación I:

$$\text{ICSHA} = \text{FCSHA} - \text{FRSHA} - \text{FMSHA} \quad (\text{Ec.2.1})$$

ICSHA = Índice de criticidad basado en SHA

FCSHA = Factor de criticidad en SHA

FRSHA = Factor de reducción en SHA

FMSHA = Factor de mitigación en SHA

Utilizando la tabla 2.1, se halla el criterio de evaluación factor de criticidad de S.H.A. (F.C.S.H.A.), y se establece con el riesgo químico del fluido de proceso con la clasificación de la N.F.P.A., donde se considera la toxicidad, inflamabilidad y reactividad en una escala de 0 al 4. Adicionalmente se considera las condiciones de operación como son: temperatura, presión y r.p.m.

Tabla 2.1. Criterios de Evaluación Factor de Criticidad en SHA (FCSHA).

Criterios de Evaluación Factor Criticidad en SHA (FCSHA)	
Peligros Muy Altos (4)	Temperaturas > 1000°F o < -50 °F
	Presiones > o Iguales a 500 PSIG o 1 ATM. Donde el O2 presente puede causar una explosión potencial
	Velocidad de Rotación > 5000 r.p.m
Peligros Altos (3)	Temperaturas > 500°F o < -20 °F
	Presiones < 500 PSIG Y > 250 PSIG
	Velocidad de Rotación > 3500 r.p.m
Peligros moderados (2)	Temperaturas > 212 °F < 500 °F
	Presiones > 150 PSIG < 250 PSIG
	Velocidad de Rotación > 200 r.p.m < 3500 r.p.m.
Peligros bajos (1)	Temperatura > 104 °F < 212 °F
	Presiones > 15 PSIG < 150 PSIG
	Equipos con velocidades rotacionales de 200 r.p.m.
No Peligrosos (0)	Temperatura > 32 °F < 104 °F
	Presiones > 0 PSIG < 15 PSING
	Equipos con velocidades rotacionales de 0 a 200 r.p.m.

Fuente: Tony Ciliberti

El mayor de los 4 parámetros (servicio, temperatura, presión y revoluciones por minuto) determina el valor final de FCSHA. Utilizando la tabla 2.2 se halla el factor

de FRSHA (Factor Reducción de SHA) el cual se considera la posibilidad de que la falla del equipo genere consecuencias sobre la seguridad, la salud y medio ambiente.

Tabla 2.2. Criterios de Evaluación del Factor de Reducción de Consecuencias (FRSHA).

Criterios de Evaluación Factor de Reducción de consecuencias (FRSHA)		
Factor de reducción en SHA	FRSHA = 0	Cuando existe alta posibilidad de que la falla del equipo genere consecuencias sobre la seguridad, la salud y/o el medio ambiente
	FRSHA = 1	Cuando la falla del equipo no genera consecuencias sobre la seguridad, la salud y/o el medio ambiente

Fuente: Tony Ciliberti

Utilizando la tabla 2.3 se halla el factor de FMSHA (Factor de Mitigación de SHA) el cual evalúa si existe maniobra operacional o dispositivos de seguridad que permita mitigar las consecuencias.

Tabla 2.3. Criterios de Evaluación del Factor de Mitigación en SHA (FMSHA).

Criterios de Evaluación Factor de Mitigación en SHA (FMSHA)		
Factor Mitigación en SHA	FMSHA = 1	Si existe una línea de repuesto o plan de contingencia que mitigue el peligro
	FMSHA = 0	si no existe un plan de contingencia

Fuente: Tony Ciliberti

En la ecuación 2 se muestra el cálculo del índice de criticidad en base al proceso:

$$ICP = FCP - FRP \quad (\text{Ec.2.2})$$

Dónde:

ICP = Índice de criticidad del proceso

FCP = Factor de criticidad del proceso

FRP = Factor de respaldo de proceso

En principio se halla el factor de criticidad de proceso FCP el cual evalúa la afectación de falla sobre las operaciones de acuerdo a las categorías mostradas en la tabla 2.4 que se presenta a continuación.

Tabla 2.4. Criterios de Evaluación del Factor de Criticidad de Procesos (FCP) para el Cálculo del Índice de Criticidad por Procesos (ICP).

Factor de criticidad de procesos (FCP)	FCP = 4 Crítico	Falla del equipo causara la pérdida total de la capacidad de producción o una calidad inaceptable de la producción resultando pérdida total de la producción
	FCP = 3 Necesario	Falla del equipo resultará en pérdida de una o más corrientes, no la totalidad de la producción
	FCP = 2 Útil	Falla del equipo forzaría a una recirculación, desvío inmediato o almacenaje
	FCP = 1 Mínimo	Falla del equipo ocasionaría una pérdida de la optimización del equipo del producto o del control avanzado
	FCP = 0 No Afecta	Falla del equipo ocasionaría una pérdida de la optimización del producto o del control avanzado

Fuente: Tony Ciliberti

Posteriormente se halla el factor de criticidad del proceso (FRP), el factor de respaldo del proceso (FRP), es un factor de corrección del factor anterior en función de si el equipo posee un respaldo o existe alguna maniobra operacional que evite consecuencias en las operaciones (ver tabla 2.5).

Tabla 2.5. Criterios de Evaluación del Factor de Respaldo de Proceso (FRP), para el Cálculo del Índice de Criticidad por Procesos (ICP).

Factor de respaldo de proceso	FRP = 1	Si existe una opción de proceso o equipo de respaldo (spare) que mitigue el impacto en el proceso
	FRP = 0	No existe opción de proceso o equipo de respaldo

Fuente: Tony Ciliberti

Consecutivamente en base al registro de fallas, se ubica la frecuencia de fallas en la tabla 2.6; dicha frecuencia fue hallada con la división del número de fallas entre el periodo a estudiar. Inicialmente se clasifica a los equipos por familia ya sea en rotativo o estático, en donde la frecuencia de fallas se define de la siguiente manera:

Tabla 2.6. Criterio para el Análisis de Fallas.

Criterios para el análisis de fallas	Para Equipos Rotativos	Más de 2 ---> 4
		Desde 1 hasta 2 ---> 3
		Desde 0,5 hasta 1 ---> 2
		Menos de 0,5---> 1
	Para equipos Estáticos	Más de 0,5 ---> 4
		Desde 0,25 hasta 0,5 ---> 3
		Desde 0,125 hasta 0,25 ---> 2
		Menos de 0,125 ---> 1

Fuente: Tony Ciliberti

En la ecuación 3 se muestra el cálculo del índice de criticidad en base al proceso basado en el riesgo (IGCBR)

$$\text{IGCBR} = \text{ICSHAP} \quad (\text{Ec.2.3})$$

(Índice de criticidad basado en Seguridad, Higiene, Ambiente y procesos) vs Frecuencias de Fallas. Luego el valor de ICSHAP = ICSHA & ICP (valor de consecuencia de las fallas), se utiliza en la tabla 2.7, junto con el valor de frecuencia de fallas para hallar el IGCBR (índice global de criticidad basada en riesgo) el cual está formado por una letra que indica la clasificación del riesgo (alta, media, baja y no crítico) y tres dígitos seguidos que varían del 0 (menor impacto) al 4 (mayor impacto), que indican las implicaciones de falla del equipo en la seguridad y ambiente, en el proceso de la frecuencia de falla. De la tabla que se muestra a continuación se observa y se obtiene:

- ✓ Posición del índice global de criticidad basado en riesgo (A) = Alta criticidad
- ✓ Posición del índice global de criticidad basado en riesgo (B) = Criticidad Media
- ✓ Posición del índice global de criticidad basado en riesgo (C) = Baja Criticidad
- ✓ Posición de índice global de criticidad basado en riesgo (D) = No Crítico

Tabla 2.7. Matriz de Índice Global de Criticidad Basado en Riesgos.

	Frecuencia			
	1	2	3	4
44	B441	A442	A443	A444
43	B431	A432	A433	A434
42	B421	A422	A423	A424
41	B411	A412	A413	A414
40	B401	A402	A403	A404
34	B341	A342	A343	A344
24	B241	A242	A243	A244
14	B141	A142	A143	A144
04	B041	A042	A043	A044
33	B331	B332	B333	A334
32	B321	B322	B323	A324
31	B311	B312	B313	A314
30	B301	B302	B303	A304
23	B231	B232	B233	A234
13	B131	B132	B133	A134
03	B031	B032	B033	A034
22	C221	C222	B223	A224
21	C211	C212	B213	A214
20	C201	C202	B203	A204
12	C121	C122	B123	A124
02	C021	C022	B023	A024
11	D111	C112	B113	A114
10	D101	C102	B103	A104
01	D011	C012	B013	A014
00	D001	C002	B003	A004

Fuente: Tony Ciliberti

2.2.11. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Según Palma (2003) expresa:

El M.C.C. es un proceso basado en equipos de trabajo que utiliza la medición de fallas y su retroalimentación para determinar qué debe hacerse, con el objeto de asegurar la funcionabilidad del activo físico y modificar el programa de mantenimiento preventivo, con el fin de eliminar las fallas de los equipos (p. 37).

Esto quiere decir que el M.C.C. consiste en realizar un análisis falla sistemático para así saber las formas como un equipo o proceso puede dejar de funcionar aprovechando esta información para establecer las tareas de mantenimiento recomendables para cada situación que se presente.

2.2.12. Contexto Operacional

Según la norma SAE JA-1011 expresa: “son las circunstancias bajo las cuales se espera que opere el activo físico o sistema” (p. 4). Es decir deben incluirse todos los elementos que serán considerados en el análisis, desde la definición hasta los distintos activos y/o elementos que forman parte del sistema a evaluar.

2.2.13. Preguntas Básicas para el Análisis del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Según la norma SAE JA-1011, toda aplicación del M.C.C. debe responder siete (7) preguntas, las cuales permiten consolidar los objetivos de esta filosofía (aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos por medio del empleo adecuado de recursos). Para la resolución de estas preguntas se cuenta con técnicas de confiabilidad como el AMEF (Análisis de los Modos y Efectos de las fallas) y ALD (Árbol Lógico de Decisión). La primera ayuda a determinar las consecuencias de los modos de falla de cada activo en su contexto operacional, mientras que la segunda permite decidir el tipo de mantenimiento más adecuado, para cada modo de falla. La primera técnica ayuda a responder las cinco primeras preguntas, mientras que la segunda ayuda a responder las restantes, en la tabla 2.8 se observa las preguntas del M.C.C.

Tabla 2.8. Las Siete Preguntas para el Logro de los Objetivos del M.C.C.

AMEF	ALD
1) ¿Cuál es la Función del Activo?	5) ¿Importa si falla?
2) ¿De qué manera puede fallar?	6) ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
3) ¿Qué origina la falla?	7) ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?
4) ¿Qué pasa cuando falla?	

Fuente: Norma SAE JA-1011

2.2.14. Análisis de Modo y Efecto de Fallas

Según la norma SAE JA-1011, “es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema para priorizarlos y poder concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta” (p. 15). A través del AMEF se logrará identificar las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes que estas ocurran, con el fin de minimizar riesgo asociado a la misma.

2.2.14.1. Modos de Fallas

Según la norma SAE JA-1011, “son aquellos eventos que se consideran las causas que desencadenan los fallos en las funciones de los activos (fallos funcionales), sistema o proceso que se analice” (p. 15). Es decir, las diferentes razones técnicas y humanas que pueden llevar a un estado de incumplimiento, ya sea total o parcial, de la misión deseada, en los modos de fallas es donde se observaran las causas que generan las fallas de los equipos.

2.2.14.2. Efecto de Fallas

Según la norma SAE JA-1011, “corresponde a la información de los eventos secuenciales que ocurren cuando un modo de falla se da. Esto se refiere a que pasaría

si ocurriera” (p. 20). Este paso permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo tanto que nivel de mantenimiento preventivo (si lo hubiera) sería necesario. Es decir, proporciona la base para decidir si merece la pena realizar el mantenimiento preventivo.

2.2.15. Árbol Lógico de Decisiones (ALD)

Si inferimos lo que expresa Diógenes Suarez (2007) se tiene que el A.L.D es una herramienta del M.C.C. que permite seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo y efecto de falla. Da respuesta a las tres últimas preguntas básicas del M.C.C., basándose en un flujograma de preguntas. El tipo de pregunta busca jerarquizar las actividades necesarias para luego ser ejecutada con el fin de evitar presentar alguna falla.

2.2.15.1. Consecuencias de las Fallas del Árbol Lógico de Decisiones

La Norma PDVSA MM-01-01-01 (2010), establece que:

Consiste en determinar cómo y cuánto importa cada falla, para tener un claro conocimiento si una falla requiere o no prevenirse. Toda falla ejerce algún tipo de efecto, directo o indirecto, sobre la seguridad o el comportamiento funcional de una planta (p.20).

Es decir, a través del A.L.D. se podrá determinar la importancia que radica cuando se genera alguna falla y cómo pudiera impactar, para de esta manera poder determinar la acción más conveniente a realizar.

2.2.15.2. Consecuencias de Fallas No Evidentes

La Norma PDVSA MM-01-01-01 (2010), indica que las consecuencias de fallos no evidentes:

Son aquellos fallos que no tienen un impacto directo, pero que pueden originar otro fallo con mayores consecuencias a la organización. El árbol lógico de decisiones le da a este grupo de fallos una alta relevancia, adoptando un acceso sencillo, práctico y coherente con relación a su mantenimiento (p.21).

Es decir, es un tipo de falla que aparentemente no genera mucho impacto al inicio de presentarse, pero a través del tiempo puede generar un impacto mayor a la organización.

2.2.15.3. Consecuencias en el Medio Ambiente y la Seguridad

La Norma PDVSA MM-01-01-01 (2010), establece que: “El M.C.C. presta mucha atención al impacto que genera en el ambiente la ocurrencia de una falla, y las repercusiones en la seguridad haciéndolo antes de considerar la cuestión del funcionamiento” (p. 21). Es el impacto que puede ocasionarle al ambiente o seguridad del personal en caso de que se presente una falla.

2.2.15.4. Consecuencias en el Medio Ambiente y la Seguridad

La Norma PDVSA MM-01-01-01 (2010), indica que las consecuencias operacionales: “son aquellas que afectan a la producción, por lo que repercuten considerablemente en la organización (calidad del producto, capacidad, servicio al cliente o costos industriales además de los costos de reparación)” (p. 22). Es decir cuando ocurre una falla le ocasiona un impacto a la producción, servicio o costos de una empresa. A continuación en la figura 2.1, se muestra el flujograma del ALD basado en M.C.C.

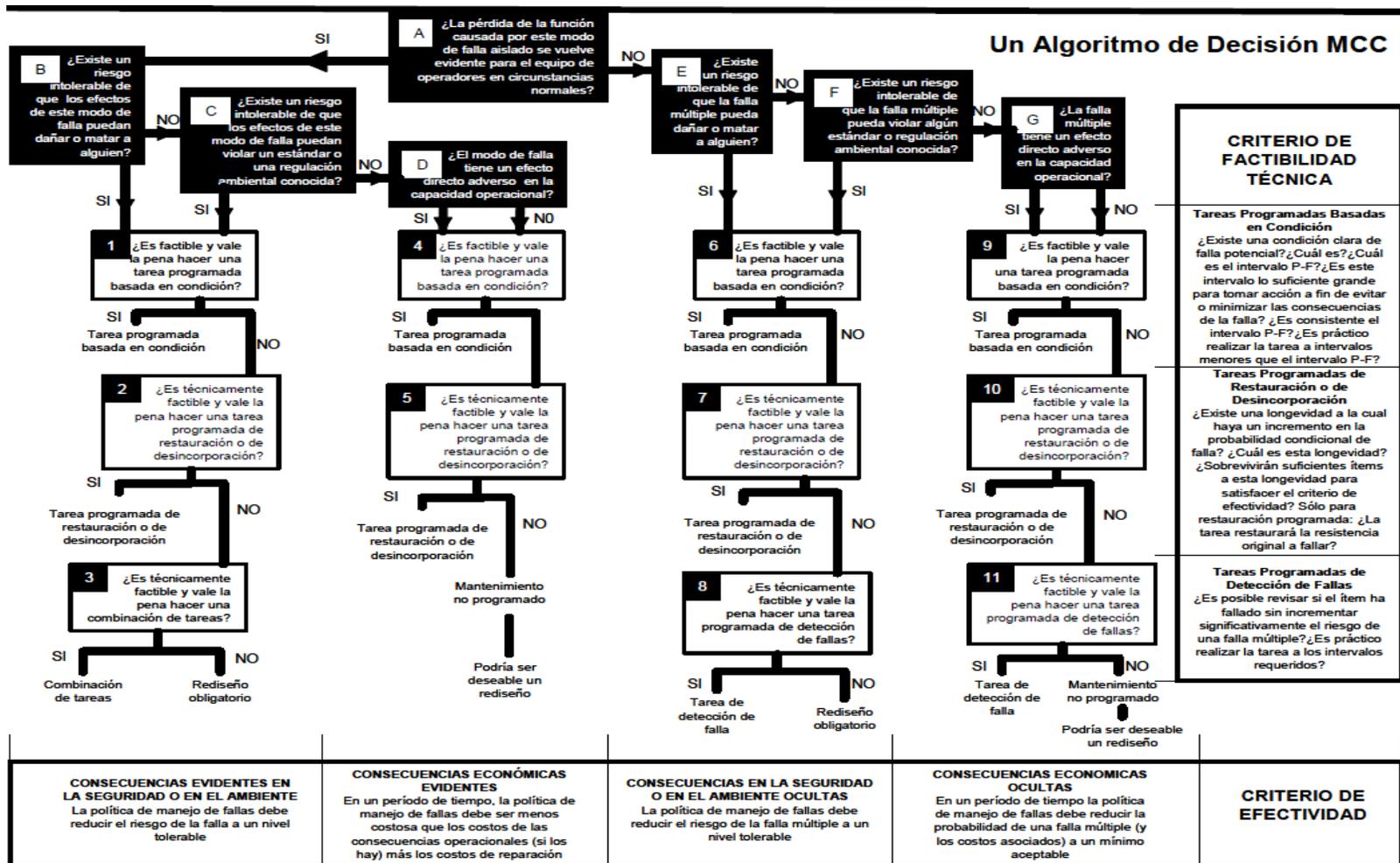


Figura 2.1 Árbol Lógico de Decisión Propuesto por la Norma SAE JA 1012

Fuente: Norma SAE JA 1012.

2.2.16. Tareas de Mantenimiento Preventivo

Diógenes Suarez (2007) también define a las tareas de mantenimiento como aquellas que ayudan a decidir qué hacer para prevenir una consecuencia de falla. El que una tarea sea técnicamente factible depende de las características de la falla y la tarea.

2.2.16.1. Tareas Basadas a Condición

Según la Norma SAE-JA1012 la define como: “tareas programada usadas para detectar las fallas potenciales en los equipos” (p. 7). Es decir consiste en chequear si los equipos están fallando de una manera que se pueda tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar consecuencias de los mismos, las cuales están basadas en el hecho de que un gran número de fallas, no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan a partir de un periodo de tiempo.

2.2.16.2. Tareas de Restauración Programada

La Norma SAE-JA1012 la define como: “tareas programada que restauran la capacidad de un elemento en (antes de) un intervalo especificado (límite de longevidad), sin tener en cuenta su condición en el momento, a un nivel que proporciona una probabilidad tolerable de su supervivencia hasta el final de otro intervalo especificado” (p. 7). Es decir son actividades que se programan para ser ejecutadas en un momento dado con el fin de restaurar un elemento.

2.2.16.3. Tareas Desincorporación Programada

La Norma JA1012 la define: “la desincorporación de un elemento o componente a (o antes de) un límite de longevidad especificado, indiferentemente de

su condición en el momento”. (p.39). Es decir consiste en la desincorporación de un elemento para ser verificado y si es necesario sustituirlo en un determinado momento.

2.2.16.4. Tareas de Detección de Fallas

La Norma SAE-JA1012 la define como: “tareas utilizadas para determinar si ha ocurrido una falla oculta determinada, las cuales no se evidencian, hasta que ocurra un evento”. (p.40). Tareas dirigidas principalmente a preservar las funciones protectoras de un equipo o sistema, es decir consiste en verificar que el equipo o sistema funciona correctamente.

2.2.16.5. Operar Hasta Fallar

La norma SAE-JA1012 establece que:

Se aplica si no puede encontrar una tarea programada conveniente para una falla oculta, y la falla múltiple asociada no tiene consecuencias en la seguridad o el ambiente, y cuando no se puede encontrar una tarea proactiva costo-efectiva para fallas con consecuencias operacionales y no operacionales. (p.48).

Este tipo de tarea se aplica cuando no se logra programar un tipo de tarea preventiva o simplemente que no sea necesario aplicar mantenimiento preventivo ya que no ocasionaría mayor impacto en el ambiente, seguridad del personal o económico de la organización, es decir es una estrategia de manejo de fallas que permite un modo de falla específico ocurra sin ningún esfuerzo para prevenirla.

2.2.17. Diagrama de Causa - Efecto (Ishikawa)

Según Pulido (1997), “el diagrama causa-efecto o diagrama de Ishikawa es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas

veces un área problemática) y los factores que posiblemente contribuyen a que exista” (p.67). En otras palabras, es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales, en el lado derecho, se anota el problema, y en el lado izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas o subramas. (Ver figura 2.2).



Figura 2.2. Diagrama de Ishikawa
Fuente: Pulido (1997)

2.2.17.1. Pasos para la Construcción del Diagrama de Ishikawa

Según Pulido (op.cit):

- Escoger el aspecto de calidad que se quiere mejorar, lo cual se pueda hacer con la ayuda de un diagrama de Pareto, un histograma o una carta de control, por ejemplo. En general es importante que se tenga una cuantificación objetiva de la magnitud del problema.
- Escribir de manera clara y concreta el aspecto de calidad a la derecha del diagrama. Trazar una flecha ancha de izquierda a derecha, y decidir qué tipo de diagrama de Ishikawa se va a usar. Esta decisión se toma con base en las ventajas y desventajas que tiene cada método.

- Buscar todas las causas probables, lo más concretas posibles que puedan afectar a la característica de calidad. Esto se puede hacer por medio de una sección de lluvia de ideas, con la guía del tipo de diagrama de Ishikawa elegido.
- Representar en el diagrama de Ishikawa las ideas obtenidas y, analizando el diagrama, preguntarse si faltan algunas otras causas aún no consideradas; si es así, agregarlas.
- Decidir cuáles fueron las causas más importantes. Esto se puede hacer por consenso o por votación, como en una sesión de lluvia de ideas. También recurriendo a datos.
- Decidir sobre cuáles causas se va actuar. Para ello se toma en consideración el punto anterior y lo factible que resulta corregir cada una de las causas más importantes. Sobre las causas que no se decidan actuar debido a que es imposible por distintas circunstancias, es importante a la alta dirección.
- Preparar un plan de acción para cada una de las causas a ser investigadas o corregidas, de tal forma que se determinen las acciones que se deben realizar. Para ello se puede utilizar nuevamente el diagrama de Ishikawa. Una vez determinadas las acciones, para no caer sólo en debatir los problemas y no acordar acciones que tiendan a la solución de los problemas.

2.2.18. Descripción de la Bomba

Según el manual instructivo Sout Machine Company (2009) de la planta Lácteos los Andes define la bomba centrífuga como: “máquina que recibe la energía mecánica de una fuente externa y se la traslada al líquido que cruza por ella, de esta manera saliendo de la máquina (bomba), la energía del líquido se va a aumentar” (p. 1). En las bombas los cambios de la energía del líquido se observa como el cambio de la presión del líquido hasta una altura determinada, o trasladarlo en un sistema de tubería o hidráulico. Total, se utiliza de la bomba para trasladar el líquido de un punto al otro.

2.2.18.1. Bombas Centrífugas

Según el manual instructivo Sout Machine Company (2009) de la planta Lácteos los Andes hace referencia sobre las bombas centrífugas: “el traslado de la energía en estas bombas se realiza constantemente. Normalmente las bombas centrífugas obtienen su fuerza movible por parte de un electromotor. La fuerza movible traslada desde eje de la mano a lo de bomba fácilmente” (p. 1).

Las bombas centrífugas tienen una jaula laberíntica llamada la capa (Casing), dentro de ella existe una o unas ruedas que se han instalado sobre el eje. Cada rueda tiene unos radios En esta sección la energía se traslada al líquido. Para que no se salga el líquido del lugar donde sale el eje desde la capa (Casing) de la bomba o sea para que no se aparezca ningún tipo de fuga, se ha utilizado de una herramienta llamada el sello mecánico. Lo más importante acerca de estas bombas es el asunto de des gasificar antes de encendérselas. Es decir tras meter la bomba en el circuito (hacer Line up) y estas seguro de que el líquido se ha entrado dentro de ella, también debe asegurarse de que todo el aire y gas existido dentro de la bomba se han salido de ella ya. De estas bombas que tienen diferentes tamaños y dimensiones se utiliza en diferentes ocasiones.

Se utiliza de la bomba centrífuga en la industria alimenta, láctea, refrescas, farmacia, industrias químicas y de agua y se ha diseñada para hacer obras estándares, tal y como:

- 1 – Bomba de CIP
- 2 – Operación térmica de agua
- 3 – Simple traslado según la capacidad del trabajo

2.2.18.2. Diferentes Partes de una Bomba Centrífuga

Según el manual instructivo Sout Machine Company (2009) de la planta Lácteos los Andes hace referencia acerca de las diferentes partes de una bomba centrífuga: “bomba centrífuga es una bomba segura y confiable e influente para hacer un traslado simple de las materias” (p. 2). El sello utilizado en estas bombas funciona durante mucho tiempo y tiene una alta resistencia. Considerando la necesidad de la fábrica de productos lácteos, se puede utilizar de una de ellas ya que tienen diferentes funcionamientos.

Las bombas centrífugas se reparan muy fácilmente y el sello situado en la parte frontal de ella se sustituye, también en el diseño de diferentes partes suyas han sido considerados los puntos sanitarios de forma completa. Todas las partes están en contacto con el producto se han constituidos de acero según el grado de la industria alimentaria.

Las partes de esta bomba son:

1. Electromotor
2. Eje
3. Placa trasera
4. Radio
5. Cuerpo de la bomba
6. Sello mecánico

2.2.19. Caldera de Vapor

Según el manual instructivo Sout Machine Company (2009) de la planta Lácteos los Andes define la caldera de vapor como: “en la industria, es una máquina

o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor” (p. 1). Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado. Existen diversos tipos de caldera dentro de ellas tenemos las acuotubulares y pirotubulares.

2.2.19.1. Caldera de Tipo Pirotubulares

Según el manual instructivo Sout Machine Company (2009) de la planta Lácteos los Andes hace referencia a la caldera pirotubular: “En este tipo, el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente atravesado por tubos, por los cuales circulan gases a alta temperatura, producto de un proceso de combustión” (p. 2). El agua se evapora al contacto con los tubos calientes, debido a la circulación de los gases de escape. No confundir esta definición con la de un intercambiador de calor.

2.2.19.2. Partes de la Caldera de Vapor

Según el manual instructivo Sout Machine Company (2009) de la planta Lácteos los Andes hace referencia de las partes de una caldera: “el cuerpo de la caldera de vapor es de una forma cilíndrica cuyos dos lados se unen a través de tubos y la red, la capa y los tubos se denominan el hogar” (p. 2). El cuerpo de la caldera de vapor se incluye las siguientes partes:

- 1- Capa
- 2- Hogar
- 3- Redes frontales y traseras
- 4- Tubos de humo
- 5- Cámara de humo frontal y trasera
- 6- Trampilla tipo boca de hombre

- 7- Chimenea
- 8- Escalera
- 9- Pilar de chasis
- 10- Cubierta

2.2.20. Condensador Termodinámico

Según el manual instructivo Sout Machine Company (2009) de la planta Lácteos los Andes hace referencia al condensador termodinámico: “utilizado muchas veces en la industria de la refrigeración, el aire acondicionado o en la industria naval y en la producción de energía eléctrica, en centrales térmicas o nucleares” (p. 1). La condensación se puede producir bien utilizando aire mediante el uso de un ventilador o con agua. La condensación sirve para condensar el vapor, después de realizar un trabajo termodinámico; por ejemplo, una turbina de vapor o para condensar el vapor comprimido de un compresor de frío en un circuito frigorífico. Cabe la posibilidad de seguir enfriando ese fluido, obteniéndose líquido subenfriado en el caso del aire acondicionado.

2.2.21. Compresor

Según el manual instructivo Sout Machine Company (2009) de la planta Lácteos los Andes define al compresor como: “máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores” (p. 1). Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Arias F. (2006) define que el marco metodológico “es el conjunto de pasos técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p. 16). Por esta razón este capítulo es muy importante para el desarrollo de dicho proyecto ya que se podrá establecer de qué manera podremos resolver los problemas planteados.

3.1. Nivel de Investigación

El trabajo de grado corresponde a una investigación de nivel descriptiva, el cual es concebido por Arias (2006), como: “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24). Según los objetivos planteados y el tipo de actividad a realizar este trabajo se enmarca en una investigación de tipo descriptiva, ya que comprende la descripción, registros, análisis e interpretación del estado actual de los equipos que se encuentran en el área de servicios industriales en la planta Lácteos Los Andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui, en este estudio se utilizaron técnicas específicas para recolección de la información , dentro de ellas tenemos; la observación, entrevistas, informes y documentos.

3.2. Diseño de Investigación

Según Arias F. (2006) define el diseño de la investigación como: “Consiste en recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos” (p. 31). El diseño de la investigación del presente trabajo fue de campo debido a que la recolección de datos e información fue obtenida en el lugar

donde se desarrollara el estudio, específicamente en el área de servicios industriales en la planta Lácteos Los Andes C.A, Aragua de Barcelona, mediante una entrevista no estructurada a los involucrados en el proceso y observación directa.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

Según Arias. F (1999), define población como: “conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan” (p.22). La población humana formó parte de esta investigación, esta se encuentra representada por el personal de operaciones y mantenimiento que labora en la planta, dicho personal está conformado por (10) diez personas dentro de los cuales se encuentran: una (1) Coordinadora general, dos (2) Técnicos instrumentistas, un (1) Técnico Electricista, un (1) Supervisor de Mantenimiento, cinco (5) operadores en el área Servicios Industriales, como se muestra en la tabla 3.1 a continuación:

Tabla 3.1. Personal de la Empresa

Cargo del trabajador	Cantidad
Coordinadora general	1
Técnicos instrumentistas	2
Técnico Electricista	1
Supervisor de Mantenimiento	1
Operadores	5

Fuente: El autor (2017)

3.3.2. Muestra

Según Arias, F (2006) la muestra “es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 83). Para este caso se considera a la población

como una cantidad finita comprendida por diez (10) personas que laboran en el Área de Servicios Industriales, partiendo por lo que dicen Hernández, y otros, que “si la población es menor a cincuenta (50) individuos, la muestra es igual a la población” (p. 69). Se puede deducir que para este caso en particular la población está representada por sí misma en lugar de seleccionar una porción de esta.

3.4. Unidad de Estudio

Según Hurtado (2000) resalta que “las unidades de estudio se deben definir de tal modo que a través de ellas se puedan dar una respuesta completa y no parcial a la interrogante de la investigación” (p. 142). La unidad de estudio está referida al contexto, característica o variable que se desea investigar. Es así como la unidad puede estar dada por una persona, un grupo, un objeto u otro que contengan claramente los eventos a investigar. A continuación, se muestra en la tabla 3.2 los equipos que fueron estudiados en esta investigación.

Tabla 3.2. Unidad de Estudio.

Equipos	Cantidad	Tipo
Tanque Pulmón	1	Estático
Tanque Filtro	2	Estático
Motobomba Centrífuga	3	Dinámico
Tanque de Agua	1	Estático
Bomba Multietapa	1	Dinámico
Tanque Gas-Oil	1	Estático
Caldera Piro-tubular	1	Dinámico
Compresor de Gas R22	1	Dinámico
Motor Ventilador	8	Dinámico
Tanque de almacenamiento	1	Estático
Compresor Tornillo	1	Dinámico
Total de Equipos = 21		

Fuente: El autor (2017)

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1. Observación Directa

Según Arias, F. (2006), define la observación como “consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p. 69). Para la realización de este trabajo fue necesario realizar ciertas visitas en el área servicios industriales que es donde se encuentran los diferentes equipos que conforma dicha área para de esta manera poder visualizar de qué manera operan los equipos y el estado en que se encuentran.

3.5.2. Entrevistas no Estructuradas

Sabino, C. (2000) expresa que: “el entrevistador deja hablar sin restricciones al entrevistado, proponiéndole apenas algunas orientaciones básicas.” (p. 167). Es decir esta técnica consistirá en un dialogo entre dos personas (entrevistador y el entrevistado), permitiendo así poder adquirir información de su lugar de trabajo y de esta manera contribuir para resolver dicho problema planteado.

3.5.3. Revisión Documental

Según Hurtado J. (2008), expresa que: “es una técnica en el cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros o como texto que en sí mismo constituyen eventos de estudio” (p. 427). Esta técnica fue útil para recolectar información de los manuales o información documental que puedan proporcionar un gran aporte para el desarrollo de este trabajo.

3.6. Técnicas y Herramientas de Análisis de Datos

Luego de recopilar y ordenar la información recolectada a través de observaciones directas, entrevistas no estructuradas, y encuestas se procederá al análisis de la información con el fin de realizar un formato que la contenga para establecer las acciones que permitan dar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Las técnicas y herramientas de análisis de datos utilizadas se muestran a continuación.

3.6.1. Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad permite establecer niveles jerárquicos en procesos, sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que se generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. También es el análisis de confiabilidad que establece un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgándole un valor numérico o estatus, en función de ciertos factores a tomar en cuenta.

En este proyecto fue de gran utilidad para establecer el nivel jerárquico de los equipos clasificándolos según su criticidad: no crítico, baja criticidad, criticidad media y alta criticidad.

3.6.2. Metodología de Ciliberti

Según Ciliberti (2006), “Es un método semicuantitativo que determina las consecuencias potenciales asociadas a un equipo específico y la probabilidad de ocurrencia que ésta pueda tener, tanto en seguridad, higiene y ambiente como el impacto en el proceso”, (p.158). Este método se aplicó a los equipos que conforma al

sistema, determinando así las máquinas que requieran mayor necesidad de un mantenimiento.

3.6.3. Matriz de Evaluación de Criticidad

Para la evaluación de criticidad El autor diseño la matriz de evaluación de criticidad, donde se plasmaran todos los valores que serán obtenidos a través del método de Tony Ciliberti, dicha matriz está conformada por seis (6) partes o secciones. (Ver la figura 3.3).

- La primera de ellas está compuesta por el encabezado, donde se muestra el nombre de la empresa, departamento y área bajo estudio.
- La segunda sección muestra se mostrara el nombre de cada equipo que será estudiado.
- La tercera sección muestra el sistema que pertenece cada equipo estudiado.
- La cuarta parte contiene los valores para determinar el índice de criticidad en seguridad, higiene y ambiente ICSHA.
- La quinta sección contiene los valores para el cálculo del índice de criticidad base en base al proceso ICP.

Las otras secciones muestran la criticidad por fallas, frecuencia de fallas, tipo de equipo y la criticidad total del equipo.

Tabla 3.3. Matriz de Evaluación de Criticidad

 Área Servicios Industriales de la Planta Lácteos Los Andes Matriz de Evaluación de Criticidad														
N°	Equipo	Sistema	SHA			Cálculo	Proceso			Cálculo	Criticidad por consecuencias	FF	Tipo	Criticidad
			FCSHA	FRSHA	FMSHA	ICSHA	FCP	FRP	ICP					

Fuente: El autor (2017)

3.6.4. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.)

Ésta técnica es la fuente principal del desarrollo de la investigación, se fundamenta en un análisis sistemático, objetivo y documentado del problema. Se encarga de estudiar a profundidad los activos, con el fin de ir lidiando con el problema hasta obtener la solución final. Los estudios de esta metodología se dividen en dos técnicas: el AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) y el ALD (Árbol Lógico de Decisiones), la primera para estudiar el problema mediante, la función, las fallas, los modos y efecto de las fallas de los activos, mientras que la segunda busca detectar las acciones necesarias para resolver los inconvenientes. Estos análisis contribuyen para poder realizar ciertas acciones preventivas con el fin de evitar que los activos presenten algún tipo de avería.

3.6.5. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.)

Herramienta que se utiliza para identificar los efectos o consecuencias de los modos de falla de los equipos estudiados, en busca de identificar las fallas potenciales, las posibles causas, evaluar sus defectos, encontrar las acciones correctivas, aprovechando de la experiencia de expertos y utilizando para ello un método simple y sistemático de análisis detallado de las posibles fallas. Este análisis se llevó a cabo mediante la metodología de John Moubrey basado en la norma ISO 14.224. Mediante el análisis de modos y efectos de fallas AMEF, se identificaron las

fallas probables y significativas asociadas a cada equipo en estudio. En la figura 3.4 se muestra el formato de la hoja de información utilizada para el AMEF.

Tabla 3.4. Hoja de Información para el Análisis de Modos y Efectos de Fallas

Componente		Funcion	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) AREA SERVICIOS INDUSTRIALES			
		Revisado por:	Fecha:		
Sistema:					
Sub-Sistema:				N° Página:	

Fuente: El autor (2017)

3.6.6. Árbol Lógico de Decisión

Es una herramienta del M.C.C., que permite seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo de falla. Da respuesta a las tres últimas preguntas básicas del M.C.C., basándose en un flujograma de preguntas. El tipo de pregunta busca jerarquizar las actividades.

Una vez realizado el AMEF junto al equipo natural de trabajo, se seleccionó el tipo de actividad de mantenimiento, el cual contribuye a prevenir la aparición de cada modo de falla por medio del árbol lógico de decisiones. Luego de haber seleccionado el tipo de actividad se especificó la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución.

Como primer paso para selección de las actividades de mantenimiento, el equipo natural de trabajo procedió a identificar las consecuencias que se generan los modos de fallas. Luego se identificaron las consecuencias por cada modo de falla por parte del ENT para de esta manera obtener el tipo de actividad de mantenimiento aplicable mediante el árbol lógico de decisiones.

Tabla 3.5. Hoja de Decisión del Árbol Lógico de Decisiones

 Hoja de Decisión Planta Francisco Carvajal Lacteos Los Andes							Sistema:				Revisado por:		Realizado por:	
							Sub-Sistema:				Fecha:			
Referencia			Evaluación de Consecuencias de Fallas				Tipo de Tarea o Estrategia Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta		Frecuencia inicial	
F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT	DF				

Fuente: Norma SAE-JA1012

- Referencia:
 - F = Función
 - FF = Falla Funcional
 - MF = Modo de Falla
- Evaluación de Consecuencias de Fallas:
 - E = Evidente
 - S = Seguridad
 - A = Ambiente
 - O = Operacional
- Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento
 - BC = Basado a condición
 - R = Restauración
 - D = Desincorporación
 - CT = Combinación de tareas
 - DF = Detección de fallas

3.6.7. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)

Esta herramienta permite obtener datos que generan las causas que contribuyen al objeto de estudio, y de esta manera representar gráficamente las causas y sub-causas por categorías, que originan las deficiencias en los sistemas o equipos del área servicios industriales.

3.6.8. Tabla de Datos

Tipo de modelado de datos, donde se guardan los datos recogidos por un programa. Su estructura general se asemeja a la vista general de un programa de hoja de cálculo, la tabla de datos será utilizada en este trabajo para organizar y presentar información. Una tabla es utilizada para organizar y presentar información. Las tablas se componen de filas y columnas de celdas que se pueden rellenar con textos y gráficos. Para la realización de este proyecto se utilizaron las tablas de datos para plasmar la información.

3.6.9. Gráficos

Tipo de representación visual que incluye figuras y/o signos para comunicar uno o una serie de conceptos. Podríamos decir también que es un tipo de representación de datos, generalmente ayuda a muchas personas a cumplir con su trabajo numérico, mediante recursos gráficos (líneas, vectores, superficies o símbolos), para que se manifieste visualmente la relación matemática o correlación estadística que guardan entre sí.

3.6.10. Ficha de Especificación Técnica

Documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente (por ejemplo, un componente electrónico) o subsistema (por ejemplo, una fuente de alimentación) con el suficiente detalle para ser utilizado por un ingeniero de diseño y diseñar el componente en un sistema. A continuación en la tabla 3.6 se muestra el formato de ficha de especificación técnica a utilizar.

Tabla 3.6. Formato Ficha de Especificación Técnica

		Información Técnica			
Nombre del Equipo					
Imagen del Equipo				Código:	---
				Marca:	---
				Modelo:	---
				Año:	---
				Rotor:	---
				Hecho en:	---
				Voltaje:	---
				Max AMB:	---
				Peso:	---
				Potencia:	---
				Presión de Trabajo:	---
				Trabajo Diario:	---
				Capacidad:	---
				Working Pressure:	---
HM:	---				
RPM	---				
Características Técnica de los Equipos					
Presión Mínima diaria			Presión Máxima Diaria		
---			---		
Revisado por: ENT			Fecha: Julio 2017		

Fuente: El autor (2017)

3.6.11. Diagrama de Entrada-Proceso-Salida

Identificando las diferentes entrada de los equipos perteneciente al área servicios industriales, los procesos que se llevan a cabo para transformar esas

entradas y convertirlas en salidas, se hizo uso del diagrama entrada-proceso-salida, el cual consta de la siguiente estructura (ver figura 3.2), donde en la parte inicial del diagrama se identificaron las entradas del equipo en cuestión, seguidamente se realiza una descripción del proceso y finalmente se obtienen las salidas.

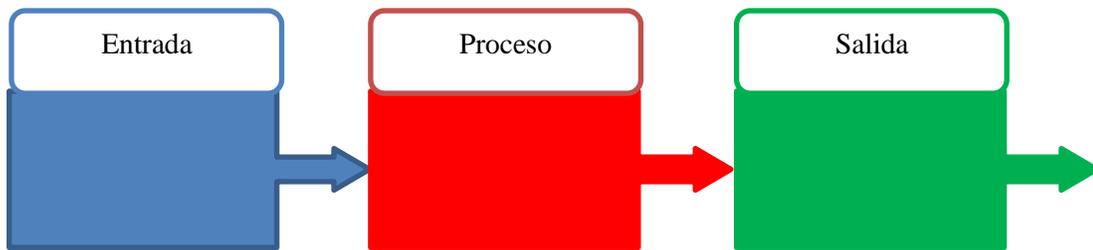


Figura 3.2. Formato Diagrama Entrada-Proceso-Salida
Fuente: El autor (2017)

3.7. Etapas de la Investigación

Para el desarrollo de esta investigación en búsqueda de la solución adecuada y satisfactoria al problema planteado y cumplir con los objetivos propuestos se realizaron las etapas que se describen a continuación:

3.7.1. Descripción el Contexto Operacional de los Equipos del Área de Servicios Industriales de la Planta Lácteos Los Andes C.A.

Para el logro de este objetivo se hicieron ciertas visitas al Área Servicios Industriales donde realizó una observación directa a fin de conocer los equipos que se encuentran en dicha área con la finalidad de verificar las características y funcionamiento de los equipos que la conforman.

Aparte se utilizaron diagramas EPS (ver figura 3.1 formato utilizado) a los equipos que fueron estudiados dentro de ellos tenemos: hidroneumáticos, generador de vapor, refrigerador, compresores, tanques, bombas centrífugas, bombas

multietapas, ventiladores y compresor tornillo, a los que se les realizaron las fichas de especificación técnica (ver tabla 3.6 formato utilizado) , con ayuda de entrevistas no estructuradas al personal encargado de realizar el mantenimiento a los equipos, dentro de los cuales se encuentra el supervisor, técnicos de mantenimiento y operarios, a través de ellos se pudo obtener información sobre la descripción y funcionamiento de los equipos que se encuentran en dicha instalación.

3.7.2. Determinación Mediante la Metodología de Tony Ciliberti, de los Equipos Críticos del Área en Estudio

Para el desarrollo de este objetivo se utilizó el método de Ciliberti, con el fin de establecer una jerarquía de los equipos del área de servicios industriales, primeramente se realizaron una serie de preguntas a los operadores y personal de mantenimiento, de acuerdo a los criterios que se establecen en este método, donde a cada factor se le asignaron diferentes pesos en base a condiciones de operación, ambiente y de seguridad, así como la ponderación de fallas que posee cada equipo. Luego de obtener los valores asociados a cada criterio y la ponderación de fallas se procedió a llenar la matriz de evaluación de criticidad (ver tabla 3.3).

Seguidamente utilizaron las ecuaciones Ec2.1 y Ec 2.2 para la realización del cálculo de índice de criticidad en seguridad, higiene y ambiente (ICSHA) y el índice de criticidad en base al proceso (ICP). El cálculo ambos fue obtenido de la siguiente manera:

- Para calcular la Ec.2.1 fue necesario establecer el criterio que le corresponde al equipo en estudio en cuanto al FCSHA (ver tabla 2.1), FRSHA (ver tabla 2.2) y el FMSHA (ver tabla 2.3), para de esta manera proceder a calcular la Ec.2.1 y obtener el ICSHA.

- Para calcular la Ec.2.2 fue necesario establecer el criterio que le corresponde al equipo en estudio en cuanto al FCP (ver tabla 2.4), FRP (ver tabla 2.5), para de esta manera proceder a calcular la Ec.2.2 y obtener el ICP.

Luego se obtiene la frecuencia de fallas (ver tabla 2.6) para el equipo en estudio, Obtenido el ICSHA y el ICP, junto con el valor de la frecuencia de fallas se obtiene $ICSHAP = IGCBR$ con la Ec.2.3, para luego utilizar este valor en la matriz de índice global de criticidad basado en riesgos (ver tabla 2.7) el cual está formado por una letra que indica la clasificación del riesgo (alta, media, baja y no crítico) y tres dígitos seguidos que varían del 0 (menor impacto) al 4 (mayor impacto).

3.7.3. Análisis los Modos y Efectos de Fallas de los Equipos Críticos del Área en Estudio

Para el desarrollo de esta etapa fue necesario la utilización de la herramienta principal de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad AMEF (Análisis de modos y Efectos de Fallas) la cual conlleva a deducir cuales son las actividades de mantenimiento más óptimas que se deben emplear para lograr disminuir el fallo de los equipos críticos. Este tipo de análisis fue necesario la conformación del ENT, formado por el personal de mantenimiento y operarios, el cual a través de la observación directa y entrevistas no estructuradas permitió definir la función de los equipos y sus componentes, determinar las causas de las fallas, las consecuencias de los modos considerados como efectos y las consecuencias de las fallas, en la tabla 3.4 se encuentra el formato utilizado para el dicho análisis.

3.7.4. Establecer los Tipos de Actividades de Mantenimiento Aplicables a los Equipos Críticos del Área en Estudio

Esta etapa consistió en la selección de las acciones a realizar o implementar a los equipos en estudio, mediante el método del flujograma de preguntas del Árbol Lógico de Decisiones (SAE-JA12), estas respuestas fueron obtenidas con la ayuda de ENT a través de entrevistas constantes.

El desarrollo de esta etapa fue llevado a cabo mediante dos fases: La primera consistió en someter a cada modo de falla de los componentes de los equipos al flujograma de preguntas del Árbol Lógico de Decisiones (ver figura 2.1) hasta obtener una respuesta positiva en la acción posible a implementar, la segunda fase se basó en asentar los datos arrojados por el flujograma en una hoja de decisiones diseñado (ver tabla 3.5), dicha hoja además de mostrar la referencia (función, falla funciona y modo de falla de los equipos en estudio), evaluación de consecuencia de fallas (si la falla es evidente, genera consecuencia en la seguridad, ambiente u operacional), tipo de tarea o estrategia de mantenimiento propuesta, así como también refleja la frecuencia inicial.

3.7.5. Elaboración Planes de Mantenimiento Preventivo para los Equipos del Área de Servicios Industriales de la Planta Lácteos los Andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui

Una vez realizado la aplicación del AMEF y el ALD, se procedió a diseñar los planes de mantenimiento, en donde este consistió en la redacción de un conjunto de actividades para la mejora continua del funcionamiento de esta área, seleccionando y clasificando de manera ordenada las tareas de mantenimiento a realizar a los equipos críticos como resultado de la aplicación de la metodología de Tony Ciliberti, indicando la información útil y necesaria así como la frecuencia de dichas tareas,

responsabilidades de ejecución. Se diseñó un formato en el cual muestra la información de las actividades y la programación de las mismas en semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral, anual y no definido según corresponda.

En el plan de mantenimiento especifica las frecuencias, y los componentes con su asignación de las tareas a realizar, se elaboró un formato de estructura sencilla, por decisión del ENT este plan procedió a ser elaborado bajo la norma PDVSA SI-S-20 “Procedimientos de trabajo”, debido a que incluirá las actividades que se deberá realizar, responsabilidades de cada trabajador en esta área, así como también las medidas preventivas que debe tomar el personal a la hora de realizar dicha labor con el fin de evitar algún accidente o lesión. El plan está constituido por la siguiente información:

- Portada
- Objetivo
- Alcance
- Referencia
- Responsabilidades y funciones del cumplimiento de planes de mantenimiento
- Descripción del plan de mantenimiento
- Riesgos, agentes y medidas preventivas
- Mantenimiento y seguridad
- Definiciones básicas
- Listas de tareas a realizar
- Formato de historial de fallas

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra el análisis de información obtenida durante el desarrollo de la investigación y el estudio realizado a los equipos del área servicios industriales, especificando el contexto operacional que permite conocer detalladamente las características, funcionamiento y desempeño de los equipos en estudio, para posteriormente realizar un análisis de criticidad con el método de Tony Ciliberti, luego se realizará un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), para después aplicar el Árbol Lógico de Decisión (ALD) y finalmente diseñar un plan de mantenimiento.

Para la descripción del contexto operacional de la Planta Francisco Carvajal Lácteos Los Andes en Aragua de Barcelona, así como para el avance en el resto de los objetivos planteados de este trabajo, se conformó un Equipo Natural de Trabajo (ENT), como lo sugiere la Metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Este ENT estuvo integrado por quienes tienen el conocimiento de los equipos perteneciente al Área Servicios Industriales, dentro de ellos tenemos: Personal de operaciones y mantenimiento, como se muestra en la Tabla 4.1. Ellos definen el contexto operacional, las funciones de los equipos, sus fallas funcionales, las causas raíces de fallas, sus efectos, sus niveles de criticidad y finalmente, la estrategia más adecuada para cada caso.

Tabla 4.1. Equipo Natural de Trabajo (ENT)

Cargo del trabajador	Cantidad
Coordinadora general	1
Técnicos instrumentistas	2
Técnico Electricista	1
Supervisor de Mantenimiento	1
Operadores	5
Total	10

Fuente: El autor (2017)

4.1. Descripción del Contexto Operacional de los Equipos del Área De Servicios Industriales De La Planta Lácteos Los Andes C.A.

El contexto operacional permitió conocer la detalladamente las características, funcionamiento y desempeño de los equipos en estudio. Para poder lograr este objetivo fue necesaria la intervención del (ENT). Para conocer el propósito, funciones y descripciones de los equipos. Se realizaron diferentes visitas a la planta Francisco Carvajal Lácteos los Andes, entrevistas de tipo no estructuradas a los técnicos y supervisor de dicha área.

El Área de Servicios Industriales es uno de los departamentos que representa gran importancia en la planta Francisco Carvajal, debido a que en esta área en específica se encuentran diversos equipos tanto estáticos como dinámicos que contribuyen en el desarrollo de varios procesos que se realizan en el área de producción, estos equipos cumplen una función importante, los hidroneumáticos contribuyen para distribuir agua purificada con alta presión hacia las diversas áreas de la planta, estos se encuentran conformado por tanques, bombas centrífugas, los equipos de generador de vapor que consiste en transforma el agua en vapor, se logra a través de una caldera de tipo pirotubular y se encuentran conformado por un tanque de almacenamiento de agua, tanque gas-oíl y bomba multietapa, equipos de refrigeración conformado por condensadores, motor fan coil (ventiladores), bomba centrífuga, compresor de R22, aparte en esta área se encuentra un compresor tornillo donde este comprime el aire para ser suministrado para las máquinas neumáticas del área de producción, cabe destacar que en los equipos hidroneumáticos, generador de vapor y refrigeración cada uno posee como componente de estos sistemas como son los tableros de control eléctricos que a través ellos es que pone en marcha el funcionamiento del equipo y a su vez permite la medición, control, maniobra y protección.

Por lo antes expuesto es fundamental que los equipos se encuentren operativos, si algunos de los equipos presentara alguna avería esto pudiera generar el mal funcionamiento, parada del equipo, con la consecuente parada de la producción, debido a que el proceso productivo depende del suministro del agua a presión, vapor, refrigeración y aire comprimido que es suministrado del área de servicios industriales.

4.1.1. Sistemas que Conforman el Área Servicios Industriales de la Planta Francisco Carvajal Lácteos los Andes

Sistema Hidroneumático

Este sistema perteneciente al área de servicios industriales, tiene una función importante la de distribuir el agua purificada con alta presión que oscila entre los 30 a 60psi a las diversas áreas de la planta Francisco Carvajal, este sistema empieza con la extracción de agua a presión proveniente del tanque subterráneo a través de una motobomba centrífuga, luego es presurizada por un tanque pulmón donde este envía el agua hacia dos tanques filtros, en este proceso ocurre la separación de sólidos, impurezas y eliminación de los microorganismos debido a que los filtros atrapan partículas relativamente grandes que pueden estar presentes en el agua como tierra, arena entre otras, presentes en el agua con el fin de obtener el agua purificada para finalmente ser distribuida en las distintas áreas de la empresa, este sistema se encuentra conformado por diversos equipos estáticos y dinámicos, a continuación en la tabla 4.2 se muestran los equipos que se encuentra conformado el sistema.

Tabla 4.2. Equipos del Sistema Hidroneumático

Equipos	Cantidad	Tipo	Sistema
Tanque Pulmón	1	Estático	Hidroneumático
Tanque Filtro	2	Estático	Hidroneumático
Motobomba Centrífuga	2	Dinámico	Hidroneumático
Total de Equipos			5

Fuente: El autor (2017)

A continuación se muestra en la figura 4.1 el proceso del sistema en estudio en forma resumida a través de un diagrama EPS y 4.2 el diagrama de procesos.

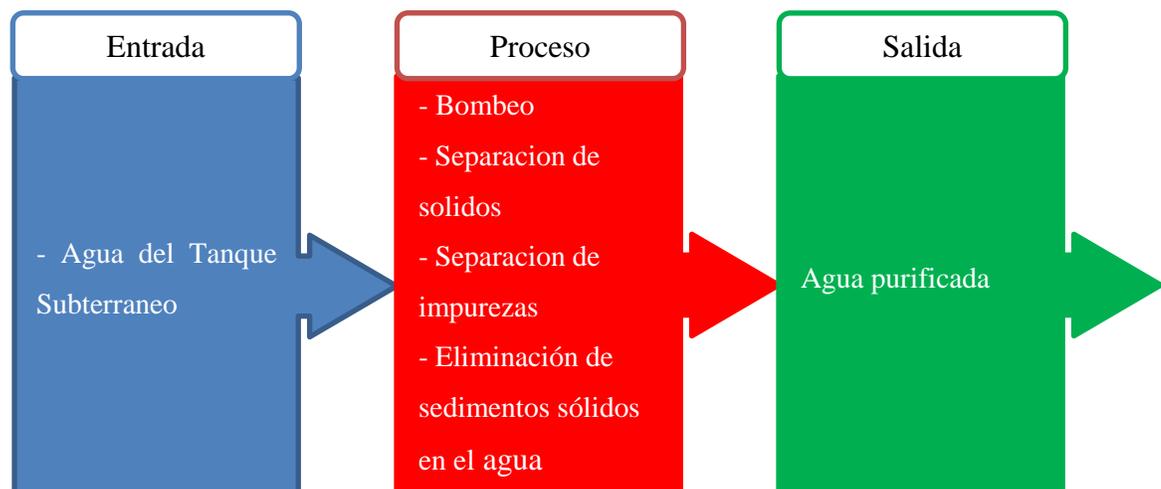


Figura 4.1. Diagrama EPS Sistema Hidroneumático

Fuente: El autor (2017)

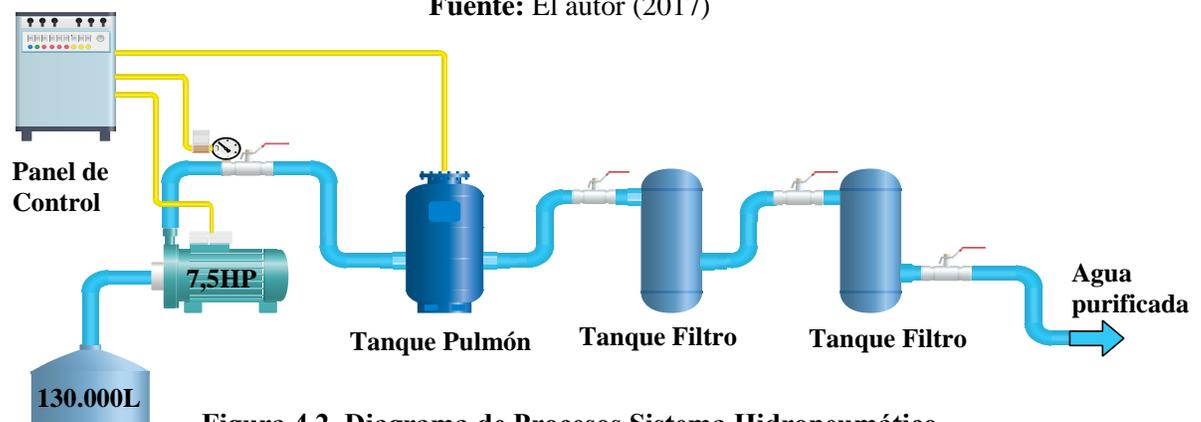


Figura 4.2. Diagrama de Procesos Sistema Hidroneumático

Fuente: El autor (2017)

- Sistema Generador de Vapor

El agua purificada proveniente de los hidroneumáticos es almacenada en un tanque de agua, luego es suministrada a la caldera a través de una bomba multietapa, dicha agua es calentada y evaporada, generándose de esta manera el vapor, el objetivo de este proceso es transferir vapor por medio de tuberías al área de producción, a una presión que oscila entre los 80psi, para el calentamiento de la leche y ser utilizado para las diferentes elaboración de jugos o gelatina, pasteurizar la leche y para la limpieza y esterilización de líneas y tanques, este sistema se encuentra conformado por diversos equipos que se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Equipos del Sistema Generador de Vapor

Equipos	Cantidad	Tipo	Sistema
Tanque de Agua	1	Estático	Generador de Vapor
Bomba Multietapa	1	Dinámico	Generador de Vapor
Tanque Gas-Oil	1	Estático	Generador de Vapor
Caldera Piro tubular	1	Dinámico	Generador de Vapor
Total de Equipos			4

Fuente: El autor (2017)

A continuación se muestra en la figura 4.3 el proceso del sistema en estudio en forma resumida a través de un diagrama EPS y 4.4 el diagrama de procesos.

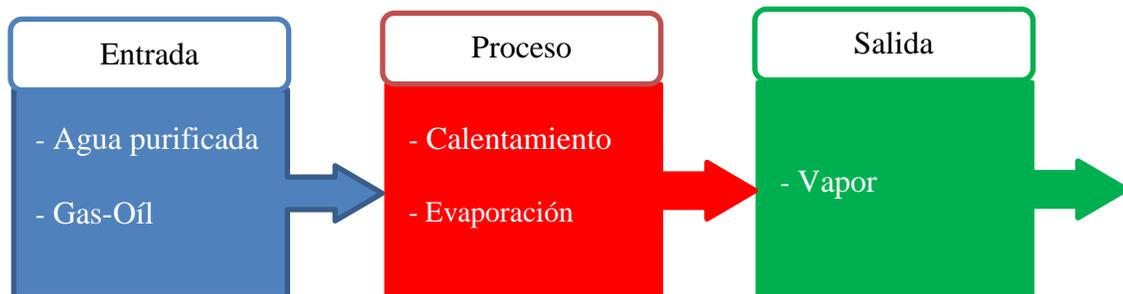


Figura 4.3. Diagrama EPS Sistema Generador de Vapor

Fuente: El autor (2017)

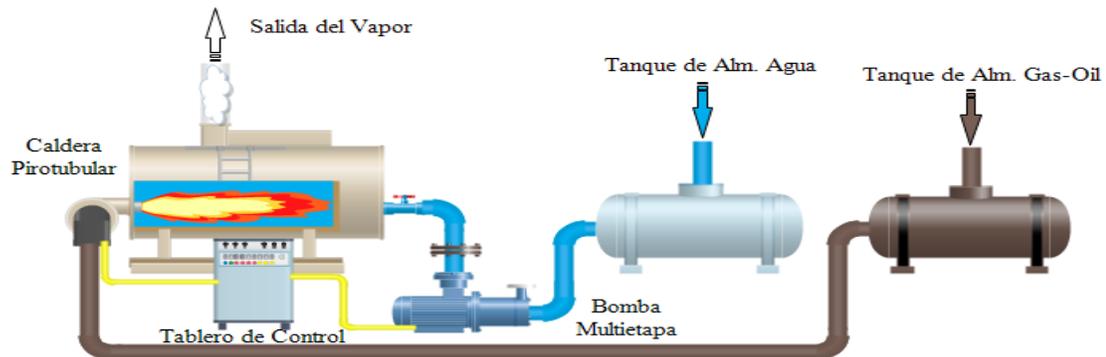


Figura 4.4. Diagrama de procesos Sistema Generador de Vapor
Fuente: El autor (2017)

- Sistema Refrigeración
-

Sistema perteneciente al área de servicios industriales, este sistema tiene como función enfriar la leche almacenada en el tanque a una temperatura que oscila en los 32–39.2°F para ser enviado a un intercambiador de temperatura que se encuentra en el área de producción, este sistema se encuentra conformado por diversos equipos que se muestran en la tabla 4.4 a continuación:

Tabla 4.4. Equipos del Sistema Refrigeración

Equipos	Cantidad	Tipo	Sistema
Motobomba Centrífuga	1	Dinámico	Refrigeración
Compresor de gas R22	1	Dinámico	Refrigeración
Condensador	2	Estático	Refrigeración
Motor Ventilador (fan coil)	8	Dinámico	Refrigeración
Tanque de almacenamiento	1	Estático	Refrigeración
Total de Equipos			13

Fuente: El autor (2017)

A continuación se muestra en la figura 4.5 el proceso a través de diagrama EPS en forma resumida y el 4.6 el proceso del sistema en estudio.

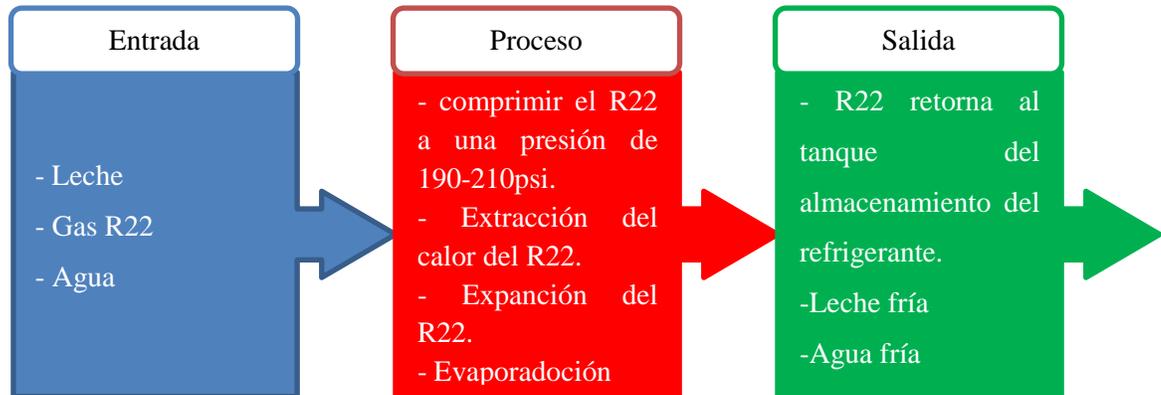


Figura 4.5. Diagrama EPS Sistema Refrigeración

Fuente: El autor (2017)

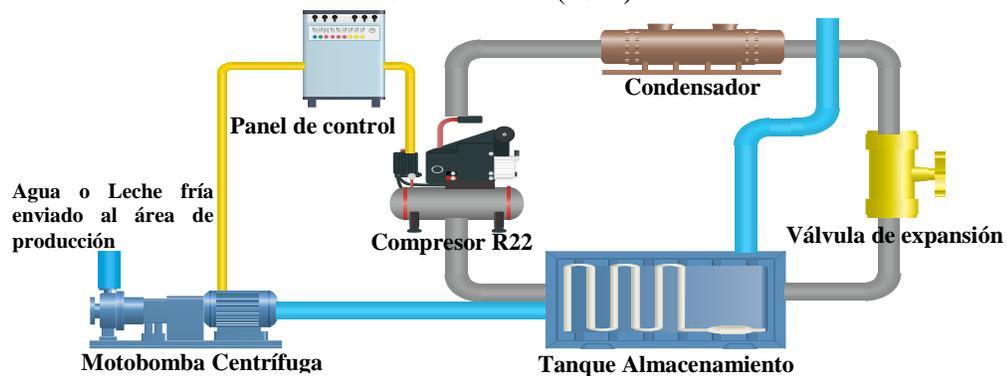


Figura 4.6. Diagrama de Procesos Sistema Refrigeración

Fuente: El autor (2017)

- Sistema Aire Comprimido

Este sistema está comprendido por un compresor tornillo, este comprime el aire a una presión aproximada a los 86psi y a una temperatura entre los 191–198°F. El proceso viene dado a que el aire a presión y temperatura atmosférica entra en el compresor donde este se encarga de incrementar la presión a través de la compresión, el aire es filtrado para disminuir la suciedad y humedad contenida en el aire comprimido para finalmente obtener el aire comprimido, dicho aire es suministrado para los equipos que lo requieran en el área de producción ya que las máquinas de

producción (llenadora, pasteurizador y empacadora) son máquinas neumáticas es decir, utilizan el aire.

A continuación en la tabla 4.5 se muestra la cantidad de equipo que conforma al sistema y en la figura 4.7 el diagrama EPS del mismo.

Tabla 4.5. Equipo Sistema Aire Comprimido

Equipo Dinámico	Cantidad
Compresor de Aire	1

Fuente: El autor (2017)

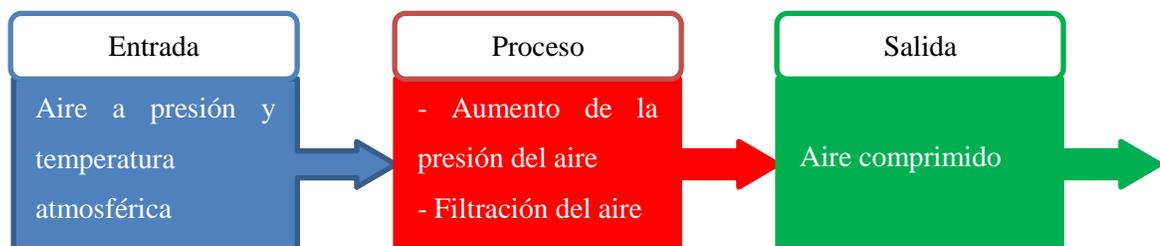


Figura 4.7. Diagrama EPS Sistema Aire Comprimido

Fuente: El autor (2017)

4.1.2. Especificaciones Técnicas Generales del Área de Servicios Industriales

A través de las fichas de especificación técnica se presenta la información de las especificaciones y características técnicas que conforman al equipo en general. La información técnica del equipo es recolectada de forma tabulada, siguiendo un orden determinado. A continuación se muestra en la tabla 3.6 un formato de las fichas de especificación técnica en donde dicho formato será vaciada la información de cada equipo en estudio, se muestra en la tabla 4.6 la ficha de especificación técnica de la motobomba centrífuga de los hidroneumáticos y las fichas de los equipos restantes que se encuentran en estudio están ubicadas en el Anexo A.

Tabla 4.6. Sistema Hidroneumático Motobomba Centrífuga

 Información Técnica 		
Equipo Motobomba Centrífuga		
	Código:	---
	Marca:	Weg
	Modelo:	---
	Año:	2008
	Rotor:	144mm
	Hecho en:	Brasil
	Voltaje:	220/380/440v
	Max AMB:	40° C
	Peso:	42Kg
	Potencia:	7,5 Hp
	Presión de Trabajo:	---
	Trabajo Diario:	---
	Capacidad:	---
	Working Pressure:	---
HM:	---	
HZ:	---	
Working Pressure:	---	
R.P.M:	3500 Rev	
Características Técnica de los Equipos		
Presión Mínima diaria	Presión Máxima Diaria	Temperatura
30 PSI	60 PSI	---
Revisado por: ENT		Fecha: Julio 2017

Fuente: El autor (2017)

4.1.3. Observaciones de los Sistemas

Hidroneumáticos:

- La información obtenida de la motobomba centrífuga en cuanto a su presión fue a través de su manómetro ya que este instrumento si se encuentra operativo, la presión es controlada por un presostato.
- Se puede evidenciar que la motobomba centrífuga presenta cierta corrosión.
- La presión del tanque pulmón fue tomada por su especificación de diseño debido a que los manómetros se encuentran inoperativos.
- La presión de los tanques filtros se tomó por suposición del personal de mantenimiento basándose en la presión que proviene del tanque pulmón, no

pudo ser comprobada la presión debido a que los manómetros se encuentran inoperativos.

- En este sistema la motobomba centrífuga contiene su manual instructivo y también posee las especificaciones en la placa del equipo, respecto al tanque pulmón aún se puede visualizar cierta información que fue reflejada en las fichas de especificación técnica, en cambio que los demás equipos no poseen manuales por lo que no pudo ser reflejada la información en las fichas de especificación técnica.

Generador de vapor:

- Los manómetros de la caldera se encuentran inoperativos por lo que no es verificable la presión de vapor, la información acerca de su presión fue obtenida a través de un informe que fue llenado anteriormente por los operarios y personal de mantenimiento donde reflejaba la presión de operación cuando estos instrumentos se encontraban operativos.
- El equipo si posee un manual instructivo pero dicho manual no refleja sus especificaciones, algunas de estas fueron obtenidos en una placa que posee la caldera.
- El tanque de agua no posee ni manuales ni especificaciones por lo que este equipo carece información.
- Las especificaciones de la motobomba fueron obtenidas a través de su placa que posee, se pudo evidenciar que este equipo se encontraba presentando corrosión en la parte externa del equipo.

Refrigeración:

- No fue posible verificar la presión ni especificación técnica de la motobomba centrífuga debido a que no posee manual, manómetros ni tampoco se visualiza las especificaciones en la placa por lo que no fue anexada en las fichas de especificación técnica.
- La temperatura en que mantiene leche almacenada en un tanque es reflejada a través del tablero de control.
- los manómetros del compresor de gas R22 se encontraban inoperativo por lo que su presión fue obtenida por informes de anteriores.

Compresor de Aire:

- La información reflejada en cuanto a la temperatura y presión en las fichas de especificación técnicas fue obtenida a través del equipo en funcionamiento.

Existe carencia de información en la empresa por lo que las fichas de especificación muchas de ellas refleja poca información debido diversos factores dentro de ellos se encuentran que los instrumentos de medición de la presión, en donde casi todos se encuentran inoperativos, la falta de información en informes, las informaciones no las poseen digitalmente ni tampoco le llevan un seguimiento, los equipos en su mayoría no poseen manuales.

4.2. Determinación Mediante la Metodología de Tony Ciliberti los Equipos Críticos del Área en Estudio

La investigación se fundamenta con la aplicación de una de las herramientas del M.C.C., como es el análisis de criticidad, el cual tiene como objetivo establecer niveles jerárquicos en sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que generan, con el propósito de facilitar la toma de decisiones. Este análisis se realizó para que de esta manera se pueda identificar cuáles de los equipos pertenecientes al área de servicios industriales son los más críticos y de esta manera enfocar el objetivo en estudio.

Para el análisis de criticidad se utilizó la metodología de Tony Ciliberti, este método toma en cuenta los procesos y la seguridad, estableciendo parámetros de criticidad, y se basa en que los equipos evaluados se le otorgan un valor de acuerdo a un índice de criticidad global.

4.2.1. Ponderaciones a Evaluar Según la Metodología Tony Ciliberti de Acuerdo al Índice de Criticidad Global para cada Equipo en Estudio

La selección de ponderaciones ya están preestablecidas según la metodología antes mencionada, sin embargo es importante resaltar que la asignación de los parámetros de frecuencia de falla, factor de SHA, factor de reducción SHA, factor de mitigación SHA, factor de criticidad del proceso y factor de respaldo del proceso, se obtuvieron mediante la participación del Equipo Natural de Trabajo (ENT), esto con el fin de jerarquizar los equipos en orden de prioridad para definir las actividades de mantenimiento que se deben aplicar de acuerdo a los resultados obtenidos. Esta fue seleccionada en acuerdo al estudio realizado al ENT, con el cual se procedió mediante una lluvia de ideas a definir los equipos críticos, en lo cual influyó la experiencia del personal de mantenimiento y operadores.

A continuación se explicará detalladamente como calcular la criticidad de cada uno de los equipos. Luego de obtener cada uno de los resultados, estos serán vaciados en una tabla de Excel para su mejor entendimiento y mayor orden.

4.2.1.1. Análisis de Criticidad Según Tony Ciliberti

4.2.1.1.1. Determinación de Cálculo de Criticidad para la Motobomba Centrífuga del Hidroneumático perteneciente al Área de Servicios Industriales

- Paso 1

Hallar el índice de Criticidad de consecuencias, Seguridad, Higiene y Ambiente (ICSHA) utilizado en la ecuación 2.1:

$$ICSHA = FCSHA - FRSHA - FMSHA \quad (\text{Ec.2.1})$$

Utilizando la tabla 2.1 (ver capítulo 2) se ubica el rango entre el cual se encuentran los valores a los que opera el equipo y se obtiene el valor de FCSHA, en este caso se debe tomar en cuenta que la presión de operación de la motobomba centrífuga oscila entre los 30 - 60 PSI por lo que $FCSHA = 1$

Peligros bajos (1)	Temperatura > 104 °F < 212 °F
	Presiones > 15 PSIG < 150 PSIG
	Equipos con velocidades rotacionales de 200 r.p.m.

Para calcular el FRSHA se utiliza la tabla 2.2, donde se seleccionó el FRSHA=1, porque cuando el equipo falla no existe una alta posibilidad de que genere consecuencias sobre la seguridad, la salud y el medio ambiente, sin embargo es importante recalcar que este equipo posee un sistema automático (presostato donde

este es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión del fluido). Si este equipo falla debido a que se encuentra aislado del área del personal y el fluido que maneja es agua, este no pudiera ocasionar alguna consecuencia sobre la seguridad, salud y medio ambiente.

Factor de reducción en SHA	FRSHA = 1	Cuando la falla del equipo no genera consecuencias sobre la seguridad, la salud y/o el medio ambiente
----------------------------	-----------	---

Para calcular el FMSHA se utiliza la tabla 2.3, para este caso tomamos la opción de FMSHA= 0, debido a que no posee un plan de contingencia que mitigue el peligro.

Factor Mitigación en SHA	FMSHA = 0	si no existe un plan de contingencia
--------------------------	-----------	--------------------------------------

Entonces, calculando queda:

$$ICSHA = FCSHA - FRSHA - FMSHA$$

$$ICSHA = 1 - 1 - 0$$

$$ICSHA = 0$$

- Paso 2

Cálculo del Índice de Criticidad en base al proceso (ICP); ecuación 2.2

$$ICP = FCP - FRP \quad (\text{Ec.2.2})$$

Utilizando la tabla 2.4 se seleccionó:

Factor de criticidad de procesos (FCP)	FCP = 2 Útil	Falla del equipo forzaría a una recirculación, desvío inmediato o almacenaje
--	--------------	--

Se tomó este valor ya que puede darse el caso que ocurra una falla, se procederá a detener el bombeo del equipo que está presentando la falla y se pondría en funcionamiento la otra motobomba para dar continuidad al proceso, ya que ambos equipos se encuentran en un sistema en paralelo.

Posteriormente se halla el valor de FRP, para este caso se seleccionó:

Factor de respaldo de proceso	FRP = 1	Si existe una opción de proceso o equipo de respaldo (spare) que mitigue el impacto en el proceso
-------------------------------	---------	---

Como se explicó anteriormente en esta área se cuenta con una segunda motobomba centrífuga con un sistema en paralelo evitando de esta manera un impacto en el proceso

$$ICP = FCP - FRP$$

$$ICP = 2 - 1$$

$$ICP = 1$$

- Paso 3

Consecutivamente, con base en la información de la frecuencia de fallas que se obtuvo a través del ENT, dichas frecuencias se obtuvieron de la división del número de fallas entre el periodo de tiempo estudiado, para este estudio de un año.

Para este equipo específico se obtuvo una frecuencia de fallas igual a 3, por lo tanto se ubica el primer renglón de la tabla 2.6, tomando el valor señalado que es igual a 4.

Para Equipos Rotativos	Más de 2 ---> 4
	Desde 1 hasta 2 ---> 3
	Desde 0,5 hasta 1 ---> 2
	Desde 0,5 hasta 1 ---> 1

FF= 4

Seguidamente se presenta la tabla 4.7 con un esquema de una matriz de criticidad para obtener de esta manera el valor de criticidad por consecuencias, donde se señala a través de las letras el nivel de criticidad, es decir; si el equipo se encuentra en una “alta criticidad” estará identificado la letra A, si el equipo se presenta una criticidad media se representa la letra B, si el equipo indica una “baja criticidad” se representa con la letra C y por ultimo si el equipo señala ser “no crítico” se representa con la letra D, este valor se obtiene por la intersección de los valores obtenidos del ICSHA y ICP anteriormente, donde resultado para este cálculo el ICSHA= 0 y el ICP= 1. A continuación se presenta la matriz de criticidad:

Tabla 4.7. Matriz de Criticidad

Matriz de Criticidad		ICP				
		4	3	2	1	0
ICSHA	4	A44	A43	A42	A41	A40
	3	A34	B33	B32	B31	B30
	2	A24	B23	C22	C21	C20
	1	A14	B13	C12	D11	D10
	0	A04	B03	C02	D01	D00

Fuente: El autor (2017)

Criticidad por consecuencias: D01 (No crítico)

Luego de haber obtenido el valor de criticidad por consecuencias se procede a calcular finalmente el IGCBR (índice global de criticidad basado en riesgo), como se muestra en la Ec. 2.3.

$$\text{IGCBR} = \text{ICSHAP} \quad (\text{Ec.2.3})$$

ICSHAP se obtiene de esta forma, $\text{ICSHAP} = \text{ICSHA} \& \text{ICP}$ (valor de consecuencias de fallas) que para este caso fue 01, luego lo ubicamos en la tabla 2.7 junto con el valor de frecuencias de fallas (para la motobomba la $\text{FF}=4$) y de esta manera obtendremos el IGCBR, la tabla se encuentra conformada por una letra que indica la clasificación del riesgo (alta, media, baja y no crítico) y tres dígitos seguidos que varían del 0 (menor impacto) al 4 (mayor impacto).

El resultado de las diferentes combinaciones forma una matriz que se muestran en la tabla 4.8 que se muestra a continuación:

Tabla 4.8. Matriz de Índice Global de Criticidad Basado en Riesgos

	Frecuencia			
	1	2	3	4 ↓
44	B441	A442	A443	A444
43	B431	A432	A433	A434
42	B421	A422	A423	A424
41	B411	A412	A413	A414
40	B401	A402	A403	A404
34	B341	A342	A343	A344
24	B241	A242	A243	A244
14	B141	A142	A143	A144
04	B041	A042	A043	A044
33	B331	B332	B333	A334
32	B321	B322	B323	A324
31	B311	B312	B313	A314
30	B301	B302	B303	A304
23	B231	B232	B233	A234
13	B131	B132	B133	A134
03	B031	B032	B033	A034
22	C221	C222	B223	A224
21	C211	C212	B213	A214
20	C201	C202	B203	A204
12	C121	C122	B123	A124
02	C021	C022	B023	A024
11	D111	C112	B113	A114
10	D101	C102	B103	A104
01 →	D011	C012	B013	A014
00	D001	C002	B003	A004

Fuente: Tony Ciliberti

Conclusión: La motobomba centrífuga del hidroneumático, según el análisis de criticidad aplicado, está en alta criticidad.

A continuación en la tabla 4.9 se muestra el resultado obtenido de la aplicación del análisis de criticidad cada equipo estudiado, cabe destacar que el cálculo de los equipos restantes se encuentra en el Anexo B.

Tabla 4.9. Resultados del Análisis de Criticidad

 Área Servicios Industriales de la Planta Francisco Carvajal Lacteos Los Andes Matriz de Evaluación de Criticidad													
N°	Equipo	Sistema	SHA			Cálculo	Proceso		Cálculo	Criticidad por consecuencias	FF	Tipo	Criticidad
			FCSHA	FRSHA	FMSHA	ICSHA	FCP	FRP	ICP				
1	Tanque Pulmón	Hidroneumático	1	1	0	0	3	0	3	B03	1	Est	B031
2	Tanque Filtro	Hidroneumático	1	1	0	0	3	0	3	C03	1	Est	B031
3	Motobomba Centrífuga	Hidroneumático	1	1	0	0	3	1	2	D01	4	Din	A014
4	Tanque de Agua	Generador de Vapor	1	1	0	0	3	0	3	B03	1	Est	B031
5	Bomba Multietapa	Generador de Vapor	2	1	1	0	3	0	3	B03	3	Din	B033
6	Tanque Gas-Oil	Generador de Vapor	1	0	0	1	3	0	3	B13	2	Est	B132
7	Caldera Piro-tubular	Generador de Vapor	1	0	1	0	3	0	3	B03	4	Din	A034
8	Motobomba Centrífuga	Refrigeración	1	1	0	0	3	0	3	B03	2	Din	B033
9	Compresor de Gas R22	Refrigeración	2	1	0	1	2	0	2	B12	4	Din	A124
10	Motor Ventilador	Refrigeración	2	1	0	1	3	0	3	B13	3	Din	B133
11	Compresor Tornillo	Aire Comprimido	1	1	0	0	3	0	3	B03	4	Din	A034

Est= Estático
Din= Dinámico

C= Baja criticidad
B=Criticidad media

A= Alta criticidad
D= No crítico

Fuente: el autor (2018)

El total de los equipos que resultaron con alta criticidad están representados por 1 motobomba centrífuga del hidroneumático, 1 caldera, 1 compresor tornillo y 1 compresor de gas R22 por. Se puede concluir que los equipos que resultaron con alta criticidad se debe a que no poseer opciones de respaldo al proceso, ya que solo un equipo posee una opción de respaldo en caso que se presente alguna falla, también influye la frecuencia de fallas elevadas, como se pudo observar que en la criticidad por consecuencia su resultados fueron baja y media criticidad, pero debido a al impacto de frecuencia de falla cuatro de los equipos terminaron resultando ser críticos.

Los resultados obtenidos en la tabla 4.9 para los 11 equipos según su criticidad se muestra a continuación:

- 04 equipos con alta criticidad.
- 07 equipos con criticidad media.

4.3. Análisis de los Modos y Efectos de Fallas de los Equipos Críticos del Área en Estudio

Una vez obtenidos los equipos que resultaron con alta criticidad se procedió a elaborar el Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), basado en la experiencia del equipo natural de trabajo sobre las funciones de los mismos, las causas potenciales de fallas y los efectos que originan en aspecto como seguridad, ambiente, operacional y no operacional. Para la aplicación del AMEF se contó con el apoyo del ENT, donde se definió inicialmente las funciones, luego las fallas funcionales y posteriormente los modos de fallos y efecto de fallas para cada falla funcional.

4.3.1. Definición de las Funciones Principales de los Equipos Críticos

Primeramente se revisaron los manuales del fabricante, luego se hicieron consultas a los operadores y al personal de mantenimiento que trabaja con los equipos, de esta manera se conocieron las funciones en sitio donde se obtuvieron ideas claras sobre la finalidad que cumplen cada equipo en estudio.

4.3.2. Definición de las Fallas Funcionales

Para definir las fallas funcional se requiere escribir la función en sentido negativo, es decir negar la función de forma parcial o total.

4.3.3. Identificación de los Modos y Efectos de Fallas

Para identificar los modos y efectos de las fallas, se revisaron manuales de funcionamiento de los equipos en estudio, así como también se le realizaron entrevistas no estructuradas al ENT en donde se definió estos modos de fallas y sus respectivos efectos. Para registrar la información que se obtuvo del análisis de modos y efectos de fallas, se diseñó un formato hoja de información (ver figura 3.4). A continuación se muestran desde la tabla 4.10–4.13, AMEF elaborado para los equipos.

Tabla 4.10. AMEF Hidroneumático Motobomba Centrífuga

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) ÁREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Hidroneumáticos				Revisado por:		Fecha:
Sub-Sistema: Motobomba Centrífuga				Equipo Natural de Trabajo (ENT)		Nº Página:		
						1 / 2		
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
1	Motobomba Centrífuga	1	Impulsar agua a una presión que oscila entre los 30 a 60 psi	A	No Impulsa el agua	1	Eléctrico motor quemado	Apagado general del equipo por bajo nivel de agua a consecuencia del motor quemado
						2	Tubería obstruida	Cavitación en la bomba
						3	Presostato Descalibrado	La presión no es controlada
				B	Impulsa el agua a una presión por debajo de los 30psi	1	Falta de lubricación o deterioro en los rodamientos	Cizalladura, vibración o ruido excesivo de rodamientos
						2	Carcaza partida	Disminución de caudal para procesos
						3	Impulsor deteriorado	Disminución apreciable de caudal para procesos

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.10. Continuación

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) ÁREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Hidroneumáticos Sub-Sistema: Motobomba Centrífuga				Revisado por: Equipo Natural de Trabajo (ENT)	Fecha: 14-06-2017 Nº Página: 2 / 2	
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
1	Motobomba Centrífuga	1	Impulsar agua a una presión que oscila entre los 30 a 60 psi	B	Impulsa el agua a una presión por debajo de los 30psi	4	Sello mecánico con fugas	Disminución mínima y pérdida de caudal
						5	Deterioro o corrosión en la parte externa del equipo	Existe la posibilidad de corrosión en la parte externa que con el tiempo puede generar alguna fuga de agua
				C	Impulsa agua a una presión por encima de los 60 psi	1	Presostato descalibrado	Presión no es controlada
						2	Manómetro Dañado	Incapacidad de medir la presión, por lo que imposibilita calibrar el presostato para controlar la presión

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.11. AMEF Sistema Generador de Vapor caldera Piro tubular

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) AREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Generador de Vapor				Revisado por:		Fecha:
Sub-Sistema: Caldera de Tipo Piro tubular				Equipo Natural de Trabajo (ENT)		Nº Página:		
						1 / 4		
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
1	Caldera Piro tubular	1	Generar vapor a una presión de 90psi	A	No genera vapor	1	Falsa lectura de electrodos de nivel	Paro de la caldera por elevación peligrosa de temperatura
						2	Tubería de agua de alimentación obstruida	Paro de la caldera por falta de agua
						3	Sensor de llama deteriorado	Paro de la caldera por falla de llama
						4	Bomba de alimentación no impulsa el agua en la caldera	Apagado automático de la caldera por falta de agua
						5	Válvula de seguridad de alivio de presión deteriorado	Aumento peligroso de la presión de la caldera
						6	Electrodos de inhalación deteriorados	No enciende la caldera
				B	No genera vapor a una presión de 90 psi	1	Contactador de arranque de bomba de alimentación deteriorado	Funcionamiento de la caldera errado
						2	Electrodos del quemador partidos o descalibrado	Disminución de la presión de vapor
						3	Resorte de la válvula check partido	Retorno del agua suministrada generando la disminución de presión

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.11. Continuación

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) AREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Generador de Vapor			Revisado por:		Fecha:	
Sub-Sistema: Caldera de Tipo Piro-tubular			Equipo Natural de Trabajo (ENT)		Nº Página:			
					2 / 4			
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
1	Quemador	1	Producir la chispa para el encendido de la flama	A	No produce la chispa para el encendido de la flama	1	Voltaje de entrada no es el correspondiente	Disminución de la presión de vapor y Apagado general del equipo
						2	Electrodos partidos o descalibrado	
2	Válvula de Retención o check	1	Evitar que el agua retorne	A	Permite que retorne el agua	3	Resorte partido	Retorno del agua que fue suministrada en la caldera en donde el caudal del agua no es el adecuado
3	Tanque de almacenamiento de Gas-Oil	1	Almacenar el Gas-Oil	A	Fuga del Gas-Oil	4	Fisura en el tanque	Contaminación Ambiental y el Gas-Oil no es suministrado a la caldera generando la parada de la caldera
4	Tanque de Agua	1	Almacenar el agua	A	Fuga de agua	5	Fisura en el tanque	Bajo suministro de agua generando la parada del equipo

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.11. Continuación

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) AREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Generador de Vapor				Revisado por:		Fecha:
Sub-Sistema: Caldera de Tipo Piro-tubular				Equipo Natural de Trabajo (ENT)		Nº Página:		
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
5	Válvula de drenaje inferior del controlador del nivel	1	Drenar las impurezas del agua que entra	A	Drena poca agua	6	Corrosión de la parte interna	Impurezas internas y poca visualización en el visor de agua
6	Visor de nivel	1	Verificar el nivel del agua	A	No se visualiza el nivel del agua	7	Cilindro partido o rallado dificultando la visibilidad o verificación del nivel de agua	Exceso o deficiente suministro de agua en la caldera
7	Válvula de Seguridad	1	Libera cuando hay exceso de presión (salida del vapor)	A	No libera cuando hay exceso de presión	8	Atascamiento de la válvula	Sobrepresión de vapor generado causando una explosión de la caldera
						9	No actúa en el momento adecuado	Sobrepresión de vapor

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.11. Continuación

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) AREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Generador de Vapor				Revisado por:	Fecha:	
Sub-Sistema: Caldera de Tipo Piro-tubular				Equipo Natural de Trabajo (ENT)		N° Página:		
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
2	Bomba de agua de alimentación	1	suministrar el agua a 22gpm en la caldera	A	No suministra el fluido	1	El impulsor de la bomba está estrangulado	Bajo nivel de agua necesaria para su operatividad
						2	Eléctrico motor quemado	Apagado general del equipo por bajo nivel de agua a consecuencia del motor quemado
				B	Suministra el fluido a menos de 22 gpm	1	Eje doblado	Vibración excesiva
						2	Sello mecánico con fugas	Disminución mínima de caudal para procesos
3	Tubería obstruida	Cavitación en la bomba						
4	Deterioro o corrosión en la parte externa del equipo	Existe la posibilidad de corrosión en la parte externa que con el tiempo puede generar alguna fuga de agua						

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.12. AMEF Compresor Tornillo del Sistema Aire Comprimido

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) AREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Aire Comprimido				Revisado por:		Fecha:
Sub-Sistema: Compresor Tornillo				Equipo Natural de Trabajo (ENT)		N° Página:		
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
1	Compresor Tornillo	1	Suministrar aire comprimido a 86 psi	A	No suministra aire comprimido	1	Válvula de salida cerrada	Disminución de producción
						2	Enfriador tapado	Daños de acoplamiento motor compresor
						3	Sensores dañados	Interrupción de transporte de material a celdas de producción de aire
				B	Suministra el aire comprimido a menos de 86 psi	1	Válvula de admisión defectuosa	Taponamiento de tuberías con material
						2	Filtros de admisión obstruidos	Incremento de efectos anódicos
						3	Elemento de alta presión dañado	Inestabilidad de celdas de producción
						4	Elemento de baja presión dañado	Incremento de consumo de aditivos en celdas

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.12. Continuación

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) AREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Aire Comprimido			Revisado por:		Fecha:	
Sub-Sistema: Compresor Tornillo			Equipo Natural de Trabajo (ENT)		14/06/2017			
					N° Página:			
					2 / 3			
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
1	Contactor	1	Producir el arranque del compresor	A	No Produce el arranque del compresor	1	Eléctrica	Compresor no Opera
2	Motor eléctrico	1	Impulsar tornillo, ventilador	A	No impulsa tornillo, ventilador	2	Sobrecarga del motor	Ruptura de Correas de Transmisión
3	Sistema de Transmisión	1	Permite la Operación de tornillo ventilador	A	No permite la operación de tornillo ventilador	3	Ruptura de Correas de Transmisión aflojamiento de Correas	apagado automático del motor
4	Tornillo	1	Comprimir el Aire que ingresa al motor	A	No comprime el aire que ingresa al motor	4	Falta de lubricación, Fractura del tornillo	Termostato detecta la falla y apaga el compresor
5	Filtro de Aceite	1	Limpiar el aceite que se utiliza para lubricar el tornillo	A	No limpia el aceite que se utiliza para lubricar el tornillo	5	Exceso de impurezas, fuga en el filtro	Daño en el tornillo

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.12. Continuación

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) AREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Aire Comprimido			Revisado por:		Fecha:	
Sub-Sistema: Compresor Tornillo			Equipo Natural de Trabajo (ENT)		N° Página:			
					3 / 3			
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
6	Filtro de Aire	1	Limpiar el aire que ingresa al compresor	A	No limpia el aire que ingresa al compresor	6	Exceso de impurezas	Bajo rendimiento del equipo
7	Termostato	1	Controlar la temperatura del aceite para lubricar el tornillo	A	No controla la temperatura del aceite para lubricar el tornillo	7	Cable desajustado o sulfatado	No controla eficazmente la temperatura del equipo
8	Válvula de aspiración	1	Controlar el flujo de entrada del aire del compresor	A	No controla el flujo de entrada de aire del compresor	8	Ruptura de sellos de Válvula	Daño en el motor, ruptura de correas de transmisión
9	Presostato	1	apagar el compresor cuando alcanza los 90 psi	A	No apaga al compresor cuando alcanza los 90 psi	9	Descalibrado	Paro total de la maquinaria o en su defecto pérdida de componentes del compresor

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.13. AMEF Sistema Refrigeración Compresor de Gas R22

		HOJA DE INFORMACION ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) ÁREA SERVICIOS INDUSTRIALES						
		Sistema: Refrigeración				Revisado por:		Fecha:
Sub-Sistema: Compresor Gas R22				Equipo Natural de Trabajo (ENT)		N° Página:		
#	Componente	#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto de Falla
1	Compresor Gas R22	1	Comprimir R22 a 210 psi	A	Incapaz de comprimir	1	Daños en el pistón	Pérdida de compresión. Se produce aumento en la Temperatura y presión generando la parada del equipo por alta temperatura del cilindro
						2	Fallas en los anillos del pistón del cilindro compresor	Parada del equipo por alta presión y temperatura
						3	Falla en el sistema de lubricación	Falla en el sistema de lubricación, aumento de la temperatura y presión causando la parada del equipo
						4	Daños en la camisa del cilindro	Pierde lubricación generando paro automático, causa recalentamiento y desgastes en los sellos de la caja packing
				B	Incapaz de comprimir R22 a 210 psi	1	Desgaste de la barra del pistón	Fuga de gas , no se genera una parada inmediata pero puede ocasionar daños en la caja packing y sellos del aceite
						2	Fisura en la cámara de los cilindros de fuerza	Se escucha golpeteo del cilindro de fuerza, el equipo pierde potencia generando la parada del equipo

Fuente: El autor (2017)

A continuación en la tabla 4.14 se muestra un resumen de la aplicación del AMEF:

Tabla 4.14. Resumen del AMEF

		Resumen de la aplicación del AMEF		
		Función	Falla Funcional	Modo de Falla
1	Motobomba Centrífuga	1	3	10
2	Caldera Piro tubular	1	3	18
3	Bomba Multietapa	1	2	6
4	Compresor Tornillo	1	2	16
5	Compresor de Gas R22	1	2	6
Cantidad Total		5	12	56

Fuente: El autor (2017)

A continuación se muestra la ponderación porcentual de la aplicación del AMEF en la figura 4.8:

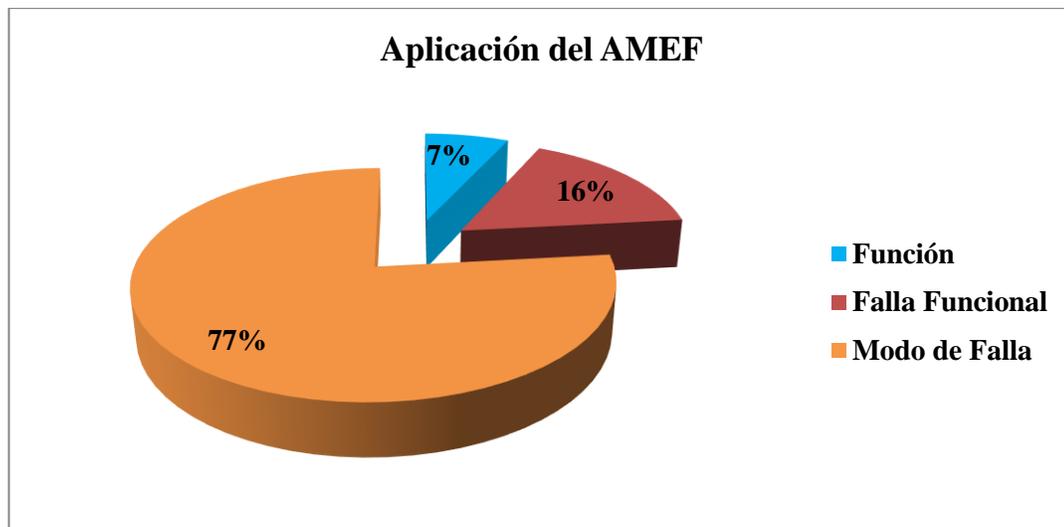


Figura 4.8. Distribución Porcentual del AMEF

Fuente: El autor (2017)

Como se muestra en la figura 4.8 el modo de falla abarca el mayor porcentaje, a pesar que son pocas las funciones que tiene el equipo, los modos de fallos que pueden

presentarse son muy numerosos por lo que es importante buscar las tareas apropiadas con el fin de poder evitar que alguna de estas fallas puedan presentarse.

4.4. Establecimiento de los Tipos de Actividades de Mantenimiento Aplicables a los equipos críticos del área en estudio

Para determinar el tipo de mantenimiento más adecuado para cada modo de falla, se recurrió al árbol lógico de decisiones. Para resolver las interrogantes que propone el diagrama, se aplicaron entrevistas no estructuradas al personal de mantenimiento y reuniones con el E.N.T., y así llegar a una acción satisfactoria.

4.4.1. Metodología para la Aplicación del ALD

El estudio consistió en realizarle preguntas a cada modo de falla, siguiendo el flujograma hasta lograr tener una respuesta determinante, es decir tener una acción a implementar para luego asentar los resultados de cada modo de falla.

Para asentar los datos reflejados por el flujograma de preguntas se refleja en la hoja de decisiones de la siguiente manera: para las respuestas negativas (NO) se reflejan con la letra N y para respuestas positivas (SI) con la letra S.

La hoja de decisión diseñada está dividida básicamente en dos partes, una de ellas es el encabezado de la hoja, donde se refleja la información del sistema y subsistema (equipo) del área en estudio. La segunda parte está dividida en varias sesiones, las cuales se describen a continuación:

- Información de referencia: en esta sección se indica la información del AMEF para la identificación del subsistema (equipo) componente del sub-

sistema (componente del equipo), así la identificación de la función (F) del equipo a estudiar, la falla funcional (FF) y el modo de falla (MF) que se analiza.

- Evaluación de consecuencias: en esta sección se indica el tipo de modo de fallo. Si el modo de fallo es evidente se identifica en la columna con la letra “E”, las cuales indican el ramal de consecuencias evidentes del diagrama de decisión. Si el modo de fallo afecta a las personas se representa con la letra “S”, si el modo de fallo afecta al ambiente se denota con la letra “A” y si afecta la capacidad operacional se identifica en la columna con la letra “O”.
- Tipo de Tarea Mantenimiento: en esta sección se indican las actividades de mantenimiento a realizar para atacar el modo de falla estudiado, siguiendo la lógica del diagrama de decisión. Las actividades de mantenimiento se identifican en cada columna de la siguiente manera: BC (conviene realizar una tarea programada basada en condición), R (conviene realizar una tarea programada de restauración), CT (conviene realizar una combinación de tareas), DF (conviene realizar una tarea de detección de falla).

Seguidamente aparece una breve descripción de la tarea de mantenimiento a implementar, así su frecuencia inicial y personal encargado de ejecutar las actividades. Para establecer la frecuencia inicial de ejecución de las actividades para el área en estudio, se recurrió al ENT, así como al personal de mantenimiento de mayor experiencia debido a que la empresa no cuenta con una data confiable. Complementado con el ALD que se mostró en el capítulo 2 (ver figura 2.1).

A continuación en las tablas 4.15 hasta la 4.18 se muestra la aplicación del ALD a los equipos críticos.

Tabla 4.15. ALD Hidroneumático Motobomba Centrífuga

				Hoja de Decisión para SAE JA1012								Sistema: Hidroneumático		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo (ENT)		Realizado por: Pedro Figuera	
												Sub-Sistema: Motobomba Centrífuga				Fecha: Junio 2017	
Referencia				Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia inicial	A realizar por			
Componente	F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT	DF						
Motobomba Centrífuga	1	A	1	S	N	N	S	N	S			Tarea R: Realizar el bobinado eléctrico al motor	No Definido	Personal de Mantenimiento y Operaciones			
	1	A	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Chequear que la succión este libre de sedimentos	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones			
	1	A	3	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar que el equipo se apague cuando llegue a una presión de 60psi, en caso contrario calibrar presostato	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones			
	1	B	1	S	N	N	S	S				Tarea BC: Chequear la lubricación (grasa) de los rodamientos, en caso de deterioro reemplazarlos	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones			
	1	B	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado de la carcaza de la motobomba	Mensual	Personal de Mantenimiento y Operaciones			
	1	B	3	S	N	N	S	S				Tarea de BC: comprobar estado del impulsor	Trimestral	Personal de Mantenimiento y Operaciones			

F: Función
FF: Falla Funcional
MF: Modo de Falla
S: Seguridad
E: Evidente
A: Ambiente
O: Operacional
BC: Basada en Condición
R/D: Restauración o desincorporación
CT: Combinación de Tareas
DF: Detección de Fallas

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.15. Continuación

				Hoja de Decisión para SAE JA1012				Sistema: Hidroneumático				Revisado por:		Realizado por: Pedro Figuera	
								Sub-Sistema: Motobomba Centrífuga				Equipo Natural de Trabajo (ENT)		Fecha: Junio 2017	
Referencia				Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia inicial	A realizar por	
Componente	F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT	DF				
Motobomba Centrífuga	1	B	4	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado de los sellos	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones	
	1	B	5	S	N	N	S	N	S			Tarea R: Renovar pintura	Correctivo y Verificación Semestral	Personal de Mantenimiento y Operaciones	
	1	C	1	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar que el equipo se apague cuando llegue a una presión de 60psi	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones	
	1	C	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Chequear que el manómetro indique la presión	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones	

F: Función
FF: Falla Funcional
MF: Modo de Falla
S: Seguridad
E: Evidente
A: Ambiente
O: Operacional
BC: Basada en Condición
R/D: Restauración o desincorporación
CT: Combinación de Tareas
DF: Detección de Fallas

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.16. ALD Generador de Vapor Caldera Piro tubular

				Hoja de Decisión para SAE JA1012								Sistema: Generador de Vapor		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo (ENT)	Realizado por: Pedro Figuera	
												Sub-Sistema: Caldera Piro tubular			Fecha: Junio 2017	
Referencia				Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia inicial	A realizar por		
Componente	F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT	DF					
Caldera Piro tubular	1	A	1	S	S			S				Tarea BC: Realizar prueba de corte por bajo nivel	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones		
	1	A	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar que exista reposición de agua a través de visor de nivel	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones		
	1	A	3	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar correcto ciclo de arranque de la caldera	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones		
	1	A	4	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar funcionamiento correcto de bomba de alimentación	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones		
	1	A	5	N	S			N	N	S		Tarea CT: Realizar disparo manual de las válvulas, en caso de no liberar o presentar dificultad de liberación del vapor, reemplazar	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones		
	1	A	6	S	N	N	S	S				Tarea BC: Hacer pasar la caldera por un ciclo de arranque y comprobar encendido del piloto llama	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones		
	1	B	1	S	N	N	S	S				Tarea BC: Realizar purga de fondo y comprobar arranque de la bomba a través del visor de nivel	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones		
	1	B	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado de los electrodos	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones		
	1	B	3	S	N	N	S	N	S			Tarea R: Reemplazo de las Válvulas	No Definido	Personal de Mantenimiento y Operaciones		

F: Función
FF: Falla Funcional
MF: Modo de Falla
S: Seguridad
E: Evidente
A: Ambiente
O: Operacional
BC: Basada en Condición
R/D: Restauración o desincorporación
CT: Combinación de Tareas
DF: Detección de Fallas

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.16. Continuación

				Hoja de Decisión para SAE JA1012				Sistema: Generador de Vapor				Revisado por:	Realizado por: Pedro Figuera	
								Sub-Sistema: Caldera Piro-tubular				Equipo Natural de Trabajo (ENT)	Fecha: Junio 2017	
Referencia				Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia inicial	A realizar por
Componente	F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT	DF			
Quemador	1	A	1	S	N	N	S	S				Tarea BC: Revisión de conectores y cables	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	A	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado de los electrodos	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Válvula de Retención o check	1	A	3	S	N	N	S	N	S			Tarea R: Reemplazo de las Válvulas	No Definido	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Tanque Gas-Oil	1	A	4	S	N	S		N	S			Tarea R: Corregir fisura del tanque y verificar que no presente fuga	Correctivo y Chequeo quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Tanque de Agua	1	A	5	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar que el tanque no presente alguna fuga de agua en caso de presentar fisura corregirla	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Válvula de drenaje	1	A	6	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar que no existan impurezas internas	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones

F: Función
 FF: Falla Funcional
 MF: Modo de Falla

S: Seguridad
 E: Evidente
 A: Ambiente
 O: Operacional

BC: Basada en Condición
 R/D: Restauración o desincorporación

CT: Combinación de Tareas
 DF: Detección de Fallas

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.16. Continuación

				Hoja de Decisión para SAE JA1012								Sistema: Generador de Vapor				Revisado por:	Realizado por: Pedro Figuera	
												Sub-Sistema: Caldera Piro-tubular				Equipo Natural de Trabajo (ENT)	Fecha: Junio 2017	
Referencia				Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia inicial	A realizar por				
Componente	F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT	DF							
Visor de nivel	1	A	7	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar que no exista dificultad en la visualización del nivel de agua	Mensual	Personal de Mantenimiento y Operaciones				
Válvula de Seguridad	1	A	8	S	S			S				Tarea BC: Realizar prueba de liberación de presión	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones				
	1	A	9	S	S			S				Tarea BC: Realizar prueba de liberación de presión	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones				
Bomba de agua de alimentación	1	A	1	S	N	N	S	S				Tarea de BC: comprobar estado del impulsor	Trimestral	Personal de Mantenimiento y Operaciones				
	1	A	2	S	N	N	S	N	S			Tarea R: Realizar el bobinado eléctrico al motor	No Definido	Personal de Mantenimiento y Operaciones				
	1	B	1	S	N	N	S	N	S			Tarea a R: Desmontar y verificar el estado en que se encuentra el eje	Trimestral	Personal de Mantenimiento y Operaciones				
	1	B	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado de los sellos	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones				
	1	B	3	S	N	N	S	S				Tarea BC: Chequear que la succión este libre de sedimentos	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones				
	1	B	4	S	N	N	S	N	S			Tarea R:Renovar pintura	Correctivo y Verificación Semestral	Personal de Mantenimiento y Operaciones				

F: Función
FF: Falla Funcional
MF: Modo de Falla
S: Seguridad
E: Evidente
A: Ambiente
O: Operacional
BC: Basada en Condición
R/D: Restauración o desincorporación
CT: Combinación de Tareas
DF: Detección de Fallas

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.17. ALD Aire Comprimido Compresor Tornillo y Componentes

			Hoja de Decisión para SAE JA1012					Sistema: Aire Comprimido				Revisado por: Equipo Natural de Trabajo (ENT)	Realizado por: Pedro Figuera	
								Sub-Sistema: Compresor Tornillo					Fecha: Junio 2017	
Referencia			Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia inicial	A realizar por	
Componente	F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT				DF
Compresor Tornillo	1	A	1	S	N	N	S	S				Tarea BC: Chequear que la válvula se encuentre abierta antes de dar partida al equipo	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	A	2	S	N	N	S	N	S			Tarea BC: Realizar la limpieza al enfriador	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	A	3	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado de los sensores	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	B	1	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado de la válvula	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	B	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado del filtro	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	B	3	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificación visual y pruebas del elemento de alta presión	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	B	4	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificación visual y pruebas del elemento de baja presión	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Contactor	1	A	1	S	N	N	S	S				Tarea BC: Revisión completa del sistema eléctrico	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Motor eléctrico	1	A	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado del motor y correas.	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Sistema de Transmisión	1	A	3	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado de las correas y ajustes	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones

F: Función
FF: Falla Funcional
MF: Modo de Falla
S: Seguridad
E: Evidente
A: Ambiente
O: Operacional
BC: Basada en Condición
R/D: Restauración o desincorporación
CT: Combinación de Tareas
DF: Detección de Fallas

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.17. Continuación

				Hoja de Decisión para SAE JA1012				Sistema: Aire Comprimido				Revisado por:	Realizado por: Pedro Figuera	
								Sub-Sistema: Compresor Tornillo				Equipo Natural de Trabajo (ENT)	Fecha: Junio 2017	
Referencia				Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia inicial	A realizar por
Componente	F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT	DF			
Tornillo	1	A	4	S	N	N	S	S				Tarea BC: Chequear lubricación	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Filtro de Aceite	1	A	5	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado filtro	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Filtro de Aire	1	A	6	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado filtro	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Termostato	1	A	7	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar los cables de conexión	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Válvula de aspiración	1	A	8	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar sellos de la válvula	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
Presostato	1	A	9	N	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar si apaga el compresor cuando alcanza los 90 psi, y calibrar de ser necesario	semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones

F: Función
 FF: Falla Funcional
 MF: Modo de Falla

S: Seguridad
 E: Evidente
 A: Ambiente
 O: Operacional

BC: Basada en Condición
 R/D: Restauración o desincorporación

CT: Combinación de Tareas
 DF: Detección de Fallas

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.18. ALD Compresor de Refrigeración

				Hoja de Decisión para SAE JA1012				Sistema: Refrigeración				Revisado por:	Realizado por: Pedro Figuera	
								Sub-Sistema: Compresor de gas R22				Equipo Natural de Trabajo (ENT)	Fecha: Junio 2017	
Referencia				Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia inicial	A realizar por
Componente	F	FF	MF	E	S	A	O	BC	R/D	CT	DF			
Compresor de gas R22	1	A	1	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el estado del pistón	Trimestral	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	A	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Realizar seguimiento a la presión de los cilindros del compresor	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	A	3	S	N	N	S	S				Tarea BC: Verificar el correcto flujo del aceite	Semanal	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	A	4	S	N	N	S	N	S			Tarea R : Verificar las tolerancias permisibles de las camisas del cilindro, reemplazar de ser necesario	Trimestral	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	B	1	S	N	N	S	S				Tarea a BC: Chequear desgaste de la barra	Mensual	Personal de Mantenimiento y Operaciones
	1	B	2	S	N	N	S	S				Tarea BC: Revisar el estado de la cámara	Quincenal	Personal de Mantenimiento y Operaciones

F: Función
FF: Falla Funcional
MF: Modo de Falla
S: Seguridad
E: Evidente
A: Ambiente
O: Operacional
BC: Basada en Condición
R/D: Restauración o desincorporación
CT: Combinación de Tareas
DF: Detección de Fallas

Fuente: El autor (2017)

A continuación en la tabla 4.19 se muestra un resumen de las tareas de mantenimiento a realizar:

Tabla 4.19. Total de Tareas a Realizar

	Tipos de tareas			
	BC	R/D	CT	DF
Cantidad de tareas	45	10	1	0
Porcentaje	80%	18%	2%	0%

Fuente: El autor (2017)

A continuación en la figura 4.9 se muestra la distribución porcentual de las diversas tareas a realizar:

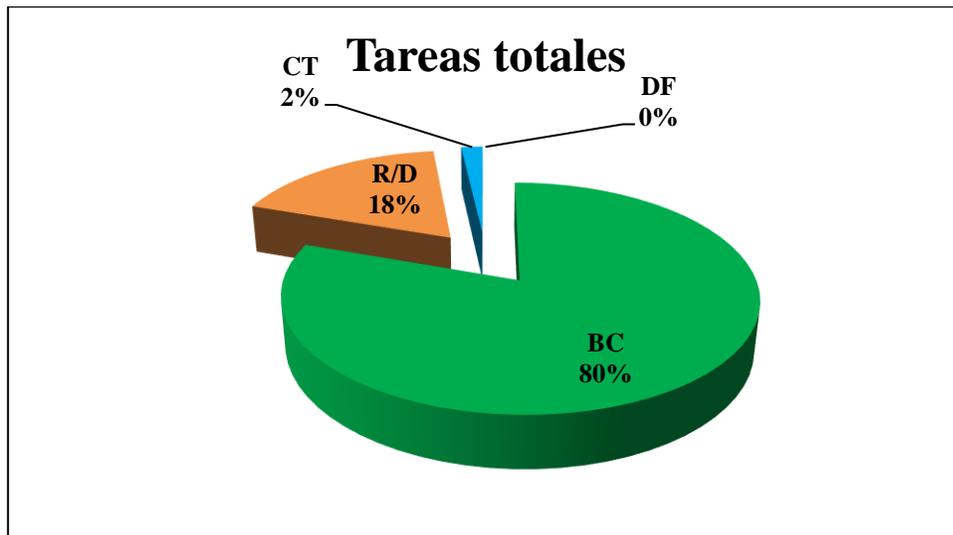


Figura 4.9. Distribución Porcentual de las Diversas Tareas a Realizar

Fuente: El autor (2017)

Se pudo observar cada porcentaje del tipo de actividad de mantenimiento en el cual el 80% de las tareas a realizar se encuentra basadas a condición debido a que la mayoría de las actividades pueden ser programas para la detección de alguna falla,

luego le sigue con el 18% de tareas de restauración o desincorporación, seguido de 2% con combinación de tareas y ninguna de detección de fallas.

En la siguiente tabla 4.20 se muestra la cantidad y tipos de modos de fallas evidentes o no evidentes (fallas ocultas) por cada equipo crítico, seguidamente se muestra en el gráfico 4.3 la distribución porcentual del mismo.

Tabla 4.20. Evaluación Total de Consecuencias

	Modos de fallas Evidentes	
	E	NE
Motobomba Centrifuga	10	0
Caldera Pirotubular	23	1
Compresor Tornillo	15	1
Compresor R22	6	0
Cantidad de Total	54	2
Porcentaje	96%	4%

Fuente: El autor (2017)

A continuación en la figura 4.10 se muestra la distribución porcentual de la evaluación de consecuencias de fallas:

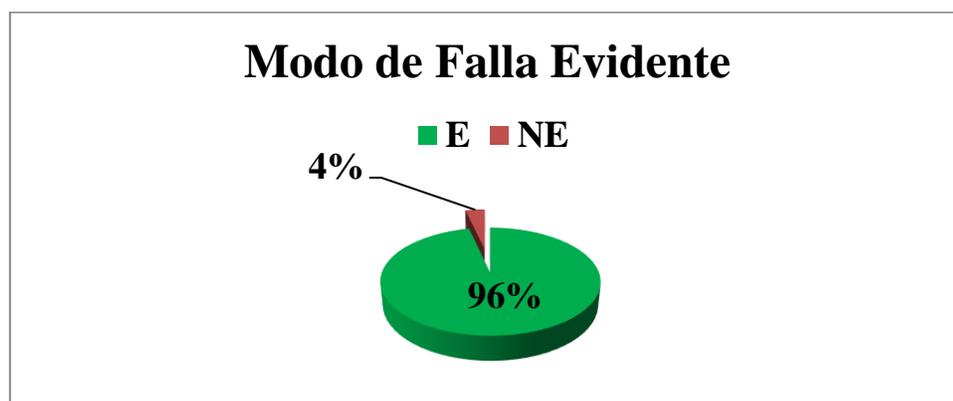


Figura 4.10. Distribución Porcentual Modos De Falla Evidente

Fuente: El autor (2017)

Se pudo observar que las consecuencias de fallas evidentes abarcan el 96% ya que al presentarse una falla en su mayoría generan un impacto directo a la organización y son pocas las fallas ocultas que pueden presentarse.

En la siguiente tabla 4.21 se muestra la cantidad total de cada uno de los tipos de consecuencias las fallas, luego será reflejado en la figura 4.11 la distribución porcentual del mismo.

Tabla 4.21. Tipos de Consecuencias las Fallas

	Tipo de consecuencias de fallas		
	Seguridad	Ambiente	Operacional
Equipos			
Motobomba Centrifuga	0	0	10
Caldera Pirotubular	4	1	19
Compresor Tornillo	0	0	16
Compresor R22	0	0	6
Cantidad de Total	4	1	51
Porcentaje	7%	2%	91%

Fuente: El autor (2017)

A continuación se muestra la distribución porcentual los tipos de consecuencias de fallas:

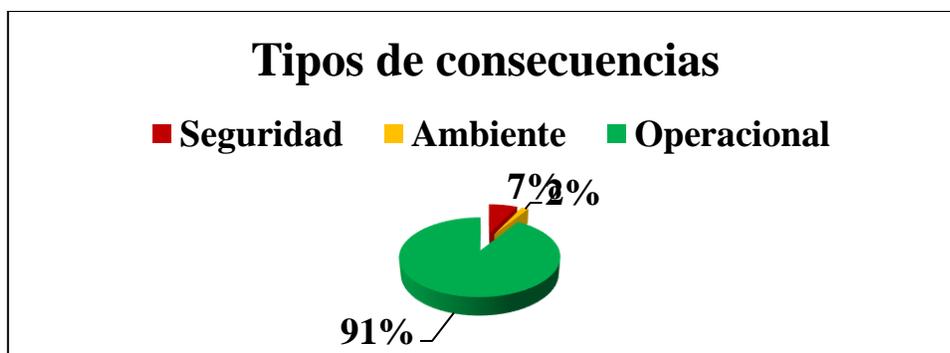


Figura 4.11. Distribución Porcentual de los Tipos de Consecuencias de Fallas

Fuente: El autor (2017)

Se pudo evidenciar que el 91% de las consecuencias son operacionales debido a que al presentarse las fallas en su mayoría generan un impacto directo adverso sobre la capacidad operacional del equipo, afectando su rendimiento total, así como también la calidad del producto.

4.5. Elaboración Planes de Mantenimiento Preventivo para los equipos del Área de Servicios Industriales de la Planta Lácteos los Andes C.A, Aragua de Barcelona, Estado Anzoátegui

Una vez aplicado la filosofía del M.C.C, se sentaron de manera las actividades o tareas de mantenimiento que se deben realizar con el propósito de establecer los planes de mantenimiento mediante tareas que arrojo la hoja de decisión.

Tomando en consideración las hojas de decisiones obtenidas para cada equipo crítico en donde resultaron tres equipos, (1) una motobomba centrífuga de los hidroneumáticos, (1) una caldera de tipo pirotubular del generador de vapor, un (1) compresor de aire sistema de refrigeración y (1) un compresor de gas R22, se procedió a elaborar los planes de mantenimiento más adecuados. Dicho plan, muestra el alcance, responsabilidades, descripción de la hoja de los planes de mantenimiento, tareas a realizar, frecuencia entre otras. Este plan se elaboró considerando la norma PDVSA SI-S-20 “Procedimientos de trabajo”, debido a que incluirá las actividades que se deberá realizar, responsabilidades de cada trabajador en esta área, así como también las medidas preventivas que debe tomar el personal a la hora de realizar dicha labor con el fin de evitar algún accidente o lesión, este procedimiento está constituido de la siguiente manera:

- Portada: el título debe indicar de forma resumida el alcance del trabajo, adicionalmente se le agregaron algunas imágenes de alguno de los equipos del área en estudio.

- Índice general: hace referencia a la lista del contenido del documento.
- Objetivo: propósito en que fue elaborado este trabajo.
- Alcance: campo o área de aplicación de este procedimiento.
- Referencia: normas o leyes de los cuales se utilizaron en este procedimiento de trabajo.
- Responsabilidades y funciones del cumplimiento de planes de mantenimiento: identificación de todo el personal que intervendrá en la actividad, señalando brevemente la función de cada uno
- Riesgos, agentes y medidas preventivas: riesgos y agentes que se encuentran presente en el área de trabajo y se establecieron las medidas preventivas de seguridad que deben tomar al momento de laborar.
- Mantenimiento y seguridad: relación que hay entre el mantenimiento y seguridad.
- Definiciones básicas: estas definiciones están relacionadas con el tema desarrollado para así dar mayor entendimiento así como también se encuentra el plan de mantenimiento a realizar se establecieron las tareas a realizar, la frecuencia, sistema que pertenece al área en estudio, subsistema o el nombre del equipo que se le realizara las actividades de mantenimiento el personal responsable a ejecutar las actividades, numero de página donde se indica la página que empieza y finaliza las actividades a realizar para cada equipo.
- Hoja de Historial de Fallas: se mostró un formato donde será llenado por el personal encargado de realizar las actividades de mantenimiento con el propósito de que el personal pueda llevar un control de las fallas presentadas.
- Hoja de información de fallas: se mostró un formato donde será llenado por el personal encargado de las actividades de mantenimiento con el fin de plasmar la información detallada de las fallas presentadas en los equipos.
- Hoja de reporte de fallas: se mostró un formato en donde será llenado por el personal encargado de mantenimiento con el fin se poder reportar las fallas presentadas en los equipos del área en estudio.

- Hoja de reporte de mantenimiento: se mostró un formato donde será llenado por el personal de mantenimiento con la finalidad de realizar el reporte mantenimiento a realizar a los equipos.

A continuación se detalla el plan de mantenimiento para los equipos del área servicios industriales.

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 1/23
			Fecha de emisión	
	Día	Mes	Año	
	1	7	2017	



Planes de mantenimiento para los equipos críticos del Área Servicios Industriales

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Pedro J Figuera Romero	ENT	

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 2/23
			Fecha de emisión	
	Día	Mes	Año	
	1	7	2017	

Índice General

Objetivo.....	¡Error! Marcador no definido.
Alcance / Campo de aplicación.....	¡Error! Marcador no definido.
Referencias.....	¡Error! Marcador no definido.
Responsabilidades y funciones del cumplimiento de planes de mantenimiento;	¡Error! Marcador no definido.
Descripción Del Plan De Mantenimiento	¡Error! Marcador no definido.
Riesgos, agentes y medidas preventivas	¡Error! Marcador no definido.
Mantenimiento y seguridad.....	¡Error! Marcador no definido.
Definiciones básicas.....	¡Error! Marcador no definido.
Hoja de historial de fallas.....	¡Error! Marcador no definido.
Hoja de información de fallas	¡Error! Marcador no definido.
Formato de hoja de reporte de fallas	¡Error! Marcador no definido.
Formato de hoja de reporte de mantenimiento.....	¡Error! Marcador no definido.

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Pedro J Figuera Romero	ENT	ENT

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 3/23
			Fecha de emisión	
	Día	Mes	Año	
	1	7	2017	

Objetivo

Describir las actividades a realizar a través de los planes de mantenimiento aplicando la metodología del M.C.C para los equipos del área servicios industriales, con el propósito de alargar la vida útil de los equipos, minimizar las fallas que puedan presentar, mantener una operatividad continua y evitar alguna pérdida a consecuencia de una paralización inesperada de la producción debido una avería.

Alcance / Campo de aplicación

Este plan aplica para ejecutar actividades de mantenimiento a los equipos de esta área en específica, documento que va dirigido al ENT en donde se encuentra involucrado el personal de mantenimiento, operadores y coordinadora de la empresa.

Referencias

- Norma PDVSA SI-S-20 “Procedimientos de trabajo”
- Norma COVENIN 3049- 93 “Definiciones de mantenimiento”

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Pedro J Figuera Romero	ENT	ENT

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales	Revisión: 0	Pág 4/23	
		Fecha de emisión		
		Día	Mes	Año
		1	7	2017

Responsabilidades y funciones del cumplimiento de planes de mantenimiento

Empresa	Cargo	Responsabilidad
Lácteos Los Andes	Coordinadora General	Encargada de coordinar cualquier tipo de actividad que se vaya a realizar en la empresa, así como supervisar todas las actividades dentro de la misma.
	Supervisor de Mantenimiento	Verificar, inspeccionar y garantizar que se estén realizando las actividades de mantenimiento, así como también se encarga de realizar las reparaciones de los equipos con el personal de mantenimiento.
	Técnicos e instrumentistas	Ejecutar las actividades de reparación y mantenimientos a los equipos de la empresa.
	Operarios	Encargados de maniobrar a equipos y ayudar al personal de mantenimiento, así como las distintas actividades que se realizan para la elaboración del producto.

Descripción Del Plan De Mantenimiento

Este plan se ha elaborado con el propósito de especificar las diversas tareas de mantenimiento que deben ser aplicados a los equipos críticos del área servicios industriales. La información se encuentra asentada en una planilla de estructura sencilla para una mejor aplicación. A continuación se hará la descripción detallada de los diferentes aspectos que conforman al plan:

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Pedro J Figuera Romero	ENT	ENT

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales	Revisión: 0	Pág 5/23	
		Fecha de emisión		
		Día	Mes	Año
		1	7	2017

Encabezado: comprende el logo de la empresa, título del plan y sistema.

Pág.: refleja el número de hoja que contiene el plan.

Sistema: es el sistema al cual pertenece el equipo estudiado.

Actividad: describe la tarea que se debe realizar.

Componente: Elemento al cual se le debe aplicar la tarea de mantenimiento.

Equipo: unidad en el cual se dirige el plan.

Frecuencia: periodos en los que se debe ejecutar las tareas de mantenimiento.

Responsable: personal encargado de realizar la actividad.

Leyenda: en esta se encuentran las diversas frecuencias (tiempo) en las cuales cada una está representada por un color.

Riesgos, Agentes y Medidas Preventivas

Riesgos	Causas	Posibles consecuencias	Medidas preventivas
Golpes	Uso incorrecto de las herramientas	Lesiones o heridas Invalidez Hematomas	Usar Los EPP
	No usar los EPP		Cumplir las medidas de seguridad
	Falta de conocimiento del trabajador		Usar correctamente las herramientas
Caídas	Obstáculos en el área	Heridas Fracturas	Usar los EPP
	Sustancias resbaladizas en el área de trabajo		Mantener el área de trabajo limpio y ordenado
Cortaduras	Uso de herramientas filosas	Heridas abiertas	Usar los EPP
	Utilización errada del EPP		Correcta manipulación de las herramientas
Esfuerzo excesivo	Levantamiento componentes con peso excesivo	Hernias Desviación de la columna Dolores musculares	Usar las herramientas de trabajo
			Reportar condiciones y actos inseguros

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Pedro J Figuera Romero	ENT	ENT

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 6/23
			Fecha de emisión	
	Día	Mes	Año	
	1	7	2017	

Mantenimiento y seguridad

Las actividades del mantenimiento están estrechamente ligada en la prevención de accidentes, el personal de mantenimiento tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones las herramientas, equipos y máquinas de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y el personal encargado de la seguridad debe implementar al personal de los EPP (Equipos de Protección Personal) para garantizar que pueda el trabajador desarrollar sus actividades a bajos riesgos en el área laboral. A continuación, se nombran las principales acciones que en muchas ocasiones originan accidentes laborales a consecuencia del comportamiento del trabajador a la hora de realizar su labor:

- Hacer bromas, reñir, payasear, promover resbalones o caídas
- Trabajar a velocidades inseguras
- Maniobrar un equipo sin tener conocimiento alguno

Definiciones básicas

La Norma COVENIN 3049-93, lo define, como “el conjunto de acciones que permiten conservar o restaurar un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado” (p. 1).

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Pedro J Figuera Romero	ENT	ENT

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 7/23	
			Fecha de emisión		
	Día	Mes	Año		
	1	7	2017		

Objetivos del Mantenimiento

La norma COVENIN 3049-93, establece que:

El objetivo del mantenimiento es mantener un sistema productivo en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigida, en empresas de servicios, a un costo global. (p. 1).

Mantenimiento correctivo

Según Suarez, D. (op.cit), “es la actividad no programada y se dirige a reparaciones por fallas ocurridas” (p. 17).

Mantenimiento preventivo

La Norma Covenin 3049-93 (1993), señala que: Consiste en un grupo de tareas planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los activos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde su ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos. La Norma COVENIN número 3049-93-93 lo define como: “Es el que utiliza todos los medios disponibles incluso los estadísticos, para determinar las frecuencias de inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras.” (p. 2).A continuación se muestra el plan de mantenimiento en las tablas 4.22-4.25.

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Pedro J Figuera Romero	ENT	ENT

Tabla 4.22. Plan de Mantenimiento para la Motobomba Centrífuga de los Hidroneumáticos

	Cronograma de mantenimiento Sección de Servicios Industriales													pag: 1/8																							
	Actividad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.		Dic.	Responsable																						
Componente	Sem.				Sem.				Sem.				Sem.				Sem.	Sem.	Sem.	Sem.																	
Motobomba Centrífuga	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Responsable
Realizar el bobinado eléctrico al motor	[Orange blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento								
Chequear que la succión este libre de sedimentos	[Yellow blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento								
Verificar que el equipo se apague cuando llegue a una presión de 60psi, en caso contrario calibrar presostato	[Yellow blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento								
Chequear la lubricación (grasa) de los rodamientos, en caso de deterioro reemplazarlos	[Red blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento								
Verificar el estado de la carcaza de la motobomba	[Dark Blue blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento								
Comprobar estado del impulsor	[Green blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento								
Legenda:	[Yellow] Semanal				[Red] Quincenal				[Dark Blue] mensual				[Green] Trimestral				[Light Blue] Anual				[Purple] Semestral	[Orange] No definido															

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.24. Plan de Mantenimiento para el Compresor de Aire y Componentes del Sistema Aire Comprimido

	Cronograma de mantenimiento Sección de Servicios Industriales													pag: 6/8																			
	Actividad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.		Dic.	Responsable																		
Componente	Sem.				Sem.				Sem.				Sem.				Responsable																
Compresor Tornillo	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Chequear que la válvula se encuentre abierta antes de dar partida al equipo	[Yellow]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Realizar la limpieza al enfriador	[Yellow]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Verificar el estado de los sensores	[Yellow]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Verificar el estado de la válvula	[Yellow]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Verificar el estado del filtro	[Yellow]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Verificación visual y pruebas del elemento de alta presión	[Red]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Verificación visual y pruebas del elemento de baja presión	[Red]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Contactador: Revisión completa del sistema eléctrico	[Red]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Motor eléctrico: Verificar el estado del motor y correas.	[Red]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Sistema de Transmisión: Verificar el estado de las correas y ajustes	[Red]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento				
Leyenda:	[Yellow] Semanal				[Red] Quincenal				[Dark Blue] mensual				[Green] Trimestral				[Light Blue] Anual				[Purple] Semestral	[Orange] No definido											

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.24. Continuación

	Cronograma de mantenimiento Sección de Servicios Industriales													pag: 7/8																		
	Actividad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.		Dic.	Responsable																	
Componente	Sem.				Sem.				Sem.				Sem.																			
Compresor Tornillo	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tornillo: Chequear lubricación	[Red blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento			
Filtro de Aceite: Verificar el estado filtro	[Red blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento			
Filtro de Aire: Verificar el estado filtro	[Red blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento			
Termostato: Verificar los cables de conexión	[Red blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento			
Válvula de aspiración: Verificar sellos de la válvula	[Red blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento			
Presostato: Verificar si apaga el compresor cuando alcanza los 90 psi, y calibrar de ser necesario	[Yellow blocks]																												Supervisor/técnicos de mantenimiento			
Leyenda:	 Semanal  Quincenal  mensual  Trimestral  Anual  Semestral  No definido																															

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.25. Plan de Mantenimiento para el Compresor R22 y Componentes del Sistema Refrigeración

	Cronograma de mantenimiento Sección de Servicios Industriales													pag: 8/8																										
	Actividad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.		Dic.	Responsable																									
Componente	Sem.				Sem.				Sem.				Sem.				Sem.				Sem.				Sem.															
Compresor de gas R22	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Verificar el estado del pistón																																	Supervisor/técnicos de mantenimiento							
Realizar seguimiento a la presión de los cilindros del compresor																																	Supervisor/técnicos de mantenimiento							
Verificar el correcto flujo del aceite																																	Supervisor/técnicos de mantenimiento							
Verificar las tolerancias permisibles de las camisas del cilindro, reemplazar de ser necesario																																	Supervisor/técnicos de mantenimiento							
Chequear desgaste de la barra																																	Supervisor/técnicos de mantenimiento							
Revisar el estado de la cámara																																	Supervisor/técnicos de mantenimiento							
Legenda:					Semanal								Quincenal								mensual								Trimestral								Anual			
					Semestral								No definido																											

Fuente: El autor (2017)

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 16/23
			Fecha de emisión	
	Día	Mes	Año	
	1	7	2017	

Hoja de historial de fallas

El mantenimiento es de suma importancia para una empresa, pero es necesario llevar a cabo un registro de falla, debido a que en muchas ocasiones las fallas suelen presentarse bajo la misma frecuencia o similar y de esta manera pudiera ser prevenida la avería, fue necesario diseñar un formato de historial de fallas para que sea llevado a cabo dicho registro con la finalidad de que las fallas que presenten los equipos pueda ser asentada en dicha hoja, para luego ser introducida en una base de datos. La estructura del formato diseñado para el registro de fallas se encuentra conformada de la siguiente manera:

1. Sistema: Se refiere al sistema en que pertenece al equipo.
2. Equipo: Unidad o equipo que está presentando la falla o avería.
3. Año: El año el cual el equipo está presentado la falla.
4. Aprobado por: Personal encargado de aprobar dicho formato para llevar a cabo el registro de fallas
5. Fecha: Día/mes/año en que presenta la falla del equipo
6. Componente: elemento o componente del equipo que presento la falla
7. Hrs Fuera Serv.: Tiempo en que el equipo se encuentra fuera de servicio a consecuencia de una falla.
8. Modo de Falla: Causas que generan la falla.
9. Actividad a realizar: Medidas que deben tomarse para corregir la falla.
10. Acciones ejecutadas: La manera en que manera fue corregida la falla.
11. Responsables: Personal o individuo responsable de corregir la falla o encargado de notificar la falla.
12. Costo: Costo de la reparación de la falla.
13. Observación: Alguna información, detalle o irregularidad que quiera plasmar o notificar.

A continuación en la tabla 4.26 se muestra el formato para registro de historial de fallas.

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 18/23
			Fecha de emisión	
	Día	Mes	Año	
	1	7	2017	

Hoja de información de fallas

1. Sistema: sistema el cual presenta la avería.
2. Equipo: unidad perteneciente al sistema el cual presentó la avería.
3. Código: código perteneciente al equipo.
4. Fecha: día/mes/año el cual el equipo presento la falla.
5. Componente que presenta la falla: componente del equipo el cual presentó la avería.
6. Descripción de la falla: se refiere a la manera en que se presentó la falla y como afecta al equipo.
7. Modo de falla: Causa que originó la falla al equipo.
8. Como se detectó la falla: la manera en que pudieron percatarse en que el equipo está presentando una avería.
9. Consecuencia de la falla: la manera afecta la falla entre ellas tenemos: seguridad, ambiente, operacional entre otros.
10. Actividad de mantenimiento: acción ejecutada para corregir la falla o avería.
11. Ejecutor: persona que corrió la avería.

A continuación en la tabla 4.27 se muestra el formato de hoja de información de fallas.

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 20/23	
			Fecha de emisión		
	Día	Mes	Año		
	1	7	2017		

Formato de hoja de reporte de fallas

En la sección de reporte de falla se debe especificar lo siguiente:

1. Fecha: día/mes/año en que fue detectada la falla y su emisión del reporte.
2. Hora: se debe especificar la hora en que fue detectada la falla y la hora en que fue emitido el reporte.
3. Nombre: persona que notifica la falla.
4. Cargo: cargo del notificante de la falla presentada.
5. Firma: firma del encargado de supervisar el área de trabajo.
6. Actividad que realiza el equipo: que desempeña o realiza el equipo en el área que se encuentra.
7. Reporte de falla N°: debe especificar el número de falla que ha sido reportado el equipo.

En la sección Información del equipo se debe especificar lo siguiente:

1. Sistema: sistema en el que pertenece al equipo.
2. Nombre: nombre del equipo a reportar la falla.
3. Modelo: modelo del equipo.
4. Serial: código del equipo.
5. Estado del equipo: se debe especificar si el equipo se encuentra fuera de servicio o en funcionamiento.
6. Tipo de falla: se debe señalar si la falla presentada es evidente u oculta.
7. Afecta la seguridad del personal: se debe especificar si la falla presentada afecta o no a la seguridad del personal.
8. Tipo de mantenimiento requerido: se debe especificar si el mantenimiento a realizar es preventivo o correctivo.

A continuación en la tabla 4.28 se muestra el formato para registro de historial de fallas.

Tabla 4.28. Formato Reporte de Falla

 ÁREA DE SERVICIOS INDUSTRIALES 									
Reporte de falla									
	Fecha			Hora	Trabajador notificante de la falla				
	Día	Mes	Año		Nombre	(3)			
Detección de la falla	(1)	(1)	(1)	(2)	Cargo	(4)			
Emisión del reporte	(1)	(1)	(1)	(2)	Firma	(5)			
Actividad que realiza el equipo	(6)					Reporte de falla N°	(7)		
Información del equipo									
Sistema	(8)				Nombre	(9)			
Modelo	(10)				Serial	(11)			
Estado del equipo		Tipo de falla		Afecta la seguridad del personal		Tipo de mantenimiento requerido	Preventivo	(15)	
Fuera de servicio	En servicio	Evidente	Oculto	Si	No		Correctivo	(15)	
(12)	(12)	(13)	(13)	(14)	(14)				

Fuente: El autor (2017)

	Plan de mantenimiento Sección de Servicios Industriales		Revisión: 0	Pág 22/23
			Fecha de emisión	
	Día	Mes	Año	
	1	7	2017	

Formato de hoja de reporte de mantenimiento

1. Equipo: nombre del equipo a reportar.
2. Área: lugar donde pertenece el equipo.
3. Fecha: día/mes/año en que se realizara la actividad de mantenimiento.
4. Descripción del equipo: describir el equipo reportado.
5. Modelo: modelo del equipo en estudio.
6. Serial: serial del equipo en estudio.
7. Departamento: área al cual va dirigido este reporte.
8. Descripción del trabajo: se debe dar una breve descripción la acción que se le realizara al equipo.
9. Observaciones: alguna información u observación a agregar.
10. Horas operando: cantidad de horas en que opera el equipo.
11. Mantenimiento preventivo: la acción que se le realizada con el fin detectar si está o no fallando el equipo.
12. Mantenimiento correctivo: acción a ejecutar para corregir la falla.
13. Inicio de trabajo: fecha en que se iniciara el trabajo de mantenimiento.
14. Culminación del trabajo: fecha en que culminara el trabajo de mantenimiento.
15. Turno diario: hora en la que el equipo opera.
16. Frecuencia de mantenimiento: cada cuanto tiempo se realiza el mantenimiento.
17. Realizado por: debe especificar el nombre del trabajador o los trabajadores quien(es) realizara(n) la acción de mantenimiento e igualmente debe ser firmado por el mismo.
18. Aprobado por: nombre y firma del encargado de supervisar el trabajo de mantenimiento.

A continuación en la tabla 4.29 se muestra el formato para el reporte de mantenimiento.

Tabla 4.29. Formato Reporte de Mantenimiento

Reporte de mantenimiento		Fecha de emisión		
		Día	Mes	Año
Equipo	(1)	Hrs Operando	(11)	
Área	(2)	Mantenimiento preventivo	(12)	Revisión
Fecha	(3)	Mantenimiento correctivo	(13)	Página
Código del equipo	(4)	Inicio de trabajo	(14)	
Descripción del equipo	(5)	Culminación del trabajo	(15)	
Modelo	(6)	Turno diario	(16)	
Serial	(7)	Frecuencia de mantenimiento	(17)	
Departamento	(8)			
Descripción del trabajo	(9)			
Observaciones	(10)			
Realizado por		Aprobado por		
Nombre	(18)	Nombre	(19)	
Firma	(18)	Firma	(19)	

Fuente: El autor (2017)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Tomando en cuenta los resultados de la investigación y en virtud de los objetivos específicos establecidos, se presentan las siguientes conclusiones:

- Con este estudio se pudo evidenciar de qué manera operan y el estado en el que se encuentran los equipos del área de servicios industriales de la Lácteos los Andes, donde se pudo observar que los equipos no se encontraban en buenas condiciones, ya que muchos de estos presentan corrosión, aparte los instrumentos de medición de temperatura y presión se encuentran dañados, a consecuencia del mismo la información obtenida en mayoría fue a través de informes viejos, los equipos en su mayoría no poseen los manuales, por esta razón existe carencia de información en las fichas de especificación técnica.
- La metodología de Tony Ciliberti, permitió jerarquizar los equipos de acuerdo a los niveles de criticidad, donde resultaron 04 equipos con alta criticidad, 07 equipos con criticidad media, a través de estos resultados se seleccionaron los equipos con mayor prioridad entre ellos figuran la motobomba centrífuga de los equipos hidroneumáticos, caldera pirotubular del generador de vapor, el compresor R22 de los equipos de refrigeración y compresor tornillo perteneciente al aire comprimido, para la realización del plan de mantenimiento.
- La aplicación de la metodología Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a los subsistemas y sus componentes que resultaron ser con alta criticidad con la aplicación de la metodología de Tony Ciliberti en donde resultaron cuatro (4)

equipos críticos, de estos equipos con la aplicación del AMEF se obtuvieron un total de cinco (5) funciones, doce (12) fallas funcionales y (56) modos de falla, de esta manera se refleja la importancia operacional en cuanto a las fallas funcionales y su relación con la seguridad, ambiente y operatividad del sistema, permitiendo proponer las actividades adecuadas a las consecuencias que puedan originar.

- Se determinó el tipo de actividades a realizar mediante el Árbol Lógico de Decisiones (ALD) obteniendo como resultado lo siguiente: en cuanto a las actividades de mantenimiento a implementar se obtuvo un total de 0 tarea de detección de fallas, en tarea programada de restauración se obtuvieron 10 abarcando el 18%, tarea basada a condición se obtuvieron 45 tareas abarcando el 80% y 1 actividad de combinación de tareas abarcando el 2%, aparte arrojaron 54 fallas evidentes con el 96% y 2 fallas ocultas obteniendo el 4%, en cuanto a las consecuencias de las fallas de los equipos se obtuvieron 4 fallas con consecuencias a la seguridad con el 7%, 1 falla con consecuencia ambiental con el 2% y 51 con consecuencias operacionales abarcando el 91%.
- Se elaboraron los planes de mantenimiento compuesto por 56 actividades a realizar, según el tipo de tarea se obtuvieron (45) basadas en condición, (10) de restauración, (0) detección de fallas y (1) de combinación de tareas y según la frecuencia se clasifica en semanal, quincenal, mensual, trimestral, anual, semestral y no definido. También se incluyen formatos para el historial de fallas, información de fallas, reporte de fallas y mantenimiento.

5.2. Recomendaciones

1. Ejecutar el plan de mantenimiento con mayor prioridad para los equipos del área de servicios industriales con la finalidad de mejorar el funcionamiento de los equipos.
2. Incluir programas de capacitación y adiestramiento técnico-práctico con el equipo natural de trabajo (ENT) de la empresa, respecto a todo lo que involucra al mantenimiento, con el propósito principal de concientizar al personal en la importancia que radica el cumplimiento de las actividades de mantenimiento.
3. Extender el estudio del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) hacia todos los demás equipos que se encuentran presentes en las diversas áreas de empresa Francisco Carvajal Lácteos los Andes.
4. Disponer de repuestos en inventarios que incluyan los de mayor uso y reemplazos más frecuentes, esto para optimizar los tiempos de espera por mantenimiento.
5. Reemplazar los manómetros y medidas de temperatura que se encuentran inoperativos en el área en estudio y en las diversas áreas donde se requiera con la finalidad de poder obtener mayor precisión en cuanto a la presión del equipo.
6. Se sugiere al personal de mantenimiento dar cumplimiento con la utilización de los EPP a la hora de realizar las actividades de mantenimiento a fin de evitar enfermedades ocupacionales y accidentes laborales.
7. Extender este estudio a los demás equipos de las distintas áreas de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2006). *Introducción a la Metodología Científica*. Caracas: Editorial Episteme.

Arias, F. (1999). *Introducción a la Metodología Científica*. Caracas: Editorial Episteme.

Caura C. (2014). “Diseño De Un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.) Para Los Equipos Batch Mixer De La Empresa CPVEN, S.A. Ubicada En La Ciudad Anaco, Estado Anzoátegui”. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui, Extensión Región Centro-Sur Anaco.

Ciliberti, T (2006). Establishig Mechanical Integitv of Process Equipament using a Cirivality-based míntenace Program. Ponencia presentada en la conferencia de mantenimiento de la asociación nacional de refinadores de petróleo.

COVENIN Norma Venezolana 3049-93. (1993). *Mantenimiento: Definiciones*. Venezuela.

Flores (2015). *Plan De Mantenimiento Preventivo Centrado En Confiabilidad (M.C.C.) Para Las Unidades Motocompesoras Marca Clark De La Planta Compresora De Gas Natural Santa Ana III PDVSA Producción Gas Anaco*. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui, Extensión Región Centro-Sur Anaco.

Gelviz (2013). Diseño de planes de Mantenimiento Aplicando la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.) para los tratadores Térmicos y Calentadores del Área Operacional Campo Mata de PDVSA Producción Gas Anaco. Trabajo de grado no publicado Universidad de Oriente (UDO) – Núcleo Anzoátegui Región Centro Sur, Venezuela.

Hernández, Fernández y Baptista. (1998). Metodología de la investigación. Colombia: Editorial McGraw-Hill.

Hernández Y. J. (2015). “Planes De Mantenimiento Aplicando La Filosofía Del M.C.C. a Las bombas Reciprocantes De Las Plantas De Inyección De Agua Salada Del Área Mayor Anaco De PDVSA Gas Anaco”. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui, Extensión Región Centro-Sur Anaco.

Hurtado de B J. (2008). “Guía Teórico - Metodología Para la Investigación”. Cuarta edición.

Lácteos los Andes (2009). “manual instructivo Sout Machine Company, definiciones de los diversos equipos de la empresa”.

Norma ISO 14224 (1999). “Industrias del Petróleo y del gas natural – Recolección e intercambio de información de confiabilidad y mantenimiento para equipo”.

Norma PDVSA MM-01-01-01 (2010). Manual de mantenimiento, definiciones de mantenimiento y confiabilidad.

PDVSA SI-S-20 (2006) "Procedimientos de trabajo". Manual de seguridad industrial. Vol. 1.

Pulido, H. (1997). "Calidad Total y Productiva". Editorial: McGraw-Hill.

Norma SAE JA1011. (1999). Practicas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficies.

Norma SAE JA1012. (2002). Practicas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficies.

Palma R, Newki M. y Rodríguez V. (2003). "Tendencias Tecnológicas en Mantenimiento y Confiabilidad". Los Teques: PDVSA. INTEVEP.

Ramírez T. (1999). "Guía Teórico - Como Hacer un Proyecto de Investigación". Caracas: Panapo de Venezuela.

Sabino C., (2000) "El proceso de Investigación". Panapo. Caracas.

Salazar (2016). "Plan De Mantenimiento Basado En La Filosofía Del Mantenimiento Centrado En Confiabilidad Para Los Tornos Del Sistema De Mecanizado De La Empresa Metalock C.A. Anaco, Estado Anzoátegui". Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui, Extensión Región Centro-Sur Anaco.

Suarez D. (2007) "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C.) Programa de actualización profesional". Confima & Consultores. Puerto La Cruz.

Suarez D. (2001) “Guía Teórico – Práctico de Mantenimiento Mecánico”.
Universidad de Oriente. Núcleo Anzoátegui.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (M.C.C.) PARA LOS EQUIPOS DEL ÁREA SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA PLANTA LÁCTEOS LOS ANDES C.A., ARAGUA DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Figuera R., Pedro J.	CVLAC: 21.041.218 E MAIL: pedro_ _519@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES

Confiabilidad, descripción, contexto operacional, AMEF, árbol lógico de decisiones, mantenimiento.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Industrial

RESUMEN (ABSTRACT):

Esta investigación se realizó con la finalidad de diseñar planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C.) para los equipos del área servicios industriales de la planta Lácteos los Andes C.A., Aragua de Barcelona, estado Anzoátegui, La investigación fue de nivel descriptivo y diseño de campo. En la etapa I se realizó una descripción del contexto operacional de los equipos. En la etapa II, se determinó el nivel de criticidad de cada uno de los equipos mediante el método de Tony Ciliberti de la cual resultaron (4) equipos críticos. En la etapa III, se analizaron los modos y efectos de fallas de los equipos críticos obtenido en la etapa anterior, en la etapa IV se empleó el árbol lógico de decisiones arrojando (45) tareas a condición, (10) a restauración, (1) combinación de tareas; finalmente en la etapa V, se diseñaron los planes de mantenimiento para los equipos críticos. En conclusión los equipos críticos obtenido en este estudio fueron: motobomba centrífuga, caldera, compresor R22 y compresor tornillo, debido a que empresa cuenta con planes de mantenimiento para los equipos, se recomienda la implementación de este proyecto con el fin de lograr el buen funcionamiento de los mismos.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
MSc. Bousquet, Juan	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing. Valderrama, Rita	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	.			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing. Coa, Manuel	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2018	05	03
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (M.C.C.) PARA LOS EQUIPOS DEL ÁREA SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA PLANTA LÁCTEOS LOS ANDES C.A., ARAGUA DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI.docx	Aplicación. MS. Word

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE:

ESPACIAL:

(OPCIONAL)

TEMPORAL:

(OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Industrial

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Industrial

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente/Extensión Región Centro Sur –Anaco

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR [Firma]
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLAÑOS CUNPEL
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marja

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009) según comunicación CU-034-209:

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

Figuera R., Pedro J.
AUTOR

MSc. Bousquet, Juan
TUTOR

Ing. Valderrama, Rita
JURADO

Ing. Coa, Manuel
JURADO

Ing. Valderrama, Rita
POR LA COMISIÓN DE TESIS