

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNOLOGOS

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA MADEQUISA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE TECNOLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

CÓRDOVA DELGADO JAIME HUMBERTO

Email: jaicd19@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. LUIS FERNANDO JÁCOME JIJÓN

Email: luisfernado.jacome@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2013

DECLARACIÓN

Yo, Jaime Humberto Córdova Delgado, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jaime Córdova Delgado

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jaime Humberto Córdova Delgado, bajo mi supervisión.

Ing. Fernando Jácome
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la salud física y mental y permitirme terminar una etapa más de mi vida, dándome fuerzas para continuar el camino día a día.

A mis padres por su sacrificio, apoyo y cariño incondicional día tras día, ya que gracias a su esfuerzo puedo volver este sueño realidad.

A mis hermanos por brindarme su apoyo y cariño, por todos esos momentos grandiosos y sobre todo ser una guía para seguir adelante.

A mis maestros que nos impartieron sus conocimientos y experiencias a fin de que en el ámbito personal y laboral ser excelente persona y excelente profesional.

A mis compañeros con los cuales hemos compartido buenos y malos momentos.

A la empresa MADEQUISA CIA.LTDA por permitirme realizar el presente proyecto, en especial al Ing. Alfredo Recalde Cumba Gerente, quien facilitó el ingreso a la empresa y al personal de producción por la información brinda para el desarrollo del proyecto.

Al Ing. Fernando Jácome por su acertada guía y dirección en el desarrollo del proyecto.

En general a las personas que directa o indirectamente me apoyaron en el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIO

A mis padres Cesar y Livia, quienes con su ejemplo me han sabido guiar con su ejemplo por el buen camino, me enseñaron a ser una persona de bien y han sido mi apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mi hermana Emilia por ser mi ejemplo de superación y estar ahí en los momentos difíciles.

A mi hermano Xavier quien es el que me impulsa a seguir adelante con su sabiduría y experiencia y está ahí en los momentos de tristeza y felicidad.

A mis abuelos, tíos y primos aunque no han estado a mi lado directamente han sido importantes en el logro de esta meta.

A mis amigos Diego Lema, Diego Noguera, German y Klever con quienes he compartido momentos llenos de alegría y me han apoyado en los momentos difíciles.

Jaime

DEDICATORIA ESPECIAL

A mi abuela María Carmelina Freire que en paz descansa y Dios la tenga en su gloria, quien fue una segunda madre para mí, quien siempre estuvo ahí en los momentos tristes y alegres, con quien compartí momentos hermosos en una etapa linda de mi vida.

Jaime

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIO	IV
DEDICATORIA ESPECIAL	V
CONTENIDO.....	VI
CONTENIDO DE TABLAS	XVIII
CONTENIDO DE FIGURAS	XIX
RESUMEN	XXII
PRESENTACIÓN	XXIII
CAPITULO 1	1
GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	1
1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	1
1.1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	1
1.1.3 MISIÓN	2
1.1.4 VISIÓN	2
1.1.5 VALORES	2
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA	2
1.2.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA	2
1.2.2 DIMENSIONES DE LA PLANTA.....	3
1.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....	3

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	5
1.4 PRODUCTOS	6
1.4.1 INTRODUCCION	6
1.4.2 PRODUCTOS COMERCIALIZADOS POR LA EMPRESA MADEQUISA CIA. LTDA	6
1.4.3 CAPACIDAD PRODUCTIVA	13
1.5 PROCESOS DE PRODUCCIÓN	13
1.5.1 INTRODUCCIÓN	13
1.5.2 PROCESO DE PRESECADO	13
1.5.3 PROCESO DE SECADO	15
1.5.4 PROCESO DE SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA.....	16
1.5.5 PROCESO DE ELABORACIÓN DE BATIENTES.....	18
1.5.6 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PUERTAS SOLIDAS	19
1.5.7 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PUERTAS TAMBORADAS.....	23
1.5.8 PROCESO DE ELABORACIÓN DE TARUGOS	25
 CAPITULO 2	 34
TEORÍA DE MANTENIMIENTO	34
2.1 INTRODUCCIÓN	34
2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	34
2.3 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	35
2.4 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	36
2.4.1 OPTIMIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO PRODUCTIVO	36
2.4.1.1 Disminución de los costos de mantenimiento	36
2.4.1.2 Optimización de los recursos.....	36
2.4.1.3 Maximización de la vida de la maquinaria	37
2.4.1.4 Seguridad en el trabajo.....	37
2.4.1.5 Conservación del medio ambiente.....	37
2.4.2 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO	37

2.4.2.1 Funciones primarias	37
2.4.2.2 Función secundaria	38
2.4.3 TERMINOLOGÍA DE MANTENIMIENTO	38
2.4.3.1 Mantenibilidad.....	38
2.4.3.2 Falla	38
2.4.3.3 Confiabilidad	38
2.4.3.4 Durabilidad	38
2.4.3.5 Disponibilidad	39
2.4.3.6 Detectabilidad	39
2.5 TIPOS DE MANTENIMIENTO	39
2.5.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	39
2.5.1.1 Características del mantenimiento correctivo	39
2.5.1.2 Ventajas del mantenimiento correctivo	40
2.5.1.3 Desventajas del mantenimiento correctivo	40
2.5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	40
2.5.2.1 Características del mantenimiento preventivo	40
2.5.2.2 Ventajas del mantenimiento preventivo	40
2.5.2.3 Desventajas del mantenimiento preventivo	41
2.5.3 MANTENIMIENTO PREDECTIVO	41
2.5.3.1 Características del mantenimiento predictivo	41
2.5.3.2 Ventajas del mantenimiento predictivo	41
2.5.3.3 Desventajas del mantenimiento predictivo	42
2.5.3.4 Técnicas aplicadas en el mantenimiento predictivo	42
2.5.3.4.1 Análisis de vibraciones.....	42
2.5.3.4.2 Análisis de lubricantes	43
2.5.3.4.3 Análisis por ultrasonido	43
2.5.3.4.4 Termografía infrarroja	44
2.5.3.4.5 Inspecciones boroscópicas	44
2.5.3.4.6 Análisis de gases de escape	45
2.5.3.4.7 Radiografía industrial	45

2.5.4 MANTENIMIENTO CERO HORAS (OVERHAUL).....	46
2.5.5 MANTENIMIENTO PROACTIVO	46
2.5.5.1 Características del mantenimiento proactivo	47
2.5.5.2 Ventajas del mantenimiento proactivo	47
2.5.5.3 Desventajas del mantenimiento proactivo	47
2.5.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).....	47
2.5.6.1 Características del mantenimiento productivo total	48
2.5.6.2 Ventajas del mantenimiento productivo total	48
2.5.6.3 Desventajas del mantenimiento productivo total.....	48
2.5.7 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	49
2.5.7.1 Características del mantenimiento centrado en confiabilidad	49
2.5.7.2 Ventajas del mantenimiento centrado en confiabilidad.....	50
2.5.7.3 Desventajas del mantenimiento centrado en confiabilidad	50
2.6 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	51
2.6.1 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	51
2.6.2 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	52
2.7 HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO	52
2.7.1 RECONOCIMIENTO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.....	53
2.7.2 ANÁLISIS DE PROBLEMAS	53
2.7.3 INVENTARIO JERARQUIZADO	53
2.7.4 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PRIORITARIA.....	53
2.8 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS	54
2.8.1 FALLA.....	54
2.8.1.1 Origen de las fallas	54
2.8.1.2 Clasificación de fallas	55
2.8.1.3 Etapas de vida de un equipo	55
2.8.2 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN	57
2.8.1.1 Elaboración de la matriz de priorización	57
2.8.3 DIAGRAMA DE PARETO	58
2.8.3.1 Elaboración del diagrama de Pareto.....	59

2.8.4 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ.....	60
2.8.4.1 Elaboración del análisis causa raíz.....	61
2.8.5 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO	62
2.8.5.1 Características principales.....	62
2.8.5.2 Elaboración del diagrama causa-efecto.....	62
2.8.6 ANÁLISIS DEL ÁRBOL DE FALLAS.....	65
2.8.6.1 Elaboración de análisis de árbol de fallas.....	67
2.7.1 ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO (AMFE)	68
2.7.1.1 Objetivos del AMFE	68
2.7.1.2 Características principales de AMFE	69
2.8.7.3 Tipos de AMFE	69
8.8.7.4 Elaboración del AMFE	70
2.9 COSTOS DEL MANTENIMIENTO.....	73
2.9.1 TIPOS DE COSTO DE MANTENIMIENTO.....	74
2.9.1.1 Costos fijos	74
2.9.1.2 Costos variables	74
2.9.1.3 Costos financieros	75
2.9.1.4 Costos de fallo	75
2.9.1.4.1 Empresas productivas.....	75
2.9.1.4.2 Empresas de servicio	75
2.9.2 COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO.....	75
CAPITULO 3	76
DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA PLANTA.....	76
3.1 INTRODUCCIÓN.....	76
3.2 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL.....	76
3.2.1 ORGANIZACIÓN.....	76
3.2.2 MAQUINARIA	77
3.2.3 SEGURIDAD	77
3.2.4 MANO DE OBRA	78

3.2.5 JORNADA DE TRABAJO.....	78
3.2.6 PRESUPUESTO	78
3.2.7 MATERIALES, REPUESTOS Y HERRAMIENTAS.....	78
3.3 EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO REALIZADO EN LA EMPRESA.....	79
3.3.1 TIPO DE MANTENIMIENTO REALIZADO EN LA EMPRESA MADEQUISA CIA. LTDA.....	79
3.3.1.1 Proceso de mantenimiento correctivo.....	79
3.3.2 FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO	79
3.3.3 CODIFICACIÓN DE ACTIVOS DE PRODUCCIÓN	80
3.4 DIAGNÓSTICO DEL TIPO DE MANTENIMIENTO	80
3.5 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA MADEQUISA CIA. LTDA.....	80
3.5.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA, MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	82
3.5.2 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS.....	82
3.5.3 ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO.....	82
3.5.4 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO.....	82
3.5.4.1 Nombre del producto y componente.....	82
3.5.4.2 Operación o función.....	82
3.5.4.3 Modo de fallo	83
3.5.4.4 Efecto/s del fallo	83
3.5.4.5 Causa del fallo	83
3.5.5 Condición actual	84
3.5.5.6.1 Gravedad del fallo (G).....	84
3.5.5.6.2 Probabilidad de ocurrencia (O)	84
3.5.5.6.3 Probabilidad de no detección (D)	86
3.5.5.7 Número de prioridad de riesgo (NPR)	87
3.5.5.7.1 Acción correctora	87
3.5.5 DEFINIR RESPONSABLES.....	87
3.5.6 ACCIONES IMPLANTADAS	88
3.5.7 NUEVO NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO	88

CAPITULO 4	89
ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	89
4.1 RECONOCIMIENTO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	89
4.2 RECONOCIMIENTO DE CADA UNA DE LAS MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	89
4.3 CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS	91
4.4 RECOPIACION DE INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	93
4.5 GENERACIÓN DEL LIBRO DE REGISTRO DIARIO	94
4.5.1 FORMATO DEL LIBRO DE ACTIVIDADES DIARIAS DE MANTENIMIENTO	94
4.6 TEORIA DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	96
4.6.1 GENERADORES DE VAPOR.....	96
4.6.1.1 Definición.....	96
4.6.1.2 Componentes de un generador de vapor	97
4.6.1.2.1 Domo o hervidor.....	97
4.6.1.2.2 Hogar	97
4.6.1.2.3 Sobrecalentador y recalentador	98
4.6.1.2.4 Spray atemperador	98
4.6.1.2.5 Economizador	99
4.6.2.1.6 Precalentadores de aire	100
4.6.1.3 Clasificación de calderas	100
4.6.1.3.1 Calderas pirotubulares o de tubos de humo	101
4.6.1.3.2 Calderas acuotubulares o de tubos de agua.....	103
4.6.1.4 Combustión.....	105
4.6.1.4.1 Tipos de combustión	106
4.6.1.4.2 Rendimiento de la combustión	106
4.6.1.4.3 Control de la combustión.....	107
4.6.1.5 Combustibles	108

4.6.1.5.1 Tipos de combustible	108
4.6.1.6 Controles	108
4.6.1.6.1 Válvula principal de control de vapor	109
4.6.1.6.2 Gobernador de presión de vapor	109
4.6.1.6.3 Presostato	109
4.6.1.6.4 Corte por bajo nivel de agua y alarma	109
4.6.1.6.5 Válvula principal de vapor	110
4.6.1.6.6 Válvula de seguridad.....	110
4.6.1.6.7 Manómetro	110
4.6.1.6.8 Medidor de agua	110
4.6.1.6.9 Bomba de alimentación.....	110
4.7 SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR MADEQUISA CIA.LTDA	111
4.7.1 DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA.....	111
4.7.1.1 Especificaciones técnicas.....	112
4.7.1.2 Funcionamiento y operación.....	112
4.7.1.3 Sistemas y componentes.....	114
4.7.1.3.1 Subsistema mecánico	114
4.7.1.3.2 Subsistema eléctrico	114
4.7.1.4 Sistema alimentación de combustible.....	114
4.7.1.5 Sistema alimentación de agua.....	115
4.7.1.6 Sistema de control	116
4.7.1.7 Sistema alimentación de aire.....	119
4.7.1.8 Sistema de control, medición y seguridad	119
4.7.1.9 Componentes del sistema de generación de vapor.....	121
4.7.2 CODIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR	122
4.7.3 DEFINICIÓN DE TAREAS Y RESPONSABILIDADES	127
4.7.4 TIPOS Y CODIFICACIÓN DE FALLOS	128
4.7.5 FUNCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL GENERADOR DE VAPOR.....	129

4.7.5.1 Diagrama de Ishikawa para el generador de vapor	134
4.7.5.2 Diagrama de árbol de falla para el generador de vapor.....	135
4.7.6 TABLAS AMFE.....	136
4.7.6.1 Sistema de alimentación de combustible.....	136
4.7.6.1.1 Subsistema mecánico	136
4.7.6.1.2 Subsistema eléctrico	139
4.7.6.2 Sistema de alimentación de agua.....	141
4.7.6.2.1 Subsistema mecánico	141
4.7.6.2.2 Subsistema eléctrico	144
4.7.6.3 Sistema de control	145
4.7.6.3.1 Subsistema eléctrico	145
4.7.6.4 Sistema de alimentación de aire.....	151
4.7.6.4.1 Subsistema mecánico	151
4.7.6.4.2 Subsistema eléctrico	152
4.7.6.5 Sistema de control, medición y seguridad	153
4.7.6.5.1 Subsistema mecánico	153
4.7.6.5.2 Subsistema eléctrico	156
4.7.6.6 Componentes del sistema de generación de vapor.....	157
4.7.6.6.1 Subsistema mecánico	157
4.7.6.6.2 Subsistema eléctrico	161
4.7.7 TABLA DE ACCIONES CORRECTIVAS	162
4.7.7.1 Sistema de alimentación de combustible.....	162
4.7.7.1.1 Subsistema mecánico	162
4.7.7.1.2 Subsistema eléctrico	163
4.7.7.2 Sistema de alimentación de agua.....	164
4.7.7.2.1 Subsistema mecánico	164
4.7.7.2.2 Subsistema eléctrico	165
4.7.7.3 Sistema de control	166
4.7.7.3.1 Subsistema eléctrico	166
4.7.7.4 Sistema de alimentación de aire.....	169
4.7.7.4.1 Subsistema eléctrico	169

4.7.7.5 Sistema de control, medición y seguridad	170
4.7.7.5.1 Subsistema mecánico	170
4.7.7.5.2 Subsistema eléctrico	171
4.7.7.6 Componentes del sistema de generación de vapor	172
4.7.7.6.1 Subsistema mecánico	172
4.7.7.6.2 Subsistema eléctrico	173
4.7.8 MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES	175
CAPITULO 5	197
DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA EMPRESA MADEQUISA CIA.LTDA	197
5.1 OBJETIVO	197
5.2 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	197
5.3 MANUAL DE INSTALACIÓN DEL SERVIDOR APACHE	197
5.4 MANUAL DE COMO CREAR LA BASE DE DATOS	203
5.5 MANUAL PARA INGRESAR AL SISTEMA	207
5.6 MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA “MADEQUISA”	211
5.6.1 FORMA DE INGRESO AL SISTEMA	211
5.6.2 MENÚ PRINCIPAL	211
5.6.2.1 Módulo administración	212
5.6.2.2 Módulos del sistema	215
5.6.3 MENÚ ORDEN DE TRABAJO	216
5.6.4 MENÚ BITÁCORA	217
5.6.5 MENÚ AMFE	219
5.6.6 MENÚ DE REPORTES DEL SISTEMA	220
5.6.6.1 Reporte de Orden de Trabajo	220
5.6.6.2 Reporte de Bitácora	222
5.6.6.3 Reporte de Amfe	222

CAPITULO 6	223
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	223
6.1 CONCLUSIONES	223
6.2 RECOMENDACIONES	225
BIBLIOGRAFÍA	226
ANEXOS	227
ANEXO 1	228
DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA MADEQUISA CIA.LTDA	228
ANEXO 2	229
PROGRAMAS DE SECADO DE LA MATERIA PRIMA	229
ANEXO 3	230
DATOS DE PLACA DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS DEL GENERADOR DE VAPOR	230
ANEXO 4	231
PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA MADEQUISA CIA.LTDA	231
ANEXO 5	232
ELEMENTOS QUE CONFORMAN RELÉ TÉRMICO, CONTACTOR Y MOTOR ASINCRÓNICO DE JAULA DE ARDILLA	232
ANEXO 6	233
CATALOGO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS	233
SINAMICS G110 CPM 110 AIN Y CONTROL DE NIVEL MCDONNELL&MILLER	233

ANEXO 7.....	234
ACCESORIOS Y DIAGRAMA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	234
ANEXO 8.....	235
LUBRICACIÓN, MANIPULACION Y DAÑOS DE RODAMIENTOS	235

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. 1 Tipo de madera utilizada en los diferentes productos comercializados.....	9
Tabla 1. 2 La madera no debe presentar las siguientes características al ser clasificada.....	14
Tabla 1. 3 Características estándar de la materia prima	14
Tabla 1. 4 Orden fundamental al acumular en filas-columnas	14
Tabla 1. 5 Medidas estándar a la salida del proceso de moldurado.....	17
Tabla 2. 1 Acciones del mantenimiento centrado en confiabilidad	50
Tabla 3. 1 Clasificación de la gravedad del fallo	84
Tabla 3. 2 Clasificación de la Probabilidad de ocurrencia	85
Tabla 3. 3 Clasificación de la Probabilidad de no Detección	86
Tabla 4. 1 Inventario de las maquinas y equipos presentes en MADEQUISA CIA.LTDA.....	91
Tabla 4. 2 Formato de codificación de acuerdo al área.....	91
Tabla 4. 3 Codificación de maquinas y/o equipos en MADEQUISA CIA.LTDA.....	93
Tabla 4. 4 Clasificación de combustibles industriales	108
Tabla 4. 5 Especificaciones técnicas de la máquina térmica.....	112
Tabla 4. 6 Sistemas del Generador de Vapor	123
Tabla 4. 7 Subsistemas del Generador de Vapor.....	123
Tabla 4. 8 Listado de componentes del Generador de Vapor	127
Tabla 4. 9 Personal encargado de las diferentes áreas de producción de la empresa MADEQUISA.....	128
Tabla 4. 10 Codificación de fallas.....	128

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. 1 Ubicación de la planta	3
Figura 1. 2 Organigrama estructural MADEQUISA CIA.LTDA.	5
Figura 1. 3 Productos producidos y comercializados por MADEQUISA CIA.LTDA... ..	12
Figura 1. 4 Flujograma de proceso de presecado	27
Figura 1. 5 Flujograma de proceso de secado	28
Figura 1. 6 Flujograma de proceso de selección de materia prima	29
Figura 1. 7 Flujograma del proceso de batientes y marcos	30
Figura 1. 8 Flujograma de proceso de elaboración de puertas solidas	31
Figura 1. 9 Flujograma de proceso de elaboración puertas tamboradas	32
Figura 1. 10 Flujograma de proceso de elaboración de tarugos	33
Figura 2. 1 Evolución del mantenimiento	35
Figura 2. 2 Análisis de vibraciones	42
Figura 2. 3 Análisis por ultrasonido	44
Figura 2. 4 Termografía Infrarroja	44
Figura 2. 5 Inspección boroscópicas	45
Figura 2. 6 Analizador de gases de escape	45
Figura 2. 7 Radiografía industrial	46
Figura 2. 8 Ciclo PDCA o Deming	52
Figura 2. 9 Curva de bañera.....	56
Figura 2. 10 Ejemplo de matriz de priorización	58
Figura 2. 11 Ejemplo de diagrama de Pareto	60
Figura 2. 12 Estructura del diagrama causa-efecto	65
Figura 2. 13 Representación gráfica de un árbol de fallas	67
Figura 2. 14 Diagrama de flujo	70
Figura 4. 1 Formato de codificación para la empresa MADEQUISA CIA.LTDA	91
Figura 4. 2 Formato de hoja de libro de registro de actividades diarias de mantenimiento.....	95

Figura 4. 3 Domo o hervido o nórmamele denominado caldera.....	97
Figura 4. 4 Hogar de un generador de vapor	98
Figura 4. 5 Economizador de tubos verticales.....	99
Figura 4. 6 Economizador de tubos horizontales	100
Figura 4. 7 Calderas pirotubulares o de tubos de humo.....	101
Figura 4. 8 Caldera acuotubular o de tubos de agua	104
Figura 4. 9 Control de agua por medio de un flotador	110
Figura 4. 10 Vista general del sistema de generación de vapor.....	112
Figura 4. 11 Flujograma de operación del sistema de generación	113
Figura 4. 12 Sistema de alimentación de combustible	115
Figura 4. 13 Sistema de alimentación de agua	116
Figura 4. 14 Sistema de Control.....	118
Figura 4. 15 Sistema de Alimentación de Aire.....	119
Figura 4. 16 Sistema de control, medición y seguridad.....	120
Figura 4. 17 Componetes del sistema de generación de vapor	122
Figura 5. 1 Ventana de descarga del servidor AppServ-win32-2.5.10	198
Figura 5. 2 Forma de copiar el instalador appserv-win32-2.5.10.exe en una carpeta en el escritorio	198
Figura 5. 3 Ventana al ejecutar el instalador AppServ-win32-2.5.10.....	199
Figura 5. 4 Ventana de términos de licencia	199
Figura 5. 5 Ventana de ruta de instalación	200
Figura 5. 6 Ventana de componentes a instalar	200
Figura 5. 7 Ventana de ingreso de información al servidor	201
Figura 5. 8 Ventana de información para el ingreso a MySQL	202
Figura 5. 9 Ventana de instalación se realizo correctamente	202
Figura 5. 10 Ventana de navegador de internet Firefox	203
Figura 5. 11 Ventana para crear la base de datos	204
Figura 5. 12 Ventana donde se indica la base de datos.....	204
Figura 5. 13 Ventana para restaurar las tablas de la base de datos	205

Figura 5. 14 Ventana de localización de la base de datos	205
Figura 5. 15 Ventana de ubicación de la base de datos.....	206
Figura 5. 16 Ventana donde se muestra la información de la base de datos	207
Figura 5. 17 Ventana que contiene el sistema	207
Figura 5. 18 Ventana principal del sistema.....	208
Figura 5. 19 Ventana que muestra mensajes de error	208
Figura 5. 20 Ventana para eliminar mensajes de error	209
Figura 5. 21 Ventana del archivo de error	209
Figura 5. 22 Ventana del archivo de error corregida	210
Figura 5. 23 Ventana de ingreso al sistema	210
Figura 5. 24 Ventana de ingreso al módulo del sistema.....	211
Figura 5.25 Ventana de menú principal.....	212
Figura 5. 26 Ventana de ingreso de datos en el menú de administración	213
Figura 5. 27 Ventana que indica la información depende de otra para poder realizar ingresar los datos	215
Figura 5. 28 Ventana de los módulos del sistema Madequisa	215
Figura 5. 29 Ventana de menú orden de trabajo	217
Figura 5. 30 Ventana de menú Bitácora	218
Figura 5. 31 Ventana menú AMFE	220
Figura 5. 32 Ventana de reporte de orden de trabajo.....	221
Figura 5. 33 Ventana de reporte de orden de trabajo al editar la información.....	221
Figura 5. 34 Ventana de reporte de bitácora	222
Figura 5. 35 Ventana de reporte AMFE.....	222

RESUMEN

En el presente proyecto se elabora un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de generación de vapor de la empresa “MADEQUISA CIA.LTDA” desarrollado en 6 capítulos, que se detallan a continuación:

En el capítulo 1 se indica Las generalidades de la empresa MADEQUISA; su misión, visión, valores, infraestructura, ubicación, entre otros, además se menciona los productos elaborados y comercializados, y así como los procesos de fabricación.

El capítulo 2 contiene el marco teórico en el cual se basa el desarrollo del proyecto, aquí se define los fundamentos teóricos de mantenimiento. Además se estudian las herramientas de mantenimiento para la correcta elaboración de un plan de mantenimiento preventivo.

El Capítulo 3 detalla la idea general sobre el estado actual del mantenimiento de las máquinas y/o equipos que posee la empresa MADEQUISA y evaluación del mismo, además se analiza el tipo de mantenimiento que es factible implementar en la empresa.

El capítulo 4, se elabora el plan de mantenimiento preventivo para la empresa MADEQUISA, detallándose las actividades de mantenimiento.

El capítulo 5, se desarrolla un breve análisis y manual de funcionamiento del software elaborado para el manejo de información de mantenimiento por parte del personal de mantenimiento de la empresa MADEQUISA.

El capítulo 6 se detalla las conclusiones y recomendaciones del proyecto, para que sean acogidas dentro del área de mantenimiento de la empresa MADEQUISA.

PRESENTACIÓN

En nuestro país existe un gran número de empresas dedicadas a la elaboración de puertas sólidas, marcos y batientes, cada una tiene un objetivo definido, el mismo que es mantener un prestigio a nivel nacional e internacional en lo referente a calidad y tiempos de entrega de los mismos.

La Empresa MADEQUISA se ha dedicado por más de 30 años a la fabricación de dichos productos, utilizando para este fin una amplia infraestructura, personal capacitado, óptima materia prima y equipos y/o máquinas, que cumplen los requerimientos de la empresa.

Las máquinas y/o equipos son de gran importancia para la producción de este tipo de productos, es por eso que la empresa ve la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento con la finalidad de mejorar la vida útil.

El siguiente proyecto busca mejorar la eficacia y eficiencia de las máquinas y/o equipos de la empresa MADEQUISA, buscando el cambio de un plan de mantenimiento correctivo por un plan de mantenimiento preventivo.

A fin de que la empresa se mantenga en estado competitivo el presente trabajo propone una metodología de mantenimiento preventivo programado a los equipos críticos, para disminuir las pérdidas de producción, por paros de emergencia.

CAPITULO 1

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad en nuestro país existen un número de empresas tanto nacionales como internacionales dedicadas a la producción de puertas y batientes.

MADEQUISA es una empresa líder en la producción de puertas y batientes que se preocupa constantemente por darle a la palabra CALIDAD un significado global, empezando por la calidad humana de la empresa para luego tener excelentes productos.

El personal que trabaja en estas instalaciones, recibe constantemente asesoramiento de instructores especializados.

1.1.2 RESEÑA HISTÓRICA¹

La empresa MADEQUISA CIA. LTDA creada en la ciudad de San Francisco de Quito, empieza sus operaciones en febrero de 1980 con una planta de 500 m² en la ubicación: Avenida La prensa y Ramón Chiriboga sector de Cotocollao; el objeto de la empresa, es la explotación e industrialización de maderas, fabricación de muebles y variedad de productos para la construcción.

Con un capital social de 300.000 sucres, sus 4 socios fundadores Alfredo Recalde Cumba, Marcelo Rubio López, Alberto Moscoso Serrano y Nélsón Ontanienda Unda, decidieron compartir sus ideas, ambiciones, conocimientos y experiencias e identificaron la forma más adecuada de encaminar el funcionamiento y desarrollo de la organización.

En el año de 1989 la producción toma carácter de especialización en puertas solidas; completando las líneas de producción con marcos y batientes.

¹ Notaria segunda Dra. Ximena Moreno de Salines-Constitución de la compañía de responsabilidad limitada Denominada "Maderas Equinoccio".

En el año de 1990 formo parte de ASEM, Asociación de Exportadores Madereros y sus productos han incursionado los mercados de Venezuela, Puerto Rico, Cuba, México, Estados Unidos e Italia.

En el año de 1997 la empresa se traslada a su ubicación actual, donde continúa la interminable labor de brindar productos de altísima calidad tanto a nivel nacional e internacional.

1.1.3 MISIÓN²

Madequisa es una empresa dedicada a producir y comercializar puertas y batientes de madera, que genera fuerza de trabajo y se preocupa por desarrollar la capacidad de sus colaboradores, proporciona excelencia en la calidad de sus productos y en el servicio a nuestros clientes internos y externos.

1.1.4 VISIÓN

Ser a través del tiempo una empresa sólida, independiente y autosuficiente, líder en la producción y comercialización de variedad de productos en la línea de acabados para la construcción, que otorga servicio y satisfacción a su cliente interno y a su cliente tanto nacional como internacional.

1.1.5 VALORES

“El conjunto de valores que define las actitudes de un individuo o grupo de individuos en un momento dado y frente a las circunstancias establecidas o determinadas”. Partiendo del concepto, los valores que engloban la cultura de “MADEQUISA” son: Respeto, Seriedad y confianza, calidad en nuestro servicio, apertura y flexibilidad, honestidad.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

1.2.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA

Es una empresa ecuatoriana que su centro de operaciones se encuentra ubicada en el sector norte del distrito metropolitano de Quito en el valle de calderón, en las

² [http// www.Madequisa.com](http://www.Madequisa.com)

calles: Perdo de la Gasca N° 1 y Carapungo esquina (Panamericana Norte Km. 17), donde tiene sus instalaciones industriales y oficinas administrativas.



Figura 1. 1 Ubicación de la planta

1.2.2 DIMENSIONES DE LA PLANTA

La empresa MADEQUISA cuenta con tres galpones perfectamente diferenciados, cuya área total es de 750 m², 325 m² y 305 m².

Dos cámaras de secado cuya área total individual es de 30 m².

Área de generación de vapor cuya área total es de 24 m².

1.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Está conformada por 12 áreas las cuales se detallan a continuación:

Área de presecado, se realiza la recepción y clasificación de materia prima, para la adecuada distribución en torres al ambiente exterior.

Área secado, se procede al secado industrial mediante la adecuada utilización del sistema de generación de vapor tanto de madera presecada o verde, dependiendo de la necesidad de las áreas de producción.

Área de aserrío, se receipta, clasifica y corta la madera seca según los estándares, en esta área también se fabrica batientes.

Área de puertas sólidas, se fabrican puertas sólidas tanto para interiores y exteriores.

Área de maquinado y terminados, se procede a los acabados como lijado, masillado y estandarizado final tanto de puertas sólidas, marcos y batientes.

Área de puertas tamboradas, se produce y se empaca puertas tamboradas lisas y ruteadas.

Área de tarugos, se produce y empaca clavijas de madera.

Área de empacado, aquí se empacan la mayor parte de productos que salen del área terminados.

Área de mantenimiento, es encargada de realizar mantenimiento de la maquinaria y equipos.

Área administrativa, desde la cual se toma las decisiones tanto de personal, maquinaria y materia prima.

Área de ventas, es la responsable de ventas de materia prima y llevar la contabilidad de la empresa.

Área de almacenamiento de materia prima y productos terminados.

Área de ensambles, se produce batientes con los sobrantes de madera.

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Entre el personal de planta, administrativo y servicio de guardianía se suma un total de 19 empleados.

En un porcentaje mayoritario se mantiene el personal antiguo con experiencia mayor a 15 años.

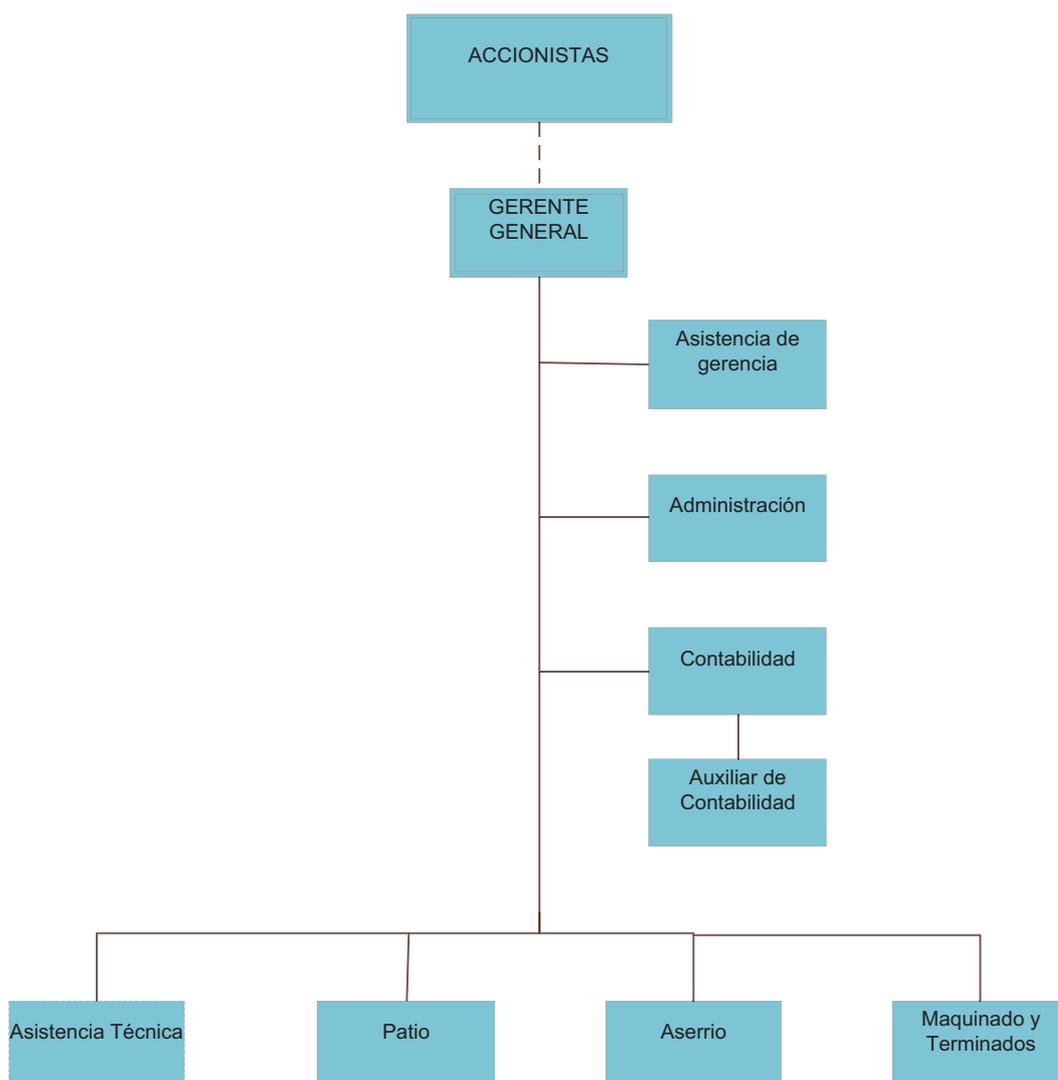


Figura 1. 2 Organigrama estructural MADEQUISA CIA.LTDA.

FUENTE: MADEQUISA CIA.LTDA.

1.4 PRODUCTOS

1.4.1 INTRODUCCION ³

La madera es un material fibroso y duro que se encuentra formado por millones de células microscópicas y longitudinales, en forma de tubos.

Desde la antigüedad la existencia de este producto natural está estrechamente relacionada con la invención de las herramientas para su explotación y determina las formas de construcción.

Las culturas primitivas utilizaron los productos de su entorno e inventaron utensilios, tecnologías constructivas y técnicas de explotación para poderlos utilizar como materiales de edificación. Su legado sirvió para el desarrollo de los nuevos métodos industriales.

En el siglo XXI la madera es reconocida como un material primordial para la construcción de muebles, puertas y estructuras arquitectónicas, sin embargo aunque su uso está en declive en la actualidad la madera sigue siendo un material importante de la construcción y diseño de interiores.

Por esta razón Madequisa cia. Ltda ha trabajado fuertemente en modernizar sus productos con la meta de satisfacer al cliente.

1.4.2 PRODUCTOS COMERCIALIZADOS POR LA EMPRESA MADEQUISA CIA. LTDA⁴

Es una empresa con 30 años de experiencia, brindando al mercado nacional e internacional puertas y batientes que cubren la necesidad de sus clientes.

Desde el año de 1992 la empresa se especializó en la elaboración de productos como puertas.

Las principales maderas para la elaboración de productos son:

³ <http://es.scribd.com/doc/66398956/Manual-Construccion-Viviendas-en-Madera-Corma-1>

⁴ Catalogo autoria Madequisa Cia. Ltda

*Colorado o Schinopsis Balansae*⁵

El Quebracho Colorado es un árbol de gran tamaño y su madera es de color castaño o rojizo de ahí proviene su nombre, es sumamente resistente a la humedad por lo que se emplea en la confección de muebles, así como en puertas para exteriores de viviendas, y de forma especial ha sido una de las principales maderas usadas para durmientes de ferrocarriles.

Con las herramientas y la técnica se logran productos para la construcción con acabados finos y duraderos.

Seique o Cedrelinga Catenaeformis

Es una madera de buena trabajabilidad con herramientas manuales o máquinas, de color similar a la Caoba y al Cedro con la ventaja de que crece más rápido y no necesita de cuidados excesivos como las otras dos especies, tiene gran demanda en el sector industrial sobretodo en la fabricación de puertas, molduras, chapas decorativas, pasamanos.

El secado de este tipo de madera es relativamente rápido, con la técnica y secaderos adecuados no presenta deformaciones o rajaduras de consideración.

Laurel o Cordia Alliodora

El laurel es una madera ampliamente utilizada en la industria; su dureza, velocidad de secado, excelente trabajabilidad, alta durabilidad natural son algunas de las características que la hacen apropiada en la fabricación de puertas, durmientes de ferrocarril, puentes, cubiertas de barcos y otros productos de la industria maderera.

Su belleza y brillo al ser trabajada junto a su dureza hacen que los productos fabricados sean resistentes a ataques de insectos, hongos y ambiente hostil.

Estas maderas por su naturaleza no necesitan ser preservadas, y reciben antes de ingresar a producción un adecuado tratamiento de inmunización contra hongos e insectos, presecado, secado al 9 – 13 % humedad y una rigurosa selección.

⁵ <http://madequisa.com>

Fibra MDF⁶

Son producidos usando troncos frescos de pino en astillas que posteriormente después de una previa descortazación, las que se lavan y se someten a un proceso termomecánico desfibrado. La fibra se mezcla con aditivos como resina, urea y cera para posteriormente pasar a un proceso de prensado a temperatura.

Tablero triplex⁷

Es una lámina formada por un número impar de capas de madera superpuestas, las capas de madera son unidas por un proceso de presión y temperatura mediante un adhesivo, creando un ensamble integral con características de igual o superior a la de la misma madera.

Son utilizadas en diversos campos, debido a sus grandes ventajas lo convierten en la materia prima esencial para muchos procesos en la industria del mueble, la construcción y la carpintería en general.

En la industria del mueble es un elemento indispensable para la fabricación de todo tipo de muebles y sus componentes como son párales, entrepaños, fondos, espaldares, tapas o puertas entre otros.

MADEQUISA CIA. LTDA, produce productos como puertas sólidas tanto para exteriores e interiores, marcos y batientes en cualquier gama de maderas como que se detalla en la siguiente

Tabla 1. 1 Tipo de madera utilizada en los diferentes productos comercializados.

Los productos comercializados podemos observar en la

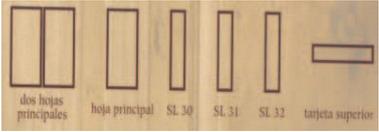
Figura 1. 3 Productos producidos y comercializados por MADEQUISA CIA.LTDA.

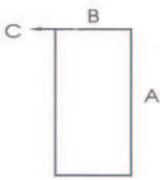
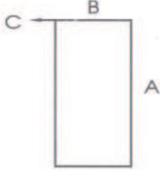
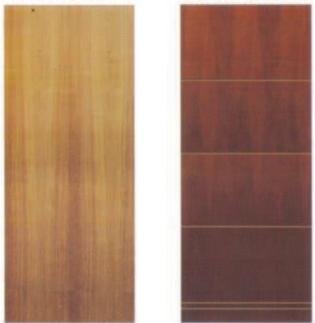
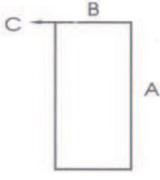
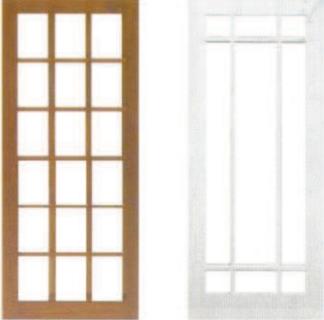
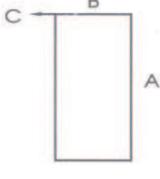
⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Tablero_de_fibra_de_densidad_media

⁷ http://www.losretales.com/files/Archivos/Productos/2_triplex%20pizano.pdf

<i>Productos Comercializados</i>	<i>Tipo De Madera</i>
PUERTAS PARA EXTERIORES DECORATIVOS	Seique- Colorado
PUERTAS MIXTAS - PANELADAS PARA INTERIORES MADERA Y MDF PUERTAS PARA INTERIORES Y EXTERIORES FRANCESAS	Seique –Colorado –Laurel
PUERTAS SÓLIDAS ESTILO RUSTICO PARA EXTERIORES – INTERIORES	Seique- Colorado (Selección de fallas naturales para resaltar su rusticidad)
PUERTAS VENECIANAS	Seique –Colorado –Laurel- MDF
PUERTA MIXTA- EMBUTIDAS PARA INTERIORES	Seique –Colorado –Laurel- MDF-Triplex
PUERTAS TAMBORADAS PARA INTERIORES	Seique–Colorado –Laurel- MDF-Triplex- Aglomerado.
TARUGOS	Seique- Colorado
MOLDURAS	Seique –Colorado –Laurel

Tabla 1. 1 Tipo de madera utilizada en los diferentes productos comercializados.

Presentación	Tipo De Puerta	Tamaño Estándar De Fabricación
 <p data-bbox="277 983 596 1010">MODELOS DE TARJETAS</p>  <p data-bbox="256 1122 619 1155">dos hojas principales hoja principal SL 30 SL 31 SL 32 tarjeta superior</p>  <p data-bbox="225 1431 651 1503">COMBINACIONES DE ESTE TIPO DE PUERTAS</p> 	<p data-bbox="711 1294 916 1413">PUERTAS PARA EXTERIORES DECORATIVOS.</p>	<p data-bbox="1018 714 1342 786">Se puede incluir marcos de 240x180x12 (cm).</p> <p data-bbox="983 848 1374 875">Puerta/s principal 204x90x4 (cm).</p> <p data-bbox="979 938 1377 965">Puerta/s laterales 204x40x4 (cm).</p> <p data-bbox="975 1028 1382 1099">Batientes y marcos de acuerdo a la necesidad.</p> <p data-bbox="1011 1162 1345 1234">Tapamarcos de acuerdo a la necesidad.</p> <p data-bbox="1059 1296 1299 1413">Puertas pueden ser: Lacadas - con vidrio. Lacadas- sin vidrio.</p>

 <p>P-2 P-2-C P-2 CRE</p>	<p>PUERTAS MIXTAS - PANELADAS PARA INTERIORES MADERA Y MDF.</p>	 <p>A.- 205 cm B.- 60-70-80-90 cm C.- 3.7 cm</p>
 <p>P-1-E P-2-E</p>	<p>PUERTA MIXTA- EMBUTIDAS PARA INTERIORES.</p>	 <p>A.- 205 cm B.- 60-70-80-90 cm C.- 3.7 cm</p>
 <p>TAMBORADA LISA TAMBORADA RUTEADA</p>	<p>PUERTAS TAMBORADAS PARA INTERIORES</p>	 <p>A.- 205 cm B.- 60-70-80-90 cm C.- 3.7 cm</p>
	<p>PUERTAS PARA INTERIORES Y EXTERIORES FRANCESAS</p>	 <p>A.- 205 cm B.- 60-70-80-90 cm C.- 3.7 cm</p>

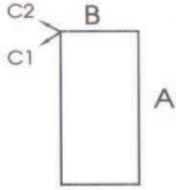
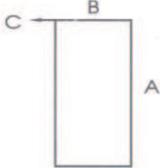
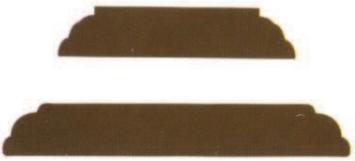
	<p>PUERTAS VENECIANAS</p>	 <p>A.- 205 cm B.- 35-40-45-50 / 60-70-80-90 cm C1.- 2.7 cm C2.-3.7 cm</p>
	<p>PUERTAS SÓLIDAS ESTILO RUSTICO PARA EXTERIORES - INTERIORES</p>	 <p>A.- 205 cm B.- 60-70-80-90 cm C.- 3.7 cm</p>
	<p>TARUGOS PARA ENSAMBLAJE DE PUERTAS Y OTROS MUEBLES</p>	<p>Diámetros: 6-8-10-12-14 mm Largos: 4 cm en adelante de acuerdo a las exigencias del cliente.</p>
	<p>MOLDURAS</p>	<p>Tamaños: 2.30x6-7-8x1.2 cm</p>

Figura 1. 3 Productos producidos y comercializados por MADEQUISA CIA.LTDA

1.4.3 CAPACIDAD PRODUCTIVA

Las diferentes áreas de producción cuentan con una apropiada infraestructura para las actividades del negocio y con un personal antiguo y de gran experiencia en la elaboración de los respectivos productos, el personal actual el 75% de operarios lleva trabajando más de 15 años.

Trabajan 8 horas al día en un solo turno de trabajo, las mismas pueden variar de acuerdo a las cantidades requeridas de producto terminado y las exigencias del cliente.

La cantidad aproximadas de materia prima producida al año es de 1080 m³.

1.5 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

1.5.1 INTRODUCCIÓN

En todo proceso existe inevitablemente pérdida de materia prima que no termina exitosamente su proceso, por ejemplo el personal encargando en la recepción de la materia prima debe tener conocimiento y experiencia para la selección idónea evitando pérdidas económicas por compra de materias primas que en procesos posteriores se descartaran.

1.5.2 PROCESO DE PRESECADO

Reduce el porcentaje de humedad relativa de la materia prima, el presecado al aire libre tiene una duración de dos a tres meses, pero en ocasiones pasa directamente al proceso de secado.

Recepción y Clasificación de materia prima

En este paso se supervisa que la materia prima llegue en buenas condiciones y según los requerimientos ordenados por el área de administración.

Se realiza inspección visual, se clasifica en madera primera, segunda y tercera. Las primeras dos cumplen los requerimientos estándar de la empresa y la tercera se procede a la respectiva devolución.

Es importante que cumpla los estándares que se puede observar en la Tabla 1. 2 La madera no debe presentar las siguientes características al ser clasificada

Calidad De La Madera	Características Importantes No Debe Tener
Primera	<ul style="list-style-type: none"> • Acebolladuras y Grietas • Ataque de insectos xilófagos • Ataque de hongos (putrefacción parda o blanca) • Fibra revirada o repelo
Segunda	<ul style="list-style-type: none"> • Decoloraciones o diferencias notables de color • Vetas irregulares • Nudos o hoyuelos • Hongos cromógenos (azulado)

Tabla 1. 2 La madera no debe presentar las siguientes características al ser clasificada

Como segundo paso se clasifica en tablones, cuartones y largueros.

Es importante que cumpla con las siguientes medidas que se puede observar en la Tabla 1. 3 Características estándar de la materia prima.

Tipo	Largo (cm)	Ancho(cm)	Profundidad (cm)
Tablones	240	24	5
Cuartones	240	18	5
Largueros	240	15	5

Tabla 1. 3 Características estándar de la materia prima

Almacenar en forma de torre

Es realizado de forma manual, se acumula en filas y columnas ,se utiliza 3 separadores de dimensiones 2,5 cm de ancho, 150 cm de largo y 5 cm de altura, separados adecuadamente uno del otro, dos en los extremos y uno en la parte media. La materia prima se coloca manteniendo un orden como se puede observar en la Tabla 1. 4 Orden fundamental al acumular en filas-columnas.

Tipo	Columnas	Filas
Tablones	20	5
Cuartones	20	6
Largueros	20	8

Tabla 1. 4 Orden fundamental al acumular en filas-columnas

Control de materia prima

Se lleva un registro del tipo de madera, la fecha en que se realiza la acumulación en filas-columnas y la cantidad en número de materia prima, este registro se coloca en una parte visible y sujeta apropiadamente.

Se puede observar en la la Figura 1. 4 Flujoograma de proceso de presecado.

1.5.3 PROCESO DE SECADO

Transportar y Acumular en filas-columnas

Se procede a transportar desde los patios de presecado tablones, cuarterones y largueros a las cámaras de secado mediante la ayuda de un montacargas hidráulico. La acumulación de filas-columnas se realiza en coches adecuadamente adaptados para este procedimiento en forma manual, se apila en torre separados adecuadamente uno del otro con 3 separadores, en este paso se puede apilar tablones, cuarterones y largueros al mismo tiempo.

En el transcurso de la acumulación de filas- columnas se toma dos tablones que se cortan a la mitad, se lo llama “testigo” o “probeta” es utilizada para conocer el porcentaje de humedad relativa y el peso del mismo, este paso es indispensable para conocer si cumple los programas de secado existente para cada tipo de madera durante el acondicionamiento de madera.

Proceso de calentamiento

Consiste en calentar el interior de la cámara sin el uso de ventiladores hasta que la temperatura llega a 50 °C, la válvula de calor debe permanecer abierta.

Proceso de vaporización

Cuando la temperatura llega a 50 °C, se energizara los ventiladores ubicados en la parte superior de la cámara de secado, se cierra la válvula de calor y se procede abrir la válvula de vapor durante 12 horas, esto hace que la humidificación sea uniforme en toda la madera.

Los termómetros de bulbo seco y húmedo deben marcar temperaturas de 55 ° C y 50 °C, cuando se encuentra en esos rangos de temperatura se coloca en el agua caliente, las misma que ingresa a las cámaras de secado químicos contra las polillas.

Proceso de deshumedecimiento

El procedimiento consiste en estabilizar las temperaturas de bulbo seco y húmedo dependiendo del programa de secado aplicado al tipo de madera, iniciando con el rango mas bajo y dependiendo mucho del porcentaje de humedad con el que ingreso la madera.

El cambio de temperatura depende del control diario que se realiza a los testigos mediante pesaje.

En general cuando la materia prima es fresca, esta en la cámara de secado durante 15 a 18 días las 24 horas, cuando se llega al día 7 se realiza mediciones diarias con el medidor de humedad hasta llegar 9% de humedad.

Anexo Programas de secado.

Proceso de Acondicionamiento

Cuando el testigo marca 9% de humedad, la madera esta lista para el último paso el cual es ingresar a las cámaras vapor durante 12 horas, en esta etapa se coloca químicos contra hongos y polillas.

Proceso de enfriamiento

Se realiza de manera paulatina, como primer paso se abre las ventoleras ubicadas en la parte superior hasta que los termómetros marque 30 °C, segundo se abre las puertas pequeñas hasta que la temperatura marque 20 °C y una vez que llegue a esta temperatura se abre las puertas grandes para que el enfriamiento sea de forma natural.

Se puede observar en la Figura 1. 5 Flujograma de proceso de secado.

1.5.4 PROCESO DE SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

Terminado el proceso de secado, se procede a la selección adecuada para batientes, marcos y puertas.

Clasificación y almacenamiento de materia prima

El personal a cargo debe tener la adecuada experiencia, se toma en consideración el color de los tablones, cuarterones y largueros y en fundamental las fallas naturales presentes en las mismas.

Los colores claros blanquizcos se utilizan normalmente para la elaboración batientes y marcos.

Los de color rojo veteados se utilizan en la elaboración de puertas.

La materia prima es almacenada adecuadamente para su respectiva utilización cuando sea meritorio o de acuerdo a los requerimientos del área de producción.

Proceso de canteado

Se realiza de forma manual con la máquina Canteadora que alisa el material curvado, cuarteado y dejándolo plano, se procede a enderezar la materia prima.

Este paso dependerá la calidad de la materia prima en las siguientes líneas de producción.

Cortes Múltiples

Se ingresa tablones de forma manual por el costado de la máquina sierra circular múltiple para cortarlos longitudinalmente, a una doble cadena de orugas, entre las cuales se determina un pequeño espacio enfrente con una o varias cuchillas circulares de corte situadas sobre una estructura. Se procede a realizar cortes en la máquina con anchos de 13, 16, 19 y 21 centímetros dependiendo de las necesidades de producción.

Proceso de moldurado

En este proceso se realiza en la máquina moldurera, se introduce los largueros de madera pre dimensionado en el paso anterior, por el costado de entrada de forma manual de la máquina, es transportada hacia los husillos que contienen cuchillas, mientras éstas giran a gran velocidad y transfieren un diseño específico a la madera.

Las piezas molduradas salen exactas y lisas para su respectiva utilización en los siguientes procesos manteniendo los estándares de producción, ver Tabla 1. 5 Medidas estándar a la salida del proceso de moldurado.

En lo general los estándares utilizados son:

<i>Larguero</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Grosor (mm)</i>
Puerta	125-155-185-215	39
Marco	120-150-180-210	35

Tabla 1. 5 Medidas estándar a la salida del proceso de moldurado

Almacenamiento

Se almacena la materia prima manteniendo un orden apropiado dependiendo si es larguero de puerta o de marco para la utilización en las siguientes líneas de producción.

Se puede observar en la Figura 1. 6 Flujograma de proceso de selección de materia prima.

1.5.5 PROCESO DE ELABORACIÓN DE BATIENTES

Clasificación de materia prima

En este paso es importante seleccionar la materia prima idónea, se realiza de forma manual, se selecciona maderas sin muchas imperfecciones y de preferencia color blanquizco.

Proceso de moldurado

Se trabaja en la máquina moldurera, se introduce los largueros seleccionados en el paso anterior, por el costado de entrada de forma manual de la máquina, se transporta hacia al husillo que contienen cuchillas adaptadas para realizar un planeado en escuadra al larguero de cuatro centímetros de ancho por 1 centímetro de profundidad mientras ésta giran a gran velocidad y transfieren el diseño al larguero.

Corte y/o Escuadrado

Se procede a realizar cortes a los largueros de manera manual con la máquina sierra radial, los largueros se colocan en posición sobre un carro corredizo que corre hacia una hoja circular que corta el mismo, el corte va a depender de la necesidad del cliente pero un larguero tiene una dimensión longitudinal de 205 centímetros y de un larguero salen dos marcos de 100 centímetros.

Terminado y revisión

Se revisa largueros y marcos de forma individual, observando posibles fallas propias de la madera, en el caso de existir se procede a corregir mediante el adecuado uso de masilla, en el caso de la falla ser demasiado grande se utiliza trozos de madera, se deja en reposo el tiempo conveniente. Terminado los pasos anteriores se lija tanto

manual como mediante el uso de la máquina lijadora-calibradora la cara superior, inferior y canto⁸.

Empacado

Una vez realizados los pasos anteriores, se empaca en tarimas de 200 largueros y se almacena de ser el caso o se factura y se envía hacia el cliente.

Ensamble Batientes

Como primer paso se procede a ensamblar dos sobras de madera que puede variar entre 2 a 10 cm de ancho que se origina como descarte en el proceso de corte y/o escuadrado en la máquina sierra circular múltiple.

Proceso de aglutinado

Se adhiere con adhesivo industrial pega blanca conocida como goma una de las caras de menor dimensión o un canto. Se coloca clavos media pulgada para que el pegamento se pegue de manera apropiada con suma precaución.

Proceso de prensado

Se prensa en las máquinas de prensado manual e hidráulicas con un tiempo estimado de 30 minutos. Después del cual se retira los clavos y se continúa con el siguiente paso.

Proceso de revisión de desperfectos

En este paso se utiliza el cepillo manual o la máquina cepilladora la cual permite dar un grueso uniforme o bien una superficie plana, la máquina cepilladora esta compuesta de un rodillo acondicionada con cuchillas con movimiento giratorio la cual pondrá las caras frontal y posterior en condición uniforme y plana.

Se puede observar en la Figura 1. 7 Flujograma del proceso de batientes y marcos.

1.5.6 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PUERTAS SOLIDAS

Las puertas solidas están formadas por un bastidor que recibe planchas de madera o tableros, en una hendidura central. Su parte principal es el bastidor, formado por dos elementos verticales o largueros y varios horizontales o travesaños que fijan los tableros. El cabezal es el travesaño superior y peinazo el travesaño de mayor ancho,

⁸ Canto es la cara lateral del larguero de menor diámetro

generalmente ubicado en la parte inferior y en algunos casos a la altura de la cerradura.

Los elementos del bastidor generalmente van unidos a través de un ensamble de caja y espiga, a menudo con una clavija de madera o tarugo como refuerzo.

Clasificación de materia prima

La óptima selección de materia prima es fundamental en la adecuada elaboración de puertas sólidas, el personal que realiza este paso debe tener experiencia y conocimiento, se selecciona largueros en buenas condiciones de preferencia sin muchas fallas naturales y de color rojizo vetado.

Corte y/o escuadrado

En este paso se corta a medias estándar largueros, travesaños, cabezales y peinazos, de acuerdo a al tipo de puerta a elaborar como se puede observar en la Figura 1. 3 Productos producidos y comercializados por MADEQUISA CIA.LTDA. Los cortes se realiza con ayuda de las sierras radiales, con esta podemos realizar cortes paralelos, transversales, rectos, oblicuos y además incisiones en la superficie de la madera.

Proceso ranura recta

Se opera de forma manual en la máquina Tupi, para el fresado se utiliza fresas cilíndricas con la anchura de la ranura en los largueros en una de sus caras laterales.

Proceso de taladrado múltiple

Se trabaja de forma manual con la máquina Taladro múltiple, es una serie de husillos colocados en una mesa larga y común. Esta dedicada a la producción en serie y realiza operaciones secuenciales sobre una. Se perforara largueros en la cara lateral donde se realizó el proceso de ranura recta en la parte superior, media e inferior, de igual manera los travesaños central, superior e inferior en las caras laterales de menor dimensión, este paso es fundamental porque permite en pasos siguientes colocar clavijas de madera o tarugo como refuerzos en el proceso de armado.

Elaboración de tableros

Se adherirá varias tablas del ancho que se necesitan de acuerdo al tipo de puerta. Las tablas se le hacen ranuras de 4 milímetros de ancho por 1 centímetro de profundidad. A las de los extremos por un solo canto y a las del medio por los dos

cantos. En estas ranuras se introducen tiras de madera o chapa de 4 milímetros por 19 milímetros de ancho, se les aplicara pega blanca a los cantos de las tablas como a las tiras de chapa. La parte más fina del tablero debe encajar en el marco o cornisa de la puerta.

Proceso de prensado de tableros

Se trabaja de forma manual, con prensas manuales adaptadas para este procedimiento, se realiza un prensado de cinco a la vez, durante un tiempo estimado de 30 minutos hasta que la pega blanca se adhiera.

Proceso de cortes curvos

Este paso va depender del tipo de puerta, se realiza de forma manual con la máquina sierra de cinta o sin fin, su uso es particularmente sencillo y seguro, con esta se ejecuta cortes curvos con mucha facilidad y cortes en maderos de gran espesor.

Finalmente se hace un diseño del modelo en el tablero que se encuentran predefinidos y se procede a realizar el corte curvo.

Proceso fresado (Moldura, contramoldura y tableros)

Este proceso es realizado de forma manual en la máquina tupí, la misma que es utiliza para la modificación de perfiles de piezas de madera, por creación de ranuras, galces, molduras, contramolduras, etc, mediante la acción de un útil recto o circular que gira sobre un eje normalmente vertical ha altas velocidades al contacto con las piezas d madera.

Fresado de tableros de puerta

Se prepara las tablas en las dimensiones a trabajar, posteriormente se coloca en la máquina tupi con una pequeña sierra para hacer los rebajes que se desee en cada tablero y según el diseño seleccionado.

El fresado de piezas curvas sin plantillas debe de tener los bordes curvos los más deslizantes posible, para que la misma se deslice contra un collarín y la cuchilla cortadora, el collarín determinará el grado de profundidad y servirá de guía en el canto curvo que se precisa moldear.

Elaboración de piezas con molduras y contramolduras

Las molduras y contramolduras, se realiza con fresas de corte, exactamente simétricas, las mismas que están diseñadas para que las piezas ensamblen de manera perfecta como los travesaños y largueros.

Las molduras se elaboran en una o más operaciones de las superficies a trabajar, su diseño estará determinado por el tipo de fresa que se escoja, o en la forma en que se combine.

Proceso de armado

Se procede a su respectivo armado, el cual es realizado por dos empleados, los bordes de menor espesor y caras inclinadas se insertan en la ranura de los largueros y travesaños.

Primer paso: Se procede a la colocación de clavijas de madera en los largueros, se toma un larguero como base, se procede a colocar el travesaño central, cabezal y peinazo de forma manual con la ayuda de martillos de goma y pega blanca para que las uniones sean fuertes.

Segundo paso: Se coloca los tableros de forma manual con el adecuado uso de pega blanca.

Tercer paso: Se coloca el larguero opuesto con el martillo de goma se martilla adecuadamente para que bastidor ingrese de forma correcta.

Cualquiera que haya sido el ensamble usado para construir las puertas, siempre se debe probar que todas las piezas encajen bien sin forzarlas antes de encolar. Hecho esto se procederá a encolar y prensar la puerta.

Proceso de prensado

Se traslada la puerta hacia la prensa hidráulica, donde se coloca cuidadosamente para evitar posibles rasgaduras o golpes que pueden causar desperfectos, el prensado tiene una duración de 15 minutos y es realizado una a la vez por la característica de la máquina.

Terminados y cortes estándar

Se opera de forma manual en la máquina sierra circular de mesa con dos empleados, no es más que una sierra circular fija a una mesa de trabajo, que tiene un dispositivo para subir o bajar el disco por lo que podemos seleccionar la profundidad de corte. En la superficie de trabajo tiene una guía paralela al disco que podemos regular para realizar cortes a la medida. También posee una guía perpendicular al disco que se usa para realizar cortes transversales a escuadra, en este paso podemos poner a medidas estándar finales.

Lijado y calibrado

Tiene por objeto dar el espesor final a la puerta, así como calidad a la superficie. Las puertas se ingresan a la máquina lijadora-calibradora la cual realiza de forma automática el lijado de la parte frontal y posterior de la puerta.

El operario es responsable de calibrar la máquina asignando rangos y el ingreso y salida de las puertas.

Embalaje y distribución

Se empaqueta a las exigencias del cliente, con la ayuda de un equipo llamado zunchadora que tiene la función de estirar, sellar y cortar el fleje accionándolo y con la ayuda del sello realiza el lacrado final. El sello usado es el de metal, en orden de puertas de mayor ancho a menor ancho.

Se puede observar en la Figura 1. 8 Flujograma de proceso de elaboración de puertas sólidas.

1.5.7 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PUERTAS TAMBORADAS

En la actualidad la empresa dispone varios modelos de puertas tamboradas:

- Puerta Texturizada (Tablero Americano) con pre acabado
- Puertas Tambor en tablero Triplex: Corriente, marco y roble.

Selección y clasificación de materia prima

Inicia con la emisión de la orden de trabajo por parte de la oficina de ventas en base a pedidos que ha solicitado el cliente.

En caso de las puertas triplex se observa que no presente fallas en una de sus caras.

Los listones utilizados son colorado, seique y laurel que no se encuentren en malas condiciones, siempre deben tener un lado en perfectas condiciones que en el momento de armando se lo coloque en la parte exterior.

Se utiliza de relleno HONEY CONB O PANAL DE ABEJAS es un cartón que al momento se lo importa desde Chile y madera.

Corte y/o escuadrado de listones, rellenos y tableros

Con la ayuda de la máquina sierra radial, se corta los listones, cabeceros y rellenos a medidas estándar de acuerdo al tipo del tipo de puerta.

Los tableros triplex se realiza un corte dependiendo de la medida especificada por el cliente dejando una tolerancia de 5 milímetros adicionales, este paso se ejecuta en la máquina doble sierra.

Proceso de estructurado

Este trabajo es realizado por dos empleados. La cual una de ellas se encarga de la elaboración de estructuras y el otro empleado de los rellenos.

Al unir estructuras, la ubicación de largueros y cabeceros es importante, se coloca la parte exterior la cara del larguero que se encuentra en buenas condiciones, los que deben tener dos orificios por cada lado, esto sirve para la sujeción de la estructura en ganchos y para la ventilación de la puerta.

El empleado que se encarga del armando de la estructura, coloca en perfecto orden los cabeceros y largueros con una distribución uniforme de adhesivo industrial.

Adicionalmente se coloca refuerzos de madera de 40 centímetros a cada lado de los largueros, que se utiliza posteriormente para colocar la cerradura y por lo tanto se colocan en la parte media de los largueros.

Proceso de prensado

Se arma un mínimo de 5 puertas antes del ingreso a la prensa. Se utiliza prensas manuales e hidráulicas, las puertas deben permanecer por un tiempo estimado de 30 minutos para evitar que salgan con fallas.

Corte y/o Escuadrado

Se lleva a la máquina escuadradora, donde se realiza los cortes finales y se pondrá a medida estándar.

Revisión de fallas

De forma visual se revisa fallas tanto en las estructuras y tableros, cabe mencionar que no se presentan muy a menudo fallas en los tableros pero es un paso obligatorio.

Cuando existe presencia de fallas, se masilla desperfectos, se agrega adhesivo industrial en las fisaduras y se procede al lijado.

En el lugar para la cerradura se coloca un sello de indicación con la fecha de elaboración.

Embalaje y despacho

Una vez realizada todas las actividades anteriores, ubicamos las puertas en bases con un mínimo de 40 puertas de tamboradas triple o texturizadas dependiendo de las exigencias del cliente. Se procede al amarre o zunchado para posteriormente embarcarlo al medio de transporte para su despacho.

Se puede observar en la Figura 1. 9 Flujograma de proceso de elaboración puertas tamboradas.

1.5.8 PROCESO DE ELABORACIÓN DE TARUGOS

Este es un subproducto que se utiliza para uniones de piezas de madera haciendo que una encaje sobre la otra.

Clasificación de materia prima

Se selecciona los desechos en mejores condiciones de colorada y seike, producidas al cortar los tablones, largueros y cuarterones en la máquina sierra circular múltiple.

Como paso anterior se transporta a la máquina universal donde se continúa a cortar en tiras largas mediante una hoja circular adaptada para la actividad y se procede a dejar una tolerancia adecuada.

Proceso de redondeado

Se transporta al área de tarugos donde se redondea las tiras de madera, el redondamente depende de exigencias del cliente.

De acuerdo al diámetro del tarugo se utiliza la fresa adecuada. Los diámetros estándar encontrados son de 6, 8, 10, 12, 14 milímetros.

Proceso de corte

Se corta en dimensiones a exigencia de producción y el cliente. La dimensión del tarugo va desde 4 centímetros en adelante dependiendo de las necesidades de venta. Se realiza de forma manual en la máquina tarugadora de corte.

Proceso de empaque

Se realiza de forma manual, cuando el corte de tarugos es de 60 centímetros se empaca en 50 unidades.

Los tarugos de menor dimensión se empacaran en una cantidad de 2000 unidades.

Se puede observar en la Figura 1. 10 Flujograma de proceso de elaboración de tarugos.

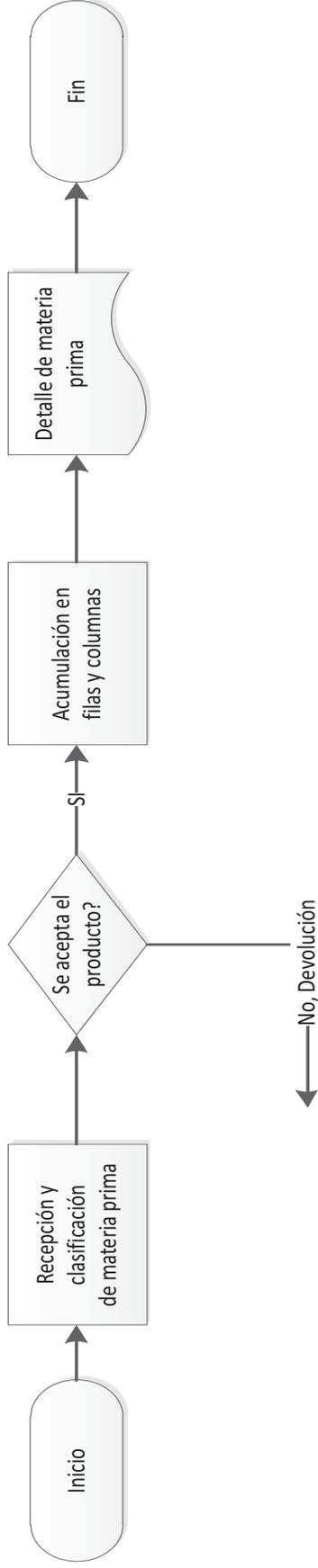


Figura 1. 4 Flujograma de proceso de presecado

FUENTE: Córdoba Jaime

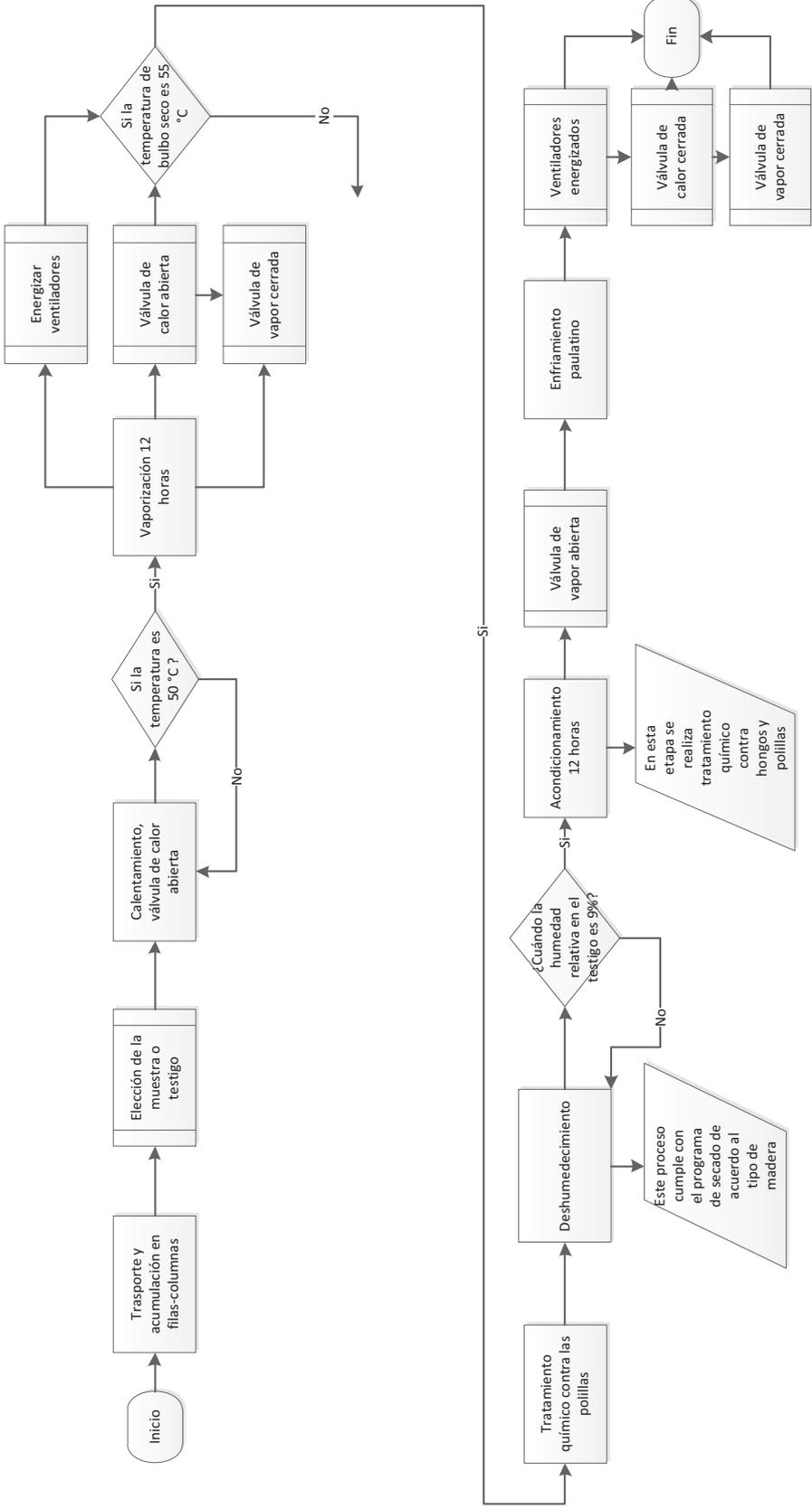


Figura 1. 5 Flujoograma de proceso de secado

FUENTE: Córdoba Jaime

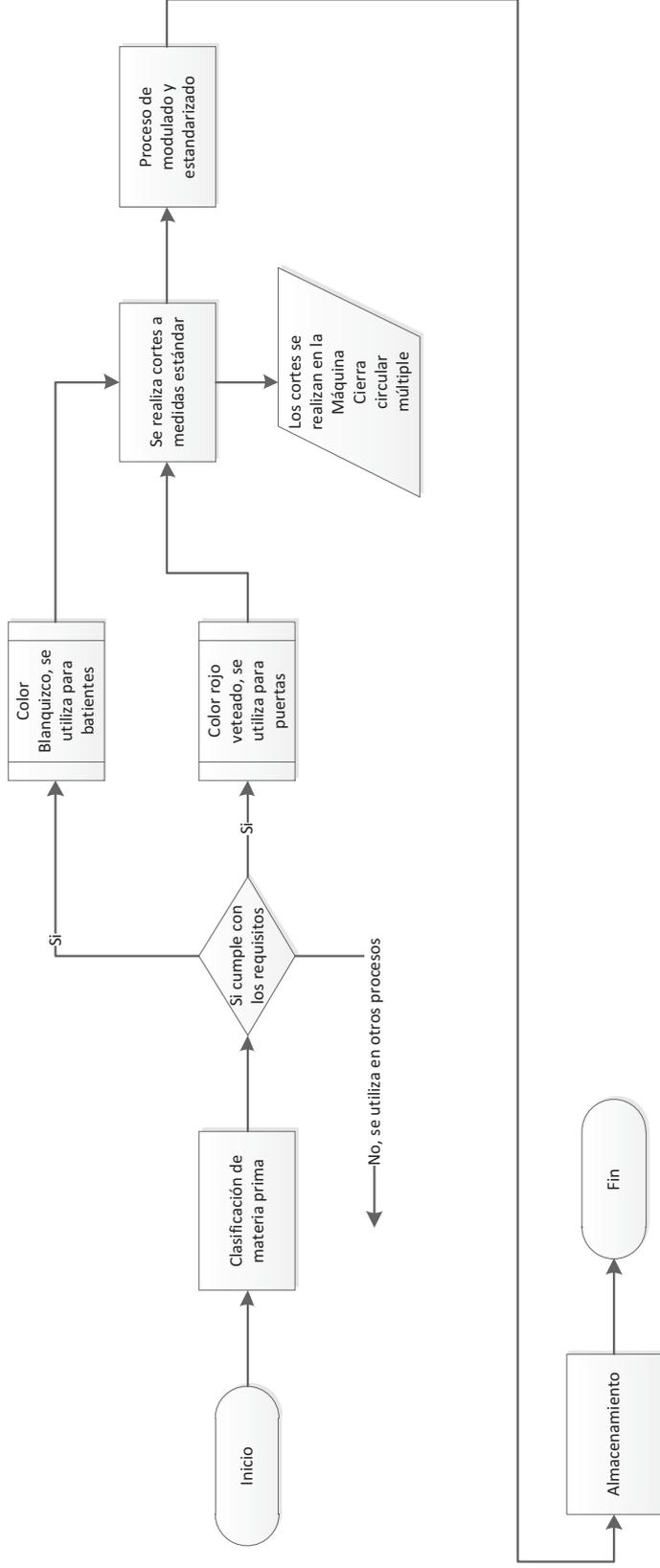


Figura 1. 6 Flujoograma de proceso de selección de materia prima

FUENTE: Córdoba Jaime

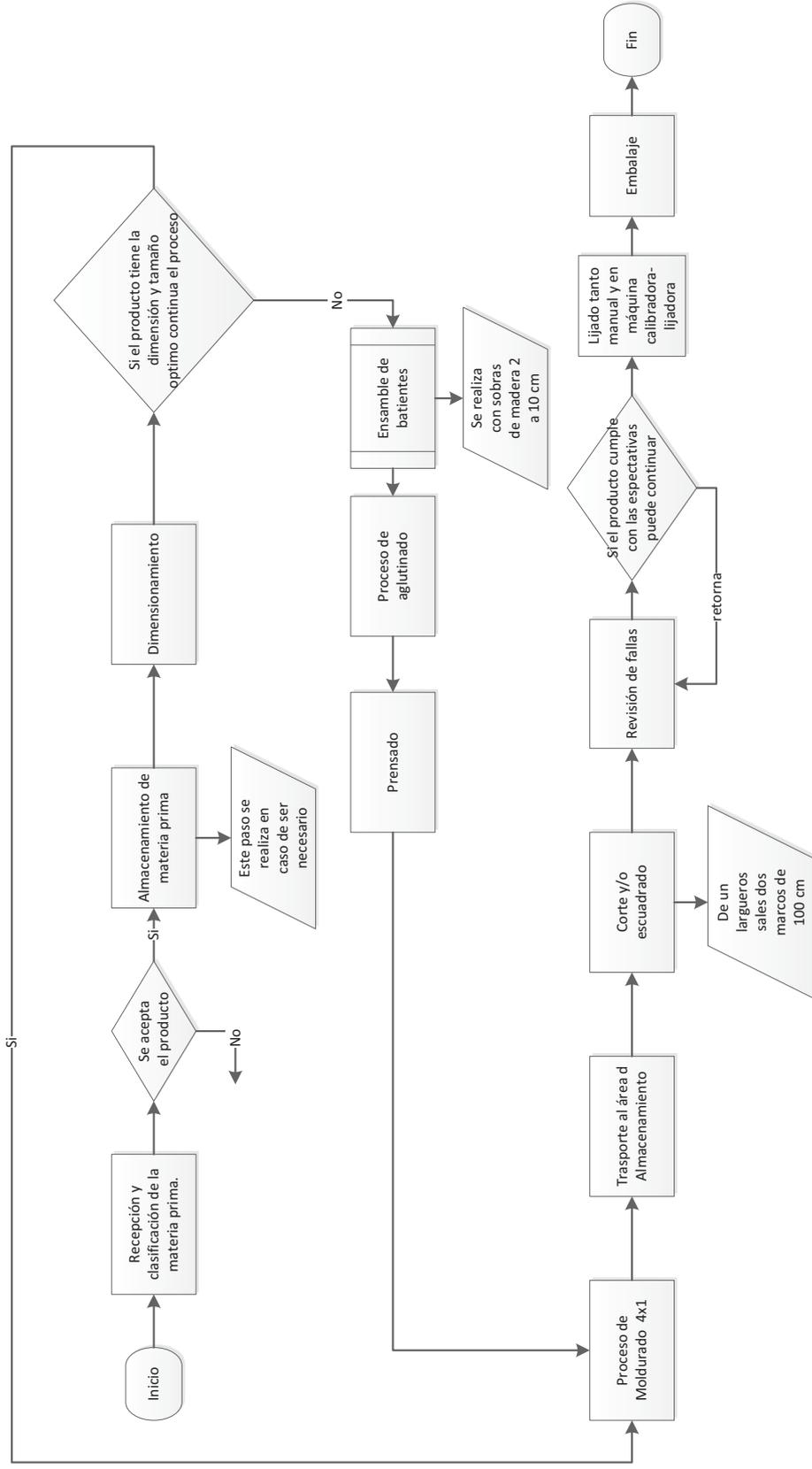


Figura 1. 7 Flujoograma del proceso de batientes y marcos

FUENTE: Córdoba Jaime

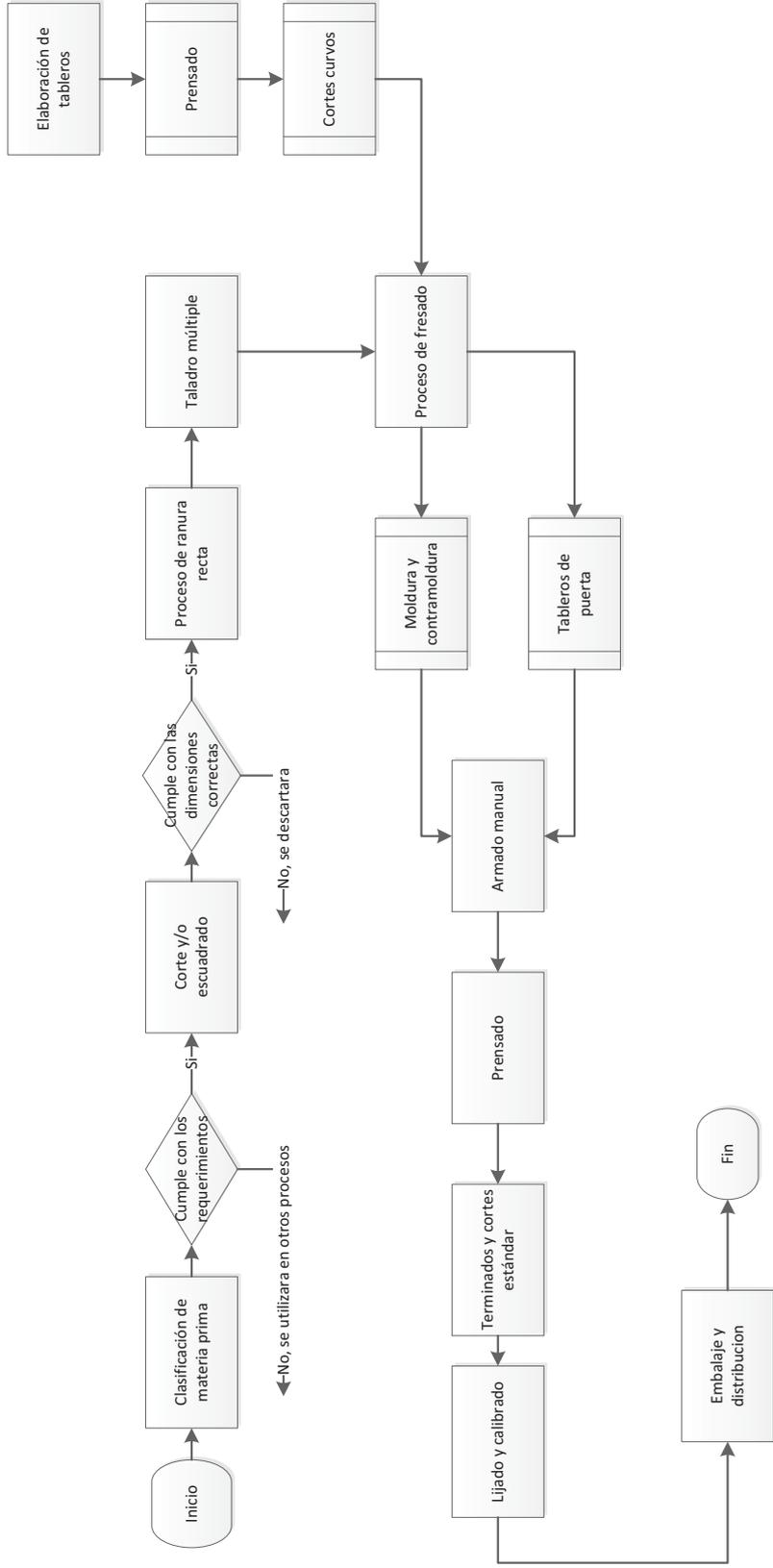


Figura 1. 8 Flujoograma de proceso de elaboración de puertas solidas

FUENTE: Córdoba Jaime

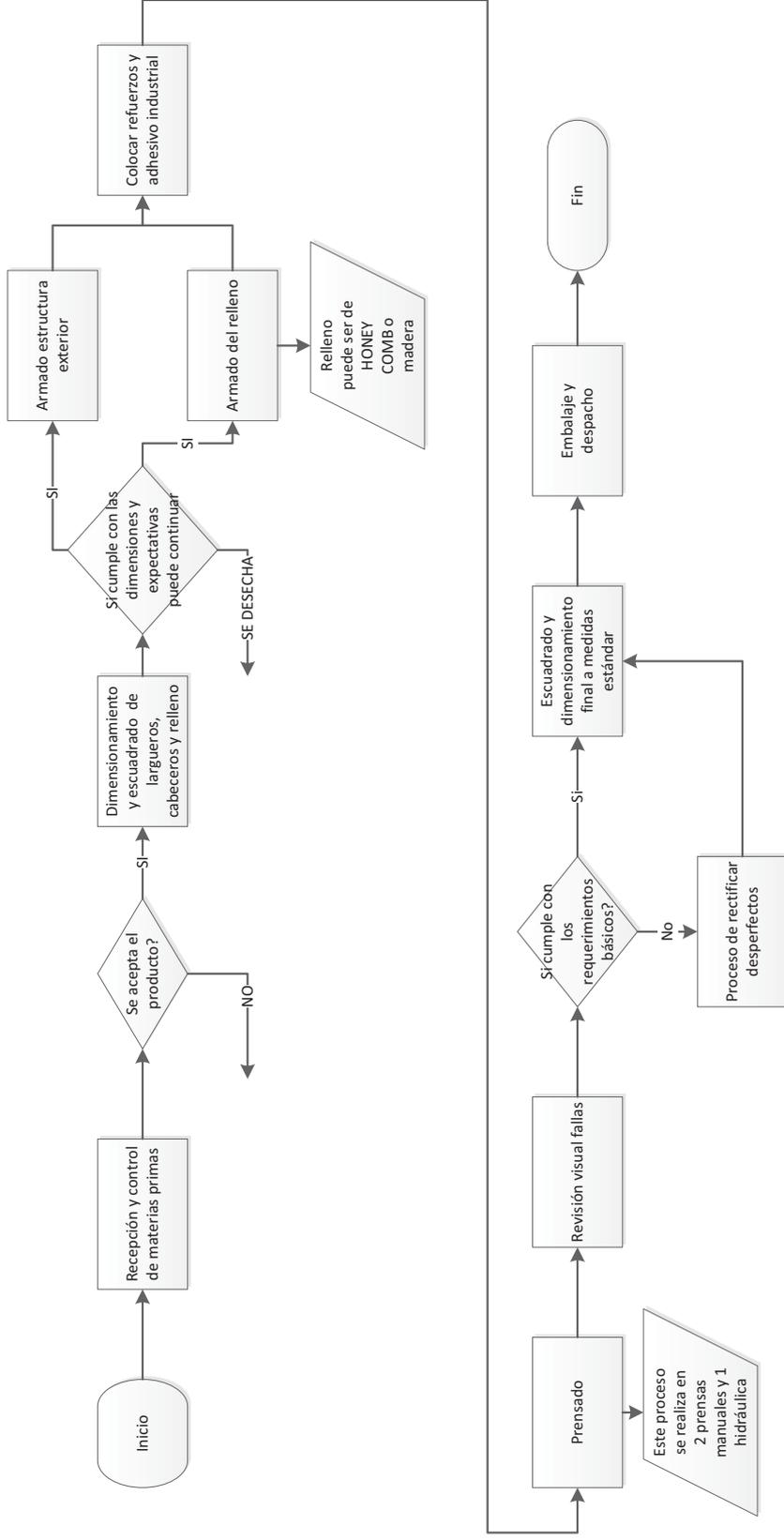


Figura 1. 9 Flujoograma de proceso de elaboración puertas tamboradas

FUENTE: Córdoba Jaime

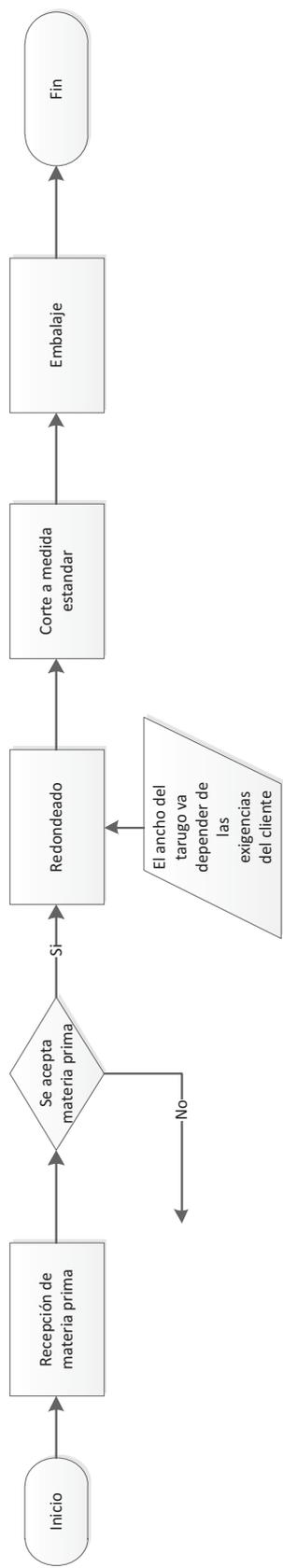


Figura 1. 10 Flujograma de proceso de elaboración de tarugos

FUENTE: Córdoba Jaime

CAPITULO 2

TEORÍA DE MANTENIMIENTO

2.1 INTRODUCCIÓN⁹

Desde la antigüedad, el hombre siempre ha tenido la necesidad de mantener su equipo, aun la más rudimentaria herramienta. La mayoría de averías se produce por el abuso y eso sigue ocurriendo en la actualidad.

La idea de reparar cuando se produce la avería ya no tiene cabida, en tiempos modernos se es consciente que esperar hasta que se produzca la avería para intervenir es incurrir en pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, pérdida de credibilidad, etc.

En la actualidad el reto de las industrias es mejor la utilización de los recursos para obtener una mejor calidad de producción. Por eso se el mantenimiento cumple una de las funciones de mayor importancia a nivel industrial permitiendo disponibilidad de equipos teniendo en cuenta los nuevos avances tecnológicos.

El mantenimiento ejecuta diferentes actividades, tales como: prueba inspección remplazo, reinstalación, detección y análisis de averías, calibración, modificación reconstrucción, lubricación y mejoramiento, a través de optimización de recursos humanos y económicos con el fin de mantener las condiciones de servicio establecidas según el diseño del equipo y de lograr el alcance de vida de los mismos o sobrepasarlos.

2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO¹⁰

El mantenimiento industrial ha evolucionado históricamente a través del tiempo, en su evolución se considera cuatro diferentes generaciones, las mismas que se detallan a continuación:

PRIMERA GENERACIÓN (1914-1945): Cubre el periodo desde la primera guerra mundial hasta la segunda guerra mundial, las industrias tenían pocas maquinas, fáciles de reparar y normalmente sobredimensionadas. Los volúmenes de producción eran

⁹http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistorySpanish.htm

¹⁰ Evolución del mantenimiento escrito por Roció Figueroa pág. 1,2.

bajos, entonces los tiempos de paro no eran importantes, la prevención de averías no era de alta prioridad, es decir que se esperaba que se produzca la falla para corregirla.

SEGUNDA GENERACIÓN (1945-1980): El tiempo improductivo comenzó a preocupar ya que se dejaban de percibir ganancias por efectos de demanda, de ahí la idea de las fallas de los equipos se debían prevenir, se caracterizó por el uso sistemas de control y planificación de mantenimiento.

TERCERA GENERACIÓN (1980-1990): El avance tecnológico y nuevas investigaciones, aumenta la mecanización y la automatización industrial con volúmenes de producción más altos, se le da importancia a los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción. Aparece el mantenimiento predictivo, proactivo, la gestión de mantenimiento asistido por ordenador, en esta generación se empieza a monitorear los parámetros, en función de las tareas que se realizan.

CUARTA GENERACIÓN (1990-): Se implementa sistemas de mejora continua, se da organización y ejecución del mantenimiento. Se establece grupos de mejora y de seguimiento de las acciones.

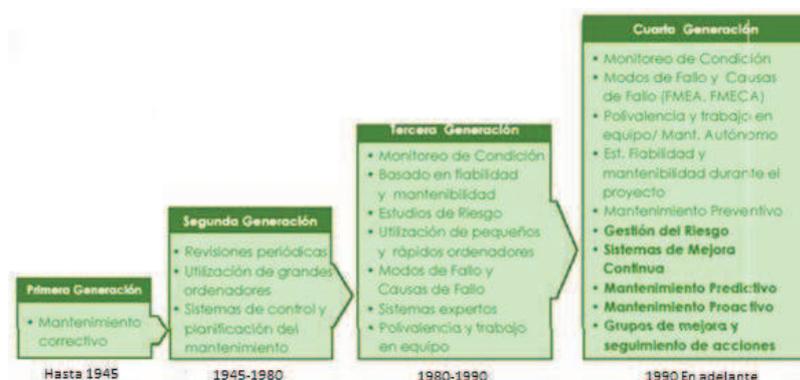


Figura 2. 1 Evolución del mantenimiento

Fuente: <http://www.willstorr.org/?p=62>.

2.3 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO¹¹

Mantenimiento no es un concepto de reparación su función es mas allá de lo mencionado, es una profesión que se dedica a la conservación de equipos e instalaciones, para asegurar que cumplan las funciones para la cual fueron adquiridas

¹¹http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/DefinicionMantSpanish.htm

con el menor de problemas posibles, para asegurar que opere el mayor tiempo posible, optimas condiciones de confiabilidad y con seguridad.

La función del mantenimiento ha sido considerada históricamente un costo necesario para los negocios, pero con el paso del tiempo y el desarrollo de nuevas tecnologías con prácticas innovadoras han colocado al mantenimiento como una parte integral de los negocios.

2.4 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO¹²

La finalidad que las personas encargadas de realizar mantenimiento es de conservar los equipos, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir la función para la que fue adquirida, pudiendo operar con seguridad y economía.

El mantenimiento siempre debe estar encaminado a la obtención de los siguientes objetivos:

2.4.1 OPTIMIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO PRODUCTIVO

Al asegurar el correcto funcionamiento de equipos e instalaciones, evitando al mínimo paradas inesperadas y realizando reparaciones en el menor tiempo posible, permite mejor la producción a su máxima capacidad y a la vez reduce los riesgos que afectan la calidad del producto.

2.4.1.1 Disminución de los costos de mantenimiento

Suprimir al máximo las averías, aumenta la vida útil de las maquinas e instalaciones, manejar de manera adecuada el stock de repuestos, de manera que la inversión de costes de mantenimiento se maneje dentro de costos anuales o presupuestos.

2.4.1.2 Optimización de los recursos

Optimizar, no es sinónimo de ahorrar se define en términos generales la mejor manera de realizar una actividad.

Al utilizar los recursos de mantenimiento de manera idónea, se puede obtener los mayores beneficios con un mínimo costo.

¹² <http://www.monografias.com/trabajos15/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml>

2.4.1.3 Maximización de la vida de la maquinaria

Al reducir al máximo las averías, aumentamos la vida útil de las maquinarias e instalaciones.

2.4.1.4 Seguridad en el trabajo

El mantenimiento representa un aspecto importante en la seguridad laboral, debido a que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos e instalaciones. Mantener la seguridad de los equipos y adiestrar al personal en las normas evita accidentes.

2.4.1.5 Conservación del medio ambiente

Mantener en condiciones idóneas las maquinas e instalaciones que pueden producir fugas de contaminantes y poluciones.

2.4.2 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO¹³

Las funciones del mantenimiento son muy amplias y diversas, son muy difíciles de definir; por eso se pueden generalizar en dos grande grupos, funciones primarias y secundarias.

2.4.2.1 Funciones primarias

Son de vital importancia y las que argumentan el sistema de mantenimiento implantado en la empresa, son las siguientes:

- Mantener reparar y revisar los equipos e instalaciones.
- Selección del personal de mantenimiento y entrenamiento adecuado de los mismos.
- Modificar, instalar, remover, equipos e instalaciones.
- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo con técnicas modernas.
- Generación y distribución de los servicios eléctricos, vapor, aire, agua, etc.
- Nuevas instalaciones de equipos y edificios.

¹³ <http://es.scribd.com/doc/57110708/13/FUNCIONES-PRINCIPALES-DEL-MANTENIMIENTO>

2.4.2.2 Función secundaria

Se encuentran vinculadas con la actividad de mantenimiento a fin que cumplan con las siguientes funciones:

- Asesorar en la compra de nuevos equipos.
- Hacer pedidos de repuestos, herramientas y suministros.
- Controlar y asegurar un inventario de repuestos y suministros.
- Mantener los equipos de seguridad y demás sistemas de protección.
- Llevar la contabilidad e inventario de los equipos.
- Cualquier otro servicio delegado por la administración.

2.4.3 TERMINOLOGÍA DE MANTENIMIENTO¹⁴

A continuación definimos alguna terminología de mantenimiento:

2.4.3.1 Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo sea restablecido a una condición específica, dentro de un periodo de tiempo dado y usando los recursos determinados.

2.4.3.2 Falla

Modificación de la característica de un bien físico de cumplir la función para la que fue adquirida.

2.4.3.3 Confiabilidad

Es la característica de un equipo para cumplir una tarea en condiciones nominales en un determinado tiempo de trabajo.

2.4.3.4 Durabilidad

Se considera como el tiempo de vida de un equipo.

¹⁴ <http://es.scribd.com/doc/7497765/Gestion-del-mantenimiento>

2.4.3.5 Disponibilidad

Se entiende como el tiempo en el cual un equipo, maquina o instalación estuvo en condiciones de ser usado, en un periodo de tiempo determinado.

2.4.3.6 Detectabilidad

La capacidad de una falla de poder ser puesta en manifiesto, antes que esta ocurra, se relaciona íntimamente con controles de detección moderna y la causa que produce la misma.

2.5 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Los tipos de mantenimiento están en función del tiempo, la empresa y en función del momento en el que se realiza.

2.5.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO¹⁵

En este tipo de mantenimiento es conocido con el nombre de emergencia o reactivo como su nombre lo dice se repara la avería una vez que se ha producido el daño.

Podemos encontrar dentro de este tipo mantenimiento dos diferentes clases:

No planificado: Se realiza de emergencia por razón de una avería imprevista o por exigencia que hay que satisfacer como problemas de seguridad, contaminación, etc.

Planificado: Se sabe con antelación que procedimientos se debe realizar en el caso de presentarse averías, de manera que cuando se detenga la actividad se cuenta con personal capacitado, herramientas, información y materiales necesarios.

2.5.1.1 Características del mantenimiento correctivo

No requiere una programación previa porque bajo este tipo de mantenimiento se actúa siempre de urgencia.

El equipo sigue en servicio hasta que no puede desempeñar su función normal.

Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.

¹⁵ http://www.solomantenimiento.com/m_correctivo.htm

2.5.1.2 Ventajas del mantenimiento correctivo

- No requiere de una organización técnica muy especializada.
- No es necesario tener una programación detallada.

2.5.1.3 Desventajas del mantenimiento correctivo

- La disponibilidad de los equipos es incierta.
- Paralizaciones en extremos costosas y prolongadas.
- Costo extra de materiales, repuestos y mano de obra que resulta de una avería imprevista que se podía evitar con un poco de atención.
- Riesgos del personal de producción.
- Molestias del personal de producción.

2.5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO¹⁶

En este tipo de mantenimiento se realizan reparaciones y cambios de elementos en el momento en que se ha cumplido su periodo de vida útil. Se realiza con el objetivo de disminuir la posibilidad de averías.

Se basa en la confiabilidad de los equipos sin tomar en cuenta las características de una instalación.

2.5.2.1 Características del mantenimiento preventivo

La característica principal del mantenimiento preventivo es la inspección de equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlos en el momento oportuno.

2.5.2.2 Ventajas del mantenimiento preventivo

- Los equipos operan en mejor condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Menor costo en reparaciones
- Disminución del tiempo muerto o tiempo de parada.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.

¹⁶ http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm

- Disminución de bienes en bodega, debido a que se ajustan repuestos de mayor y menor utilización.
- Misma carga de trabajo para el personal de mantenimiento, debido a un programación de actividades.

2.5.2.3 Desventajas del mantenimiento preventivo

- No se puede determinar con exactitud el desgaste de las piezas del equipo.
- Se requiere tanto la experiencia del personal de mantenimiento como las recomendaciones del fabricante.

2.5.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO¹⁷

El mantenimiento predictivo relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina, se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación.

Esta basado fundamentalmente en detectar la falla antes de que esta se produzca, para dar tiempo a corregirla, sin perjuicio al servicio, y sin paros de producción.

Estos controles se los puede a llevar a cabo de forma continua en función de tipos de equipos y sistemas productivos, etc.

Para llevar a cabo estos controles es indispensable contar con instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobación de temperatura en equipos eléctricos, análisis de vibraciones, etc.

2.5.3.1 Características del mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento, monitoreo de parámetros, y condiciones operativas de un equipo e instalación.

2.5.3.2 Ventajas del mantenimiento predictivo

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evaluación de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento mas reducida.

¹⁷ http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm

- Facilita el análisis de averías
- Permite un análisis estadístico del sistema.
- Permite tomar decisiones sobre la parada de una línea de maquinas en momentos críticos.
- Permite conocer el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.

2.5.3.3 Desventajas del mantenimiento predictivo

- Un monitoreo mal implementado puede permitir que la maquinaria falle.
- Es necesaria una inversión inicial significativa, equipos de detección de fallas, analizadores de vibraciones y otros equipos de costo elevado.

2.5.3.4 Técnicas aplicadas en el mantenimiento predictivo¹⁸

Existen una variedad de técnicas aplicadas en la detección de averías en el mantenimiento predictivo, pero entre las más utilizadas tenemos las siguientes:

2.5.3.4.1 Análisis de vibraciones

Se basa en la detección de fallos en equipos rotativos principalmente, a través del estudio de los niveles de vibración. El objetivo final es obtener la representación del espectro de las vibraciones de un equipo para su posterior análisis.

Para aplicarla de forma efectiva y obtener conclusiones representativas y válidas, es necesario conocer determinados datos de la máquina como son el tipo de cojinetes, de correas, número de alabes o de palas, etc, y elegir los puntos adecuados de medida. También es necesario seleccionar el analizador más adecuado a los equipos existentes en la planta.

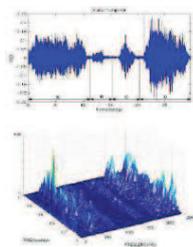


Figura 2. 2 Análisis de vibraciones

¹⁸<http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/T%C3%A9cnicas+de+Mantenimiento+predictivo+en+plantas+de+cogeneraci%C3%B3n%2C+por+Santiago+Garc%C3%ADa+Garrido>.

2.5.3.4.2 Análisis de lubricantes¹⁹

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad que puede ser:

Análisis Iniciales: se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación.

Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros

Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o Lubricante, según:

- Contaminación con agua
- Sólidos (filtros y sellos defectuosos).
- Uso de un producto inadecuado

2.5.3.4.3 Análisis por ultrasonido

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

El Ultrasonido permite:

- Detección de fricción en maquinas rotativas.
- Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
- Detección de fugas de fluidos.
- Pérdidas de vacío.
- Detección de "arco eléctrico"

¹⁹ http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/mantenimientopredictivo/default.asp.



Figura 2. 3 Análisis por ultrasonido

Fuente: http://safe-img02.olx.com.mx/ui/2/31/81/17233081_2.jpg

2.5.3.4.4 Termografía infrarroja

Es la técnica de producir una imagen visible a partir de radiación infrarroja invisible emitida por objetos de acuerdo a su temperatura superficial. La cámara termográfica es la herramienta que realiza esta transformación.

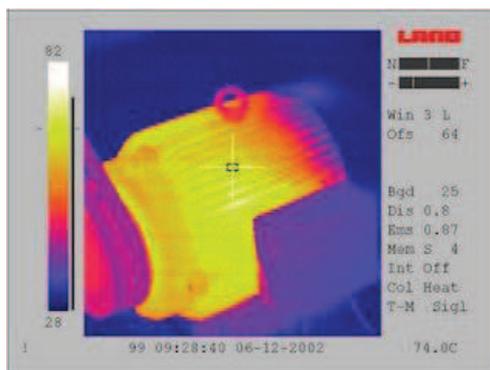


Figura 2. 4 Termografía Infrarroja

Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_U3Sfn_v6YQo/SiB6royR2xI/AAAAAAAAADk/NDy0_pJ8_1M/s320/Dibujo+3040.bmp

2.5.3.4.5 Inspecciones boroscópicas²⁰

Son inspecciones visuales en lugares inaccesibles para el ojo humano con la ayuda de un equipo óptico, se desarrolla en el área industrial a raíz del éxito de las endoscopias en humanos y animales.

Es sin duda otra herramienta imprescindible para realizar trabajos de inspección en las partes internas de determinadas máquinas sin grandes desmontajes.

²⁰ <http://www.renovetec.com/editorial/mantenimientoindustrial-vol3-predictivo.pdf>



Figura 2. 5 Inspección boroscópicas

Fuente: <http://www.calidadyconsultoria.net/boroscopia.php>

2.5.3.4.6 *Análisis de gases de escape*

El analizador de gases es el instrumento que se utiliza para determinar la composición de los gases de escape a nivel industrial.

Es capaz de medir la concentración en los gases de escape de un número determinado de compuestos gaseosos.



Figura 2. 6 Analizador de gases de escape

Fuente: http://www.directindustry.es/cat/analisis-fisicoquimico/analizadores-de-gas-detectores-de-gas-portatiles-l-273-_5.html

2.5.3.4.7 *Radiografía industrial*

Es un método de inspección que sirve para detectar defectos internos en los materiales de piezas metálicas de fundición, forjas, partes maquinadas, recipientes a presión, estructuras de puentes, edificios, industria petroquímica e industria alimenticia.

El método consiste en colocar películas radiográficas en los materiales a inspeccionar haciendo pasar a través de ellos algún tipo de radiación. Si existen defectos, estos serán detectados en las películas radiográficas una vez sean reveladas.

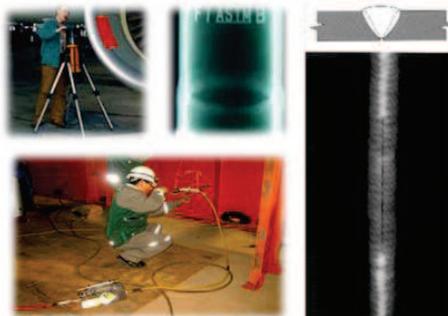


Figura 2. 7 Radiografía industrial

Fuente: <http://www.calidadyconsultoria.net/radiografia-industrial.php>

2.5.4 MANTENIMIENTO CERO HORAS (OVERHAUL)²¹

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca averías, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. Se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

2.5.5 MANTENIMIENTO PROACTIVO²²

Es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

²¹ <http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/Tipos+de+mantenimiento>

²² <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/lubproact.asp>

2.5.5.1 Características del mantenimiento proactivo

Es una técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas no los efectos.

2.5.5.2 Ventajas del mantenimiento proactivo

- Tiempo de vida de la máquina es exitoso.
- Se incrementa la confiabilidad del equipo.
- Menos fallas y por lo tanto daños secundarios.
- Tiempos de parada reducidos.
- Reducción de costos globales de mantenimiento.

2.5.5.3 Desventajas del mantenimiento proactivo

- Inversión adicional para instrumentos, sistemas y personal.
- Requiere un cambio de filosofía en todos los niveles de organización.

2.5.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)²³

El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo. Estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye cero accidentes, cero defectos, cero fallas en todo el ciclo de vida del sistema productivo.

Se aplica en todos los sectores incluyendo producción y departamentos administrativos.

Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos, la obtención de cero perdidas se logra a través del trabajo en pequeños grupos.

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implementadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios.

²³ <http://es.scribd.com/doc/57110708/5/DESVENTAJAS-DEL-MANTENIMIENTO-CORRECTIVO>

Para analizar esto, desmenuzaremos la sigla TPM, registrada por el Japan Institute of Plant Maintenance

T: Total

Algo que es total incumbe a toda la empresa. Por su complejidad, pertenece al sistema y no alguna de sus partes (áreas o departamentos).

P: Productividad

La productividad es un resultado, es la consecuencia de hacer las cosas de determinada manera y para esto es necesario saber qué hacer, tener la tecnología y practicar eficientemente la técnica.

M: Mantenimiento

En primer lugar es necesario erradicar la asociación existente de la palabra mantenimiento como sinónimo de talleres y reparaciones. Se asocia el término con la conservación, mejoramiento, disciplina, buenas prácticas y estado motivacional de todos los involucrados con el negocio.

2.5.6.1 Características del mantenimiento productivo total

El TPM busca mejorar tres áreas principales: Recursos humanos, ambiente y trabajo y equipos, es un sistema orientado a lograr cero accidentes, cero defectos y cero averías.

Servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente.

Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

2.5.6.2 Ventajas del mantenimiento productivo total

- Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.
- El concepto está unido con la idea de calidad total y mejora continua.

2.5.6.3 Desventajas del mantenimiento productivo total

- Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio.

- No puede ser introducido por imposición, requiere del convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.
- La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa.
- El proceso de implementación requiere varios años.

2.5.7 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)²⁴

Como en los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad, el mantenimiento de aeronaves ha sido un motor que activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento. Fue desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años.

Se llama mantenimiento centrado en confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada confiabilidad inherente.

No se puede lograr mayor confiabilidad que la diseñada al interior de los equipos y sistemas que la brindada por sus diseñadores. La finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

2.5.7.1 Características del mantenimiento centrado en confiabilidad²⁵

Integra una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas del medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

Mantiene mucha atención en las tareas del mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde mas beneficio va a reportar.

²⁴ <http://www.noria.com/sp/cmcm/2k3/carlosm.pdf>

²⁵ http://www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_crm.htm

ACCIONES MANTENIMIENTO TRADICIONAL	ACCIONES CON RCM
Mantenimiento para conservar los equipos en buen estado.	Mantenimiento para conservar las funciones de los activos físicos.
Mantenimiento rutinario para prevenir la falla.	Mantenimiento rutinario para evitar, reducir o eliminar las consecuencias.
El objetivo del mantenimiento era optimizar la disponibilidad de la planta a un costo bajo.	Su objetivo no es solo optimizar la disponibilidad de la planta, sino también aumentar la seguridad, la integridad ambiental, la calidad de los productos y el servicio al cliente.
La mayoría de los equipos tienden a fallar a medida que envejecen.	Se presentan modelos de fallas de los equipos determinados por curvas de probabilidad de falla contra la vida útil.
Los tres tipos de mantenimiento convencional son: Predictivo, Preventivo, Correctivo.	Con la nueva estrategia de Mantenimiento se adiciona el tipo etectivo.

Tabla 2. 1 Acciones del mantenimiento centrado en confiabilidad

2.5.7.2 Ventajas del mantenimiento centrado en confiabilidad

- Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en la empresa, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.
- Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.

2.5.7.3 Desventajas del mantenimiento centrado en confiabilidad²⁶

- El tiempo requerido para obtener resultados es relativamente largo.
- En un principio, requiere una alta inversión de recursos.

²⁶ <http://es.scribd.com/doc/55489226/EXAMEN-2-UNIDAD-2>

2.6 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO²⁷

Hasta 1980 la mayoría de industrias de los países occidentales tenían una meta bien definida, obtener a partir de una inversión dada, el máximo de rentabilidad. Cuando el cliente empezó a convertirse en un elemento importante, las decisiones tomadas tenían que ver con la calidad del producto o servicio proporcionado, de esta manera se convirtió en una necesidad para seguir teniendo un lugar competitivo dentro del mercado nacional e internacional.

Así surge la idea de tener un departamento que se responsabilice y asegure la productividad de la planta no se verá afectada por algún tipo de avería o algún paro de equipo.

La administración del mantenimiento es “la administración de todos los activos que posee una compañía, basada maximización del rendimiento sobre inversión de activos”. Sin importar el tipo de industria manufacturera y la estructura de flujo de proceso que siga, el mantenimiento juega un papel importante dentro del buen funcionamiento de las empresas, porque si se administra correctamente se puede obtener mejoras en eficiencias de máquinas y equipos, mayor productividad en la línea de producción y disminución de gastos por mantenimiento correctivo.

2.6.1 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento surgió como un costo necesario para evitar y reducir los fallos y su incidencia cuando se producen, dado que una avería del sistema representa un costo de oportunidad que debe ser eliminada.

Como toda actividad que no añade valor, debe ser un costo a eliminar, pero como todo sistema real fallará en algún momento determinado, resulta una actividad imprescindible y clave en la producción actual. Esto último es debido a que la capacidad de producción depende directamente de la disponibilidad de las máquinas.

Así surge la gestión de mantenimiento como todas actividades de diseño, planificación, y control destinadas a minimizar todos los costos asociados al mal funcionamiento de los equipos.

²⁷ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/arias_s_ll/capitulo2.pdf

Entre esas actividades se incluyen funciones típicamente asociadas al mantenimiento, estudios de posibilidad de renovación de equipos, realización de modificaciones que ayuden a fibializar y flexibilizar el funcionamiento, formación del personal de producción para la realización de pequeño mantenimiento.

2.6.2 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO²⁸

El ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) o ciclo de Deming establece la metodología básica para lograr la mejora continua en la búsqueda del aumento de la eficacia, eficiencia y la flexibilidad de los procesos.

Esta compuesta por cuatro etapas que han de ser realizadas de forma cíclica indicada en la figura 2.8.

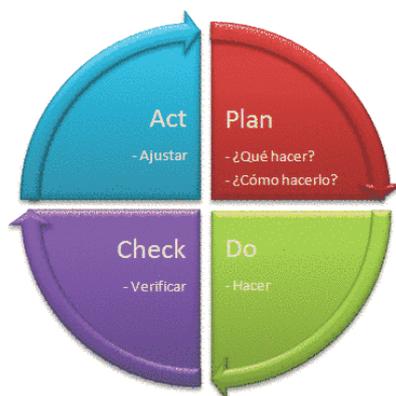


Figura 2. 8 Ciclo PDCA o Deming

Planificar: Determinar que hay que hacer y como hacerlo.

Hacer: Realizar las tareas y acciones planificadas.

Verificar: Evaluar los resultados y analizar las causas de las desviaciones observadas.

Actuar: Implantar las mejoras, nuevos estándares y normas de trabajo.

2.7 HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO²⁹

Para ejecutar y obtener resultados que ayuden a tomar decisiones, se necesita de ciertos instrumentos o herramientas que faciliten el trabajo. Gracias al uso de estas se puede planear, organizar y controlar mejor las actividades de mantenimiento.

²⁸ <http://es.scribd.com/doc/58707154/Gestion-Del-Mantenimiento-Lectura>.

²⁹ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/arias_s_ll/capitulo2.pdf

2.7.1 RECONOCIMIENTO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Es un paso de vital importancia que permite conocer la actitud del personal para realizar mantenimiento. Es imprescindible conocer estrategias de manejo de personal y ciertas herramientas jurídicas legales como:

- Código de trabajo
- Reglamento de higiene, seguridad y medio ambiente del trabajo
- Reglamento interno
- Organigrama estructural
- Organigrama funcional

2.7.2 ANÁLISIS DE PROBLEMAS

Su objetivo es minimizar las fallas y quejas de los clientes y del personal. Esta herramienta puede combinarse con otros métodos para obtener un análisis más profundo y exacto de la situación. Algunas herramientas complementarias son: Diagramas de causa y efecto y diagrama de Pareto.

2.7.3 INVENTARIO JERARQUIZADO

En una industria es importante saber cuales son los paros de los recursos que afectan más, es decir, se debe tener una clasificación de los recursos que son vitales importantes y triviales. Con diagramas de Pareto se puede determinar y jerarquizar la importancia de cada uno de los activos, esto permite conocer la capacidad y la flexibilidad que tiene la empresa.

2.7.4 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PRIORITARIA

Se debe recopilar la mayor cantidad de información que sirva de interés para mantenimiento, la información requerida es la siguiente:

- Catálogos de máquinas y/o equipos
- Planos de planta en general
- Manual de operación de máquinas y/o equipos
- Manuales técnicos
- Diagramas operacionales de las maquinas y/o equipos

- Documentos técnicos
- Reportes estadísticos

Una vez obtenida la información, se procede a codificar y guardar. Es posible que la entidad productiva no posea gran parte de esta información.

2.8 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS³⁰

Cuando un producto deja de realizar una o mas funciones, mucho antes de su vida útil, se dice que ha fallado. Estas fallas pueden causar pérdidas de vidas, paradas imprevistas de la planta, incrementos de costos de mantenimiento y reparación.

El análisis de fallas es un examen sistemático que determina la causa raíz de la falla y usar esta información para mejorar la confiabilidad.

2.8.1 FALLA³¹

El deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento.

2.8.1.1 Origen de las fallas

Mal diseño o error de cálculo en las máquinas o equipos: Se dan casos en que el propio fabricante, por desconocer las condiciones que trabajará, realiza un diseño no adecuado. Se puede estimar este error en un 12% del total de las fallas. Este tipo de falla es muy difícil de revertir, y se asume el alto índice de desperfectos.

Defectos de fabricación de las instalaciones, máquinas o equipos: Si en la fabricación se descuida el control de calidad de los materiales o de los procesos de fabricación de las piezas componentes, las maquinas e instalaciones pueden tener defectos que se subsanan remplazando la pieza defectuosa. Este tipo de error se puede encontrar en un 10,45% del total de las fallas.

Mal uso de las instalaciones, máquinas o equipos: Es el más frecuente de los casos de fallas, y se producen por falta de conocimiento del modo de operarlas, o par usarlas para realizar trabajos para los cuales no fueron diseñadas. Alcanza al 40% del total de fallas.

³⁰ <http://www.inti.gov.ar/cordoba/boletin/boletin06/pdf/1-3.pdf>

³¹ www.tecnicuay.com/.../IUT.%20DFebres.%20Def%20Fallas.ppt

Desgaste natural o envejecimiento por el uso: Debido al paso del tiempo y al trabajo cotidiano de las instalaciones, máquinas o equipos estos alcanzan niveles de desgaste, abrasión, corrosión, etc. Se estima un 10.45% del total de las fallas.

Fenómenos naturales y otras causas: Las condiciones atmosféricas pueden influir en el normal funcionamiento de las instalaciones, máquinas o equipos, y junto con otro tipo de fallas pueden ocasionar roturas y paradas de producción. Las suponemos en un 27% de las fallas totales.

2.8.1.2 Clasificación de fallas³²

Según el momento de la vida útil de un bien en el que aparecen las fallas, se pueden clasificar en:

Fallas tempranas: Las que aparecen al comienzo de la vida útil del elemento y constituyen un pequeño porcentaje del total de las fallas. Se presentan generalmente en forma repentina y pueden causar graves daños.

Fallas adultas: Son fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores.

Fallas tardías: Representan una pequeña fracción del total de las fallas y ocurren en la etapa final de la vida útil del elemento

2.8.1.3 Etapas de vida de un equipo³³

Como todos los seres vivos, los equipos tienen un principio y un fin.

Conocer las diversas etapas en la vida de los equipos, así como las características de cada una, ayuda a elevar la productividad de los mismos.

Así como los seres humanos experimentan, de manera individual, diversas épocas en su desarrollo, los equipos también manifiestan variadas etapas en su vida, hasta alcanzar la plenitud. Por tanto, los integrantes de cada equipo deben conocerlas, así como los comportamientos típicos, con la finalidad de propiciar el mejor empleo del tiempo, los recursos y las energías del equipo.

³² <http://es.scribd.com/doc/3016184/MANTENIMIENTO>

³³ www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r51782.DOC

Para conseguir un verdadero entendimiento de la manera como fallan los equipos de una planta es necesario determinar sus parámetros de falla, mediante el análisis de tiempos de vida de componentes soportado por el análisis de Weibull.

La formula de Weibull permite la forma de la curva para cada una de las 3 zonas:

$$R(t) = e^{-(t/\eta)^\beta}$$

$R(t)$ = Confiabilidad en el tiempo t

t = Tiempo considerado

η = Vida característica

β = Factor de forma

La vida característica es definida como el tiempo en el cual el 63.2% de la población habrá fallado

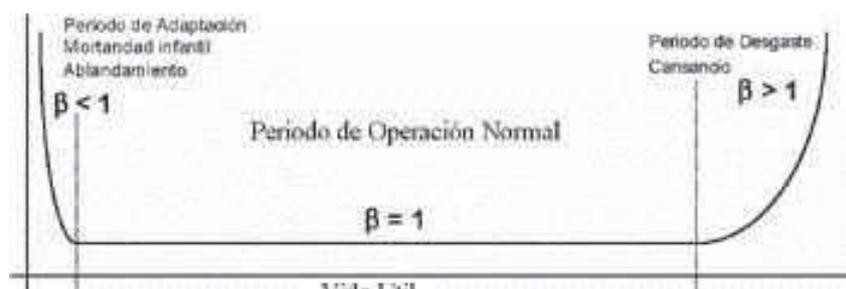


Figura 2. 9 Curva de bañera

Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/libro/Lourival/cap4.asp>

La pendiente de la curva beta (β) indica el tipo de falla presente:

$\beta = 1$ Indica fallas aleatorias.

$\beta < 1$ Indica mortalidad infantil.

$\beta > 1$ Indica que la tasa de fallos crece con el tiempo.

*Zona de mortalidad infantil*³⁴: En esta zona fallan los componentes con defectos de fabricación, por lo que la tasa de averías disminuye con el tiempo. Los fabricantes para evitar esta zona someten a sus componentes a un quemado inicial desechando los componentes defectuosos, se realiza sometiendo los componentes a determinadas condiciones extremas.

³⁴ <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

Zona de vida útil: Es la zona de mayor duración, en la que se estudia los sistemas, ya que se reemplazan antes de que alcancen la zona de envejecimiento.

Zona de envejecimiento: La tasa de averías vuelve a crecer, debido a que los componentes fallan por degradación de sus características por el transcurso del tiempo. Aun con reparaciones y mantenimiento, las tasas de fallo aumentan, hasta que resulta demasiado costoso el mantenimiento.

2.8.2 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN³⁵

Es una herramienta que ayuda a comparar y escoger entre varias opciones o alternativas de problemas o soluciones con base a criterios para fijar prioridades o tomar decisiones.

La matriz de priorización es una herramienta que permite la selección de opciones sobre la base de la ponderación y aplicación de criterios.

Hace posible, determinar alternativas y los criterios a considerar para adoptar una decisión, priorizar y clarificar problemas, oportunidades de mejora y proyectos y, en general, establecer prioridades entre un conjunto de elementos para facilitar la toma de decisiones.

2.8.1.1 Elaboración de la matriz de priorización³⁶

Paso 1: Definir el objeto

Deber ser claro y explícito.

Paso 2: Identificar opciones

Es posible que las opciones estén ya presentes, es decir, se hayan definido previamente. En caso contrario el equipo deberá generar las alternativas posibles para alcanzar el objetivo.

Paso 3: Elaborar los criterios de decisión

Si los criterios no están determinados, el equipo elabora una lista consensuada. Los criterios deben definirse nítidamente para que su significado no ofrezca duda a los miembros del equipo.

³⁵ http://es.scribd.com/francisco_ortega_4/d/48133134-Matriz-de-priorizacion

³⁶ <http://www.aiteco.com/matriz-de-priorizacion/>

Paso 4: Ponderar los criterios

Mediante una matriz tipo-L se ponderan los distintos criterios, confrontándolos con los demás. Para ello, y partiendo del eje vertical, se compara el primer criterio con los restantes, asignando el valor más apropiado según la tabla de valores existente al efecto.

Paso 5: Comparar las opciones

Se comparan todas las opciones entre sí en función de cada uno de los criterios. Se crean para ello tantas matrices tipo-L como criterios se han definido, estableciendo las comparaciones de las opciones a analizar en cada uno de los criterios.

Paso 6: Seleccionar la mejor opción

Se utiliza una matriz tipo-L en la que se compara cada opción sobre la base de la combinación de criterios. En esta matriz se sitúan los criterios en el eje vertical y las opciones en horizontal.

Macroproblemas	1. Expansión dispersa	2. Retraso en obras	3. Servicios con deficiencias	4. Contaminación ambiental	5. Inseguridad ciudadana	6. Economía dual	7. Inequidad en acceso a servicios	8. Ineficiente administración	9. Contexto	Total
1. Expansión dispersa	3	3	3	3	3	2	3	2	0	19
2. Retraso en obras	0	2	2	2	1	2	3	0	0	10
3. Servicios con deficiencias	0	0	2	2	2	2	3	0	0	9
4. Contaminación ambiental	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
5. Inseguridad	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
6. Economía dual	3	3	3	2	2	1	3	0	0	17
7. Inequidad en acceso a servicios	3	3	3	3	3	2	1	0	0	18
8. Ineficiente administración	3	3	3	3	1	2	2	2	2	19
9. Contexto	3	1	2	1	2	2	3	3	0	17

Figura 2. 10 Ejemplo de matriz de priorización

Fuente: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S199074512008000200002&script=sci_arttext.

2.8.3 DIAGRAMA DE PARETO³⁷

Consiste en un 20% de los factores o causas se concentran el 80% del efecto.

Diagrama de Pareto es útil cuando se trata de:

³⁷ <http://oe.uvigo.es/assignaturas/gestioncalidad/GCa10405.DiagramaPareto.pdf>

Mostrar la importancia relativa de las diversas causas identificadas para un determinado efecto o problema, en los casos en que este sea el resultado de la contribución de varias causas o factores.

Determinar los factores más importantes que incluyan en un determinado efecto o problema.

Decidir sobre que aspectos trabajar de manera inmediata.

Podemos decidir que esta técnica facilita la selección de los puntos débiles donde debemos focalizar los esfuerzos de mejora que presentan rentabilidad potencialmente mayor, también para determinar cuales son las principales causas de un problema.

2.8.3.1 Elaboración del diagrama de Pareto

Los pasos para elaborar el diagrama de Pareto son los siguientes:

Paso 1

Decida qué problemas se van a investigar y como recoger los datos. Ejemplo: objetos defectuosos, perdidas en términos monetarios, ocurrencia de accidentes.

Paso 2:

Decida qué datos va a necesitar y como clasificarlos. Ejemplo: por tipo de defecto, localización, proceso, máquina, trabajador, método.

Paso 3:

Defina el método de recolección de los datos y el período de duración de la recolección.

Paso 4:

Diseñe una tabla para el recuento de los datos.

Paso 5:

Analice y vuelva a ordenar la información

Paso 6:

Construya el diagrama de barras.

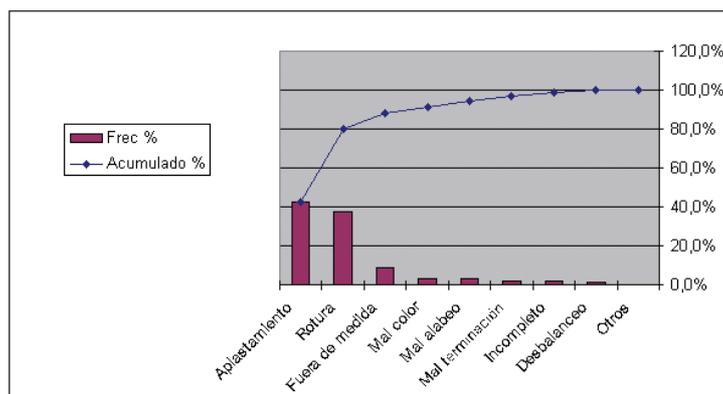


Figura 2. 11 Ejemplo de diagrama de Pareto

Fuente: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/diagramadepareto/

2.8.4 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ³⁸

Es un método de resolución de problemas dirigido a identificar sus causas o acontecimientos, se basa en el supuesto de que los problemas se resuelven mejor al tratar de corregir o eliminar las causas raíz, en vez de simplemente tratar los síntomas evidentes de inmediato.

Es un método reactivo de detección de problemas y solución. Esto significa que el análisis se realiza después de un evento ha ocurrido.

Análisis de causa raíz están conectados fundamentalmente por tres preguntas básicas:

¿Cuál es el problema? Definir (metas)

¿Por qué ocurrió? Analizar (causas)

¿Qué se hará para prevenirlo? Prevenir (soluciones)

Un análisis más profundo es mejor para ayudar a comprender los eventos y mecanismos que actuaron como raíz del problema.

Tenemos distintas aplicaciones, que incluso van más allá del mantenimiento:

- Análisis de Fallas, para encontrar fallas complejas en equipos o procesos críticos, lo cual es una aplicación reactiva
- Análisis de Fallas recurrentes de equipos o procesos críticos, lo cual es una aplicación Proactiva.
- Análisis de Modos de Falla y sus Efectos, el cual se utiliza también en el RCM2.

³⁸ <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/causaraizaltmann.pdf>

- Análisis de errores humanos, en el proceso de diseño y aplicación de procedimientos.
- Análisis de accidentes e incidentes, en sistemas de Gestión de Seguridad y
- Salud Ocupacional.

2.8.4.1 Elaboración del análisis causa raíz³⁹

Paso 1: Enfoque

Los problemas o eventos no deseables pueden ser definidos con precisión como desviaciones de la norma de rendimiento. La primera cosa que debes hacer es identificar los problemas específicos que te darán el mejor retorno en tu inversión. Para hacer esto es importante para nosotros entender que de hecho hay dos tipos de problemas con los que puedes enfrentarte; esporádicos y crónicos.

- Los problemas o eventos esporádicos son aquellos que causan una cantidad considerable de caos cuando aparecen, tienen ciertas características que son importantes que notemos.
- Los problemas o eventos crónicos por otro lado, ocurren una y otra vez, y por las mismas razones aparentes. Ocurren tan frecuentemente que son aceptados simplemente como el costo de hacer negocios. El estado normal se mantiene a pesar de su existencia continua. A diferencia de sus contrapartes esporádicas, los problemas crónicos tienen una alta frecuencia de ocurrencia y generalmente no llevan mucho tiempo para ser corregidos.

Paso 2: Preservación de la información del evento

Este es el punto en el que usted comienza a analizar un problema o evento específico. La recolección de Datos es una parte integral del Análisis de Causa Raíz (ACR). Sin los datos, es virtualmente imposible descubrir las causas raíz.

Paso 3: Ordenar el análisis del evento

La forma convencional de formar un equipo de análisis es mediante la asignación de un grupo de personas, que son expertos y tienen conocimiento relacionado directamente al evento que se está analizando. Una vez que el equipo ha sido formado, organizan un

³⁹ <http://es.scribd.com/doc/35019742/ANALISIS-CAUSA-RAIZ>

torbellino de ideas para poder deducir cómo ocurrió el evento y poder desarrollar recomendaciones para prevenir que el mismo vuelva a ocurrir.

Paso 4: Análisis del evento

Para analizar un evento o un problema hasta sus causas raíz más profundas, se utiliza una metodología de disciplina. Sin una metodología de disciplina, está destinado a descubrir las causas raíces incorrectas y por lo tanto implementar las soluciones incorrectas a lo que en realidad está causando el problema.

Paso 5: Comunicación de lo encontrado y emisión de recomendaciones

Cuando el análisis ha sido completado y se han determinado las soluciones, es tiempo de convertirse en vendedor. Para que el analista tenga éxito comunicando sus hallazgos y haciendo recomendaciones a la administración sobre causas identificadas, primero deben darse cuenta la posición de la administración con respecto al análisis.

Paso 6: Totalización de los resultados de las recomendaciones tomadas

Es una actividad sin valor agregado si no se actúa sobre las recomendaciones y las soluciones no son implementadas en el tiempo establecido.

2.8.5 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO⁴⁰

Es una representación grafica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado.

2.8.5.1 Características principales

Impacto visual: Muestra las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara, precisa y de un solo golpe de vista.

Capacidad de comunicación: Muestra las capacidades interrelacionadas causa-efecto permitiendo una mejor comprensión del fenómeno de estudio, incluso en situaciones muy complejas.

2.8.5.2 Elaboración del diagrama causa-efecto

Paso 1: Definir, sencilla y brevemente, el efecto o fenómeno cuyas causas han de ser identificadas.

⁴⁰http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_causa_efecto.pdf

El efecto debe ser:

Específico

Para que no sea interpretado de diferente forma por los miembros el grupo de trabajo, y para que las aportaciones se concentren sobre el auténtico efecto a estudiar.

No sesgado

Para no excluir posibles líneas de estudio sobre el efecto objeto del análisis.

Es conveniente definirlo por escrito especificando que es lo que incluye y lo que excluye.

Paso 2: Colocar el efecto dentro del rectángulo a la derecha de la superficie de escritura y dibujar una flecha, que corresponde al eje central del diagrama, de izquierda a derecha, apunta hacia el efecto.

Paso 3: Identificar las posibles causas que contribuyen al efecto o fenómeno de estudio.

Atendiendo a las características y particularidades del grupo del grupo de trabajo y a las del problema analizado, se decidirá cual de los enfoques existentes para desarrollar este paso es el más adecuado:

Tormenta de ideas.

Proceso lógico paso a paso.

Paso 4: Identificar las causas principales e incluirlas en el diagrama

Se identifican las causas o clases de causas mas generales en la contribución al efecto. Esta clasificación será tal que cualquier idea de los miembros del grupo podrá ser asociada a alguna de dichas causas.

Se escriben en un recuadro y se conectan con la línea central.

Paso 5: Añadir causas para cada rama principal

En este paso se rellenan cada una de las ramas principales con sus causas del efecto enunciado, es decir las causas de las causas principales. Para incluir estas en el diagrama se escriben al final de unas líneas, paralelas a la de la flecha central, conectadas con la línea principal correspondiente.

Paso 6: Añadir causas subsidiarias para las subcausas anotadas

Cada una de estas causas se coloca al final de una línea que se traza para conectar con la línea asociada al elemento al que afecta y paralela a la línea principal o flecha central.

Este proceso continúa hasta que cada rama alcanza una raíz, pueden ser:

- Es causa del efecto que estemos analizando.
- Es controlable directamente.

Paso 7: Comprobar la validez lógica de cada cadena causal

Para cada causa raíz leer el diagrama en dirección al efecto analizado, asegurándose de que cada cadena causal tiene sentido lógico y operativo.

Paso 8: Comprobar la integración del diagrama

Finalmente debemos comprobar, en una visión de conjunto del Diagrama la existencia de ramas principales que:

- Tienen menos de 3 causas.
- Tienen, apreciablemente, más o menos causas que las demás.
- Tienen menos niveles de causas subsidiarias que las demás.
- La existencia de alguna de estas circunstancias no significa un defecto en el diagrama pero sugiere una comprobación del proceso.

Paso 9: Conclusión y resultado

El resultado de la utilización de esta herramienta es un diagrama ordenado de posibles causas que contribuyen a un efecto.

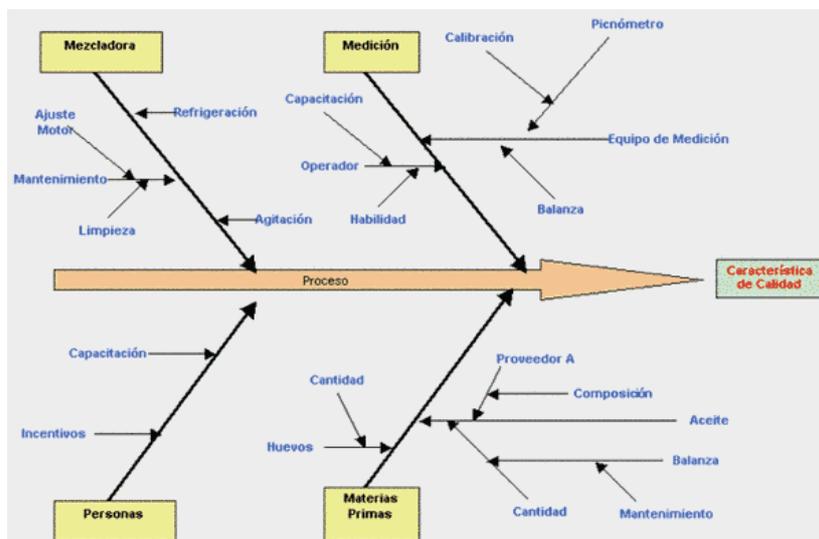


Figura 2. 12 Estructura del diagrama causa-efecto

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos42/diagrama-causa-efecto/diagrama-causa-efecto2.shtml>

2.8.6 ANÁLISIS DEL ÁRBOL DE FALLAS⁴¹

Son herramientas excelentes para localizar y corregir fallas. Pueden usarse para prevenir o identificar fallas antes de que ocurran, pero se usan con más frecuencia para analizar accidentes o como herramientas investigativas para señalar fallas.

A lo largo de este proceso se usa un diagrama de árbol para grabar los eventos identificados. Las ramas del árbol terminan cuando estén completos todos los eventos que resultan en el evento negativo.

Se usan símbolos para representar varios eventos y para describir relaciones:

Puerta Y: Representa una condición en la cual todos los eventos mostrados debajo de la puerta (puerta de entrada) tiene que estar presentes para que ocurra el evento arriba de la puerta (evento de resultado). Esto significa que el evento de resultado ocurrirá solamente si todos los eventos de entrada existen simultáneamente.

Puerta O: Representa una situación en la cual cualquier evento mostrado debajo de la puerta (puerta de entrada) llevarán al evento mostrado arriba de la puerta (evento de

⁴¹ <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcesp/spstpfaulttree.pdf>

resultado). El evento ocurrirá si solamente uno o cualquier combinación de los eventos de entrada o curre.

Rectángulo: Es el principal componente básico del árbol analítico. Representa el evento negativo y se localiza en el punto superior del árbol y puede localizarse por todo el árbol para indicar otros eventos que pueden dividirse más. Este es el único símbolo que tendrá abajo una puerta lógica y eventos de entrada.

Círculo: Representa un evento base en el árbol. Estos se encuentran en los niveles inferiores de árbol y no requieren más desarrollo o divisiones.

Diamante: Identifica un evento terminal sin desarrollar. Tal vez es uno no completamente desarrollado debido a una falta de información. Una rama del árbol de fallas puede terminar con un diamante.

Óvalo: Representa una situación especial que puede ocurrir solamente si ocurren ciertas circunstancias.

Triángulo: Significa una transferencia de una rama del árbol de fallas a otro lugar del árbol. Donde se conecta un triángulo al árbol con una flecha, todo que este mostrado debajo del punto de conexión se pasa a otra área del árbol. Esta área se identifica con un triángulo correspondiente que se conecta al árbol con una línea vertical. Letras, números o figuras diferencian un grupo de símbolos de transferencia de otro. Para mantener la simplicidad del árbol analítico, el símbolo de transferencia debe usarse con moderación.

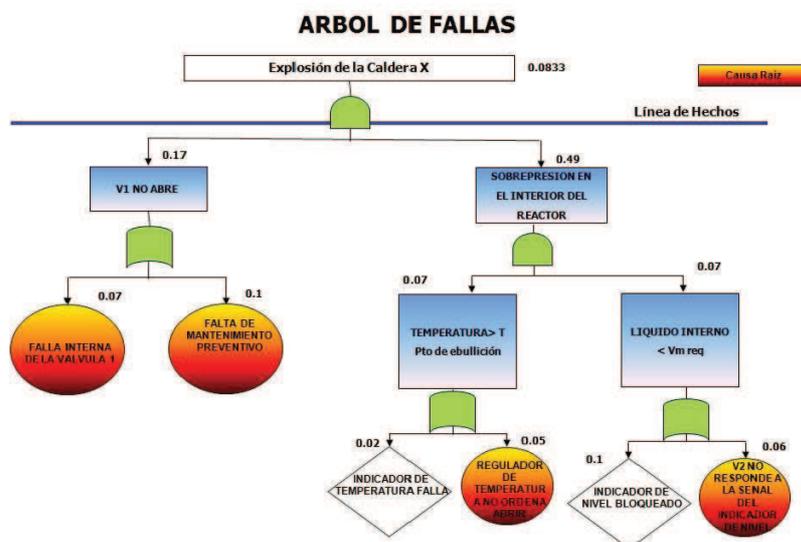


Figura 2. 13 Representación gráfica de un árbol de fallas

Fuente: <http://elinoralcala.blogspot.com/2011/05/arbore-de-fallas.html>

2.8.6.1 Elaboración de análisis de árbol de fallas

Paso 1: Definir el evento superior

Se tiene que identificar el tipo de falla que se va a investigar. Esto podría ser lo que haya sido el resultado final de un incidente.

Paso 2: Determinar todos los eventos no deseados en la operación de un sistema

Separar esta lista en grupos con características comunes. Varios árboles de fallas tal vez sean necesarios para estudiar un sistema componente. Finalmente, un evento debe establecer que representa todos los eventos dentro de un grupo. Este evento llega a ser el evento no deseado que se va estudiar.

Paso 3: Conocer el sistema

Se debe estudiar toda la información disponible sobre el sistema y su ambiente. Puede ser de ayuda un análisis de trabajo para determinar la información necesaria.

Paso 4: Construcción del árbol de fallas

Este paso tal vez sea el mas fácil porque se usan solamente pocos de los símbolos y la construcción práctica es muy sencilla.

El árbol tiene que construir al usar los símbolos de eventos nombrados arriba. Mantener un formato lógico, uniforme, y consistente de nivel a nivel. Use títulos claros y precisos al escribir dentro de los símbolos de eventos. Las puertas de lógica deben

limitarse a la puerta Y y O. Se deben usar símbolos de restricción solamente cuando sea necesario. Un ejemplo sería el uso del símbolo ovalo de restricción para ilustrar una secuencia necesaria de eventos que tienen que suceder para que ocurra un evento. El triángulo de transferencia debe usarse muy poco o nunca. Mientras más se usa el triángulo de transferencia, más complicado se pone el árbol. El propósito del árbol es mantener el procedimiento tan sencillo como sea posible.

Paso 5: Validar el árbol

Esto requiere a una persona que sabe mucho del proceso para verificar que el árbol esté completo y exacto.

Paso 6: Evaluar el árbol de fallas

El árbol ahora necesita examinarse para las áreas donde pueden hacerse mejoras en el análisis o donde tal vez haya oportunidad de utilizar procedimientos o materiales alternativos para disminuir el peligro.

Paso 7: Estudio de cambios constructivos

En este paso, cualquier método alternativo que se implementen deben evaluarse más. Esto permite que los asesores vean cualquier problema que esté relacionado con el nuevo procedimiento antes de implementarlo.

Paso 8: Considerar alternativas y recomiende pasos

Este es el último paso en el proceso donde se recomiendan acciones correctivas o medidas alternativas.

2.7.1 ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO (AMFE)⁴²

Es una herramienta mas utilizadas en la planificación de calidad, para la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un producto/servicio o en un proceso.

2.7.1.1 Objetivos del AMFE

Aplicar todas las situaciones en las que es necesario planificar o replanificar productos, servicios y procesos.

⁴²<http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/amfe.pdf>

Beneficiar el desarrollo de los proyectos abordados por los equipos de mejora y por todos los individuos u organismos que estén implicados en proyectos de mejora de la calidad en las que concurren estas circunstancias.

Usar como herramienta de trabajo dentro de las actividades de planificación incluidas en las tareas de diseño, ingeniería y gestión.

2.7.1.2 Características principales de AMFE

A continuación se citan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza e la herramienta.

Carácter preventivo

El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos /servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas.

Sistematización

El enfoque estructurado que se sigue para la realización de una AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

Participación

La realización de una AMFE es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

2.8.7.3 Tipos de AMFE

Existen dos tipos de AMFE:

AMFE de servicio: Sirve como herramienta de optimización para su diseño.

AMFE de proceso: Sirve como herramienta de optimización antes de su traspaso a operaciones.

En general los dos tipos de AMFE deben ser utilizados, en una secuencia lógica, durante el proceso global de planificación.

Una vez realizado el AMFE de producto/servicio, esta pondrá en manifiesto el impacto que puede tener el proceso en la ocurrencia de fallos.

A veces no se puede modificar el producto/servicio ya que viene impuesto. En este caso nuestro proceso de planificación solo requerirá un AMFE del proceso productivo.

8.8.7.4 Elaboración del AMFE

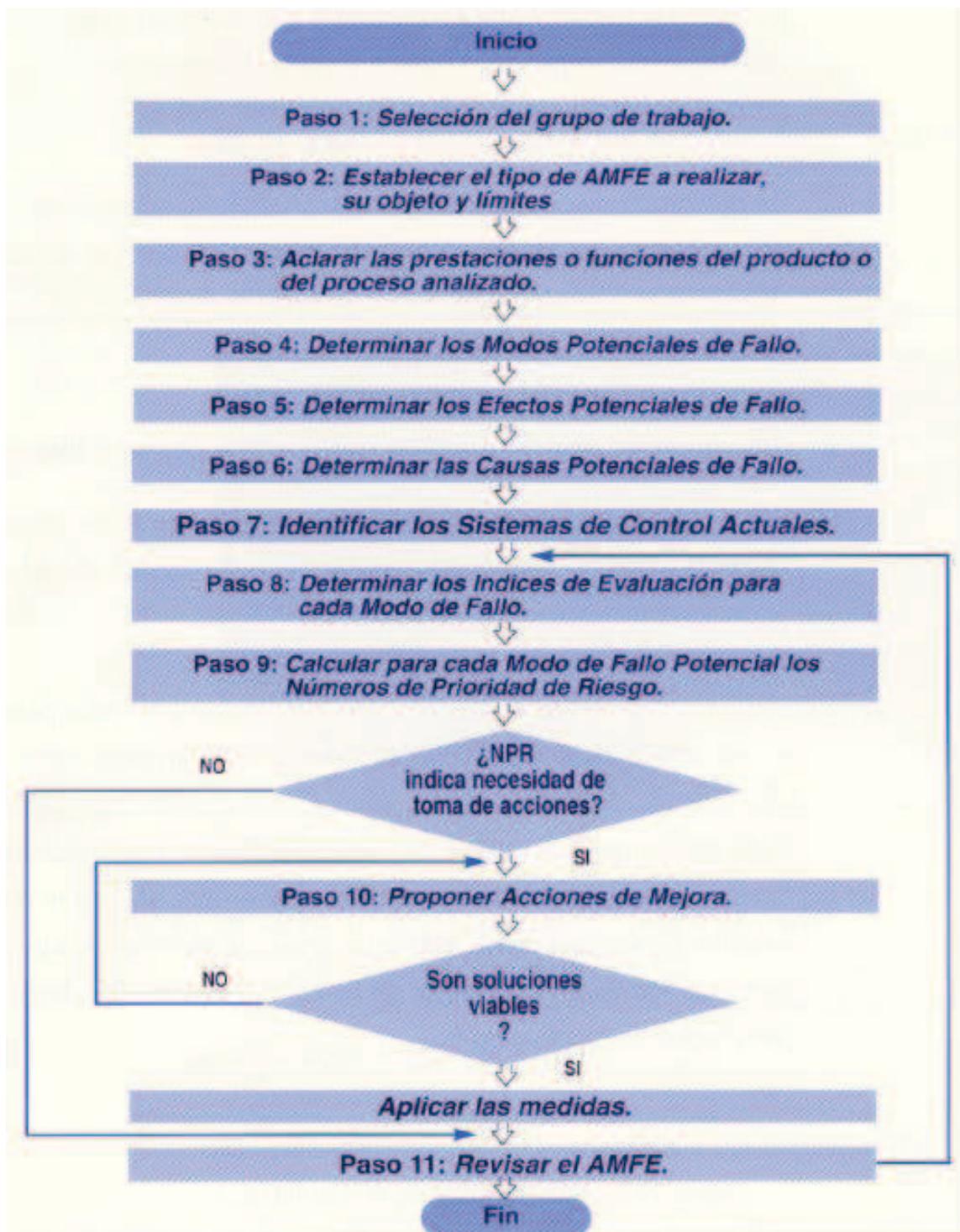


Figura 2. 14 Diagrama de flujo

Paso 1:

El grupo de trabajo estará compuesto por personas que dispongan de amplia experiencia y conocimiento. Se designara un coordinador para el grupo que, además de encargarse de la organización de las reuniones, domine la técnica de AMFE y, por lo tanto, sea capaz de guiar el equipo en su realización.

Paso 2:

Se definirá de forma precisa el producto o parte del producto, el servicio o el proceso objeto de estudio, delimitando claramente el campo de aplicación de la AMFE.

El objeto de estudio no debería ser excesivamente amplio, recomendado su subdivisión y la realización de varias AMFE en caso contrario.

Paso 3:

Es necesario un conocimiento exacto y completo de las funciones del objeto de estudio para identificar los modos de fallo potenciales, o bien tener una experiencia previa de productos o procesos semejantes.

Paso 4:

Para cada función definida en el paso anterior, hay que identificar todos los posibles modos de fallo.

Esta identificación es un paso crítico y por ello se utilizaran todos los datos que pueden ayudar en la tarea:

AMFE anteriormente realizados para productos/servicios o procesos similares.

Estudios de fiabilidad.

Conocimiento de los expertos mediante realización de tormentas de ideas o procesos lógicos de deducción.

Datos y análisis sobre reclamos de clientes tanto internos como externos.

Paso 5:

Para cada modo potencial de fallo se identifican todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para el cliente.

Paso 6:

Por cada modo de fallo se identifica todas las posibles causas ya sean estas directas o indirectas.

Para el desarrollo de este paso se recomienda utilizar los diagramas causa-efecto.

Paso 7:

En este paso se busca los controles diseñados para prevenir las posibles causas de fallo, tanto los directos como los indirectos, o bien para detectar el modo de fallo resultante.

Esta información se obtiene del análisis de sistemas y procesos de control de productos/servicios o procesos, similar al objeto de estudio.

Paso 8:

Existen tres tipos de índices que son:

- Índice de Gravedad (G)
- Índice de Ocurrencia (O)
- Índice de Detección (D)

Índice de Gravedad (G)

Evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo para el cliente. La evaluación se realiza en una escala del 1 al 10 en base a una tabla de gravedad, que es función de la mayor o menor insatisfacción del cliente por la degradación de la función o las prestaciones.

Cada una de las causas potenciales correspondientes a un mismo efecto se evalúa con el mismo índice de gravedad. En el caso en que una mínima causa pueda contribuir a varios efectos distintos del mismo modo de fallo, se le asigna un índice de gravedad mayor.

Índice de Ocurrencia (O)

Evalúa la probabilidad de que se produzca el modo falla por cada una de las causas potenciales en una escala del 1 al 10 en base a una tabla de ocurrencia. Para su evaluación, se tendrá en cuenta todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la causa potencial de fallo.

Índice de Detección (D)

Evalúa, para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de fallo resultante antes de llegar al cliente en una escala del 1 al 10 en base a una tabla de detección.

Para determinar el índice D se supondrá que la causa de fallo ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar la misma o el modo de fallo resultante.

Paso 9:

Para cada causa potencial, de cada uno de los modos falla potenciales, se calculará el número de prioridad de riesgo multiplicado los índices de Gravedad (G), Ocurrencia (O) y Detección (D) correspondientes

$$\text{NPR} = \text{G} \times \text{O} \times \text{D}$$

El valor resultante podrá oscilar entre 1 y 1000, correspondiendo a 1000 el mayor potencial de riesgo.

El resultado final de un AMFE es una lista de modos de fallo potenciales, sus efectos posibles y las causas que podrían contribuir a su aparición clasificados por índices que evalúan su impacto en el cliente.

Paso 10:

Cuando se obtenga número de prioridad de riesgo (NPR) elevados, deberán establecer acciones de mejora para reducirlos. Se fijará los responsables y la fecha límite para la implantación de dichas acciones.

Se seguirá el principio de prevención para eliminar las causas de los fallos en su origen. En su defecto, se propondrán medidas tendentes a reducir la gravedad del efecto.

Finalmente, se registrarán las medidas efectivamente introducidas y la fecha en que se hayan adaptado.

Paso 11:

El AMFE se revisará periódicamente, en la fecha que se haya establecido previamente, evaluando nuevamente los índices de Gravedad, Ocurrencia y Detección y recalculando los números de prioridad de riesgo (NPR), para determinar la eficacia de las acciones de mejora.

2.9 COSTOS DEL MANTENIMIENTO

Se ubica dentro de los costos de la empresa, como el de la materia prima, pero a diferencia de esta, el costo de mantenimiento es variable, ya que la empresa puede

variar la cantidad de recursos que destina para esta canción. “El costo de mantenimiento se sitúa entre el 5-10% de total”.

2.9.1 TIPOS DE COSTO DE MANTENIMIENTO⁴³

Si se descompone los costos que involucran el mantenimiento en sus diferentes aspectos, se los puede dividir en:

- Costos fijos.
- Costos variables.
- Costos financieros.
- Costos de fallo.

2.9.1.1 Costos fijos

La característica de este tipo de costos es que estos son independientes del volumen de producción o de ventas de la empresa, estos como su nombre lo dice son fijos, dentro de este tipo de costos podemos destacar la mano de obra directa, alquiler, seguros, servicios, etc.

Estos costos son gastos que aseguran el mantenimiento en la empresa y la vida útil de la maquinaria a mediano o largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo limita la cantidad de inversiones programadas, y al principio representa un ahorro para la empresa que después se traduce en mayor incertidumbre y gastos mayores para mantener a la empresa a su nivel óptimo.

2.9.1.2 Costos variables

Tiene la peculiaridad de ser proporcionales a la producción realizada. Podemos destacar dentro de estos a costos como mano de obra indirecta, materia prima, energía eléctrica, además de los costes variables que incluyen en mantenimiento.

Dentro de los costos variables de mantenimiento encontramos la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo. La manera de reducir este tipo de gasto no pasa por dejar de hacer mantenimiento correctivo, si no por evitar que se produzcan las averías inesperadas.

⁴³ <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/5/CAPITULO%204.pdf>

2.9.1.3 Costos financieros

Se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como a las amortizaciones de las máquinas duplicadas para asegurar la producción.

Dentro de los gastos financieros debe tenerse en cuenta el costo que supone tener ciertas instalaciones o máquinas duplicadas para obtener una mayor disponibilidad. En determinadas circunstancias que se obliga a una disponibilidad total.

2.9.1.4 Costos de fallo

Se refiere al coste o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con el mantenimiento. Este concepto se aplica tanto a empresas productivas y de servicios.

2.9.1.4.1 Empresas productivas

Los costos de falla se deben principalmente a:

- Pérdidas de materia prima.
- Descenso de la productividad del personal mientras se realizan reparaciones.
- Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas.
- Rechazo de productos por mala calidad.
- Producción perdida durante la reparación, menores ventas y menores beneficios.
- Averías medioambientales que pueden suponer desembolsos importantes.
- Averías que pueden suponer riesgo para las personas o las instalaciones.
- Se debe sumar el importe de las reparaciones para volver a la normalidad.

2.9.1.4.2 Empresas de servicio

Es difícil cuantificar el coste de fallo, pero se pueden tomar indicadores del tiempo necesario para realizar reparaciones desde que se conoce de estas hasta la culminación, tomando en cuenta que tipo de falla es para su comparación.

2.9.2 COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO

El costo total de mantenimiento esta determinado por la suma de los cuatro costos fijos, variables, financieros y los producidos por las fallas.

CAPITULO 3

DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA PLANTA

3.1 INTRODUCCIÓN

El conocer la situación actual del área de mantenimiento de la empresa MADEQUISA CIA. LTDA es de vital importancia, ya que permite realizar un análisis de los problemas y debilidades, con lo cual se puede establecer una adecuada gestión de mantenimiento, lo cual ayuda de manera considerable a solucionar los mismos.

Es importante que todas las personas que se relacionan directa o indirectamente con la empresa participen activamente, a fin que este alcance sus objetivos deseados.

En la empresa MADEQUISA CIA. LTDA no dispone de un plan de mantenimiento.

3.2 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL

Se realizó un análisis del estado actual del área de mantenimiento de la empresa MADEQUISA CIA. LTDA de las causas que producen los problemas que dificultan la operación normal de los equipos y/o máquinas, además se verificó la existencia de información disponible como; manuales y catálogos.

En la actualidad el departamento de mantenimiento no dispone de personal.

El mantenimiento es realizado por los jefes de cada área y personal a su cargo, se contrata asistencia técnica externa en caso de ser necesario.

3.2.1 ORGANIZACIÓN

Debido a que el departamento de mantenimiento no dispone de personal no presenta una estructura definida, se presentan varios problemas que afectan a producción de la empresa y al departamento en sí, los cuales podemos detallar a continuación:

- No hay registro claro de las actividades que se realizan por los empleados y asistencia técnica externa.
- No se realiza una adecuada planificación para cada uno de los trabajos que se van a realizar.
- Empleados no tienen un adecuado conocimiento de cómo realizar mantenimiento.

- No existe una adecuada distribución de tareas a realizar tanto por el personal de mantenimiento y empleados que realizan esta actividad.

A causa de todos estos problemas, casi no existen datos históricos de mantenimientos realizados a cada una de las máquinas, que ayuden al departamento a la realización de un plan eficiente en el caso de volver a reestructurarse.

3.2.2 MAQUINARIA

Debido a que no existe un adecuado manejo de la información, la mayoría de maquinaria no presentan catálogos o manuales, por lo cual se presentan dificultades como:

- No existe información de repuestos, datos que interesan al personal para realizar una determinada tarea de manera idónea, reduciendo tiempos, ya que al disponer una óptima información de los repuestos necesarios, se optimiza el tiempo de compra de los mismos o se los puede disponer en bodega aumentando la eficiencia del mantenimiento.
- No se realiza mantenimiento preventivo solo mantenimiento correctivo sin disponer de información previa y adecuada de la misma.
- No existe una codificación clara de la maquinaria, lo que dificulta la identificación por parte del personal que forma parte de la empresa.
- Existe un inventario pero no se encuentra actualizado en cada proceso productivo con el cual no se dispone de información adecuada de las máquinas existentes en la actualidad.

3.2.3 SEGURIDAD

En general, la empresa cuenta con un plan de seguridad, sin embargo existe desinformación por el personal que participa directa o indirectamente en la empresa, por lo cual se presentan algunos inconvenientes que se mencionan a continuación:

- Señalización de seguridad no se encuentra bien instalada en todos los puestos de trabajo.
- Falta de implementos de seguridad.
- Señalización de emergencia no se encuentra en lugares visibles.

3.2.4 MANO DE OBRA

Debido a que personal de mantenimiento es nulo, no existe un organigrama bien definido, así como una distribución correcta de las tareas encomendadas al personal inmersa en el mantenimiento, se tiene los siguientes problemas:

- Desconocimiento de las técnicas de mantenimiento.
- No existe una adecuada organización sobre responsabilidades y tareas.
- La asistencia técnica externa no detalla las labores a realizar en los diferentes tipos de máquinas y/o equipos.
- Falta de capacitación para realizar las diferentes tareas.

3.2.5 JORNADA DE TRABAJO

Las horas de trabajo pueden afectar la eficiencia de las máquinas y/o equipos, en la empresa MADEQUISA CIA. LTDA las máquinas de producción trabajan las horas establecidas entre ocho a nueve horas, mientras que las del área de secado de madera operan las veinte y cuatro horas del día, necesitando un mantenimiento eficiente.

3.2.6 PRESUPUESTO

Por falta de personal de mantenimiento, se necesita contratar asistencia técnica externa, el personal de la empresa que se involucra con mantenimiento a las máquinas y/o equipos interrumpen su tiempo laboral, el mismo que no tiene que ver con las actividades por las cuales fueron contratados afectando la productividad, esto dificulta llevar un mantenimiento adecuado y al tiempo afecta considerablemente el presupuesto de la empresa.

3.2.7 MATERIALES, REPUESTOS Y HERRAMIENTAS

Por falta de un historial de información de mantenimiento adecuado, es difícil mantener una lista de materiales y repuestos necesarios en la realización de las tareas de mantenimiento, además no se puede mantener un stock en bodega de los mismos, por esta causa, no existe un control idóneo.

En la actualidad no existe un listado de herramientas necesarias para cada maquinaria, por lo cual es necesario ocupar las herramientas de libre acceso tanto para el personal de mantenimiento en el caso de ser contratado y/o personal propio. Por esta razón hay

ocasiones que se deben ocupar herramientas no apropiadas, causando daños a las maquinarias, muchas de las ocasiones no existe la herramienta adecuada y se pierde tiempo hasta conseguir la misma, lo que conlleva a pérdida de tiempo en labores de mantenimiento.

3.3 EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO REALIZADO EN LA EMPRESA

3.3.1 TIPO DE MANTENIMIENTO REALIZADO EN LA EMPRESA MADEQUISACIA. LTDA

En la actualidad, el tipo de mantenimiento que se realiza en la empresa es 100% correctivo, por lo cual existe dificultad, de tener un control de fallas en cada una de las máquinas, presentes en el proceso productivo.

3.3.1.1 Proceso de mantenimiento correctivo

Este proceso tiene como punto de inicio, la información proporcionada del operador a gerencia, del paro repentino de las máquinas y/o equipos a falta de la carencia de personal de mantenimiento.

Los jefes de área realizan un diagnóstico, si pueden realizar el mantenimiento o es necesario contratar asistencia externa, esto es reportado a gerencia.

Gerencia se encarga de contratar asistencia externa y la compra de repuestos de ser necesario, con la llegada de asistencia externa o repuesta se procede a reparar la máquina, pero no se lleva registro de los repuestos y piezas utilizados en esta actividad.

3.3.2 FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO

Al no disponer un plan de mantenimiento claro, un registro de la frecuencia del mantenimiento de cada una de las máquinas, es difícil realizar mantenimiento cuando se para la máquina, o en algunas ocasiones realizar mantenimiento los fines de semana a determinadas máquinas. Esto dificulta la elaboración de un cronograma de actividades, que permita obtener una frecuencia idónea de mantenimiento.

3.3.3 CODIFICACIÓN DE ACTIVOS DE PRODUCCIÓN

En la empresa MADEQUISA CIA. LTDA, presenta una codificación de los equipos realizadas por el anterior personal de mantenimiento, pero no se encuentra perfectamente detallado, esto no facilita su identificación de manera inmediata.

3.4 DIAGNÓSTICO DEL TIPO DE MANTENIMIENTO

Tomando como base al análisis de la situación actual de la empresa, se determinó que: La empresa MADEQUISA CIA. LTDA, no cuenta con personal de mantenimiento y un programa de mantenimiento claro, además se evidencia una compleja desorganización, lo que se refleja en costos económicos para la empresa.

Es muy complicado realizar el mantenimiento de las máquinas, ya que en muchos de los casos, no se cuentan con los catálogos y manuales de operaciones, por lo que solo se puede confiar en la experiencia y conocimientos del personal de producción o la asistencia técnica externa contratada para realizar el mantenimiento.

En toda empresa el tiempo es dinero, por lo que se debe tener en cuenta que la avería de una máquina, al no existir las piezas y herramientas en bodega, perjudica la producción de empresa y por ende la economía de la empresa.

Se podría aprovechar la eficiencia del personal con cursos de capacitación, charlas de motivación, etc.

La falta de implementos de seguridad en el trabajo puede ocasionar accidentes en el trabajo que puede llegar a consecuencias fatales.

Es muy complicado realizar mantenimiento sin las herramientas adecuadas, lo que conlleva en muchas ocasiones pérdida de tiempo hasta conseguir las mismas o improvisar herramientas que pueden llevar a un deterioro más rápido de la máquina.

3.5 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA MADEQUISA CIA. LTDA

El objetivo básico de cualquier gestión de mantenimiento, consiste en incrementar la disponibilidad de los activos, a costos óptimos, permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional.

Las estrategias para la elaboración de cualquier plan de mantenimiento, deben ser el primer paso antes de detenernos a pensar con que metodología desarrollaremos los

planes de mantenimiento. Algunas consideraciones básicas para definir estas estrategias son:

- En que etapa del ciclo de vida, se encuentra en activo.
- Que disponibilidad se requiere para cumplir con los objetivos de producción.
- Se tiene claro los objetivos de la empresa y la función de mantenimiento para apalancar estos objetivos.
- Que recurso disponemos para la gestión de mantenimiento
- Existe algún plan sistematizado de mantenimiento actual.
- Las estrategias de mantenimiento generalmente se seleccionan con la política de la empresa y los requerimientos de calidad, seguridad y mercado, además de las características del proceso productivo.

Algunos objetivos los detallamos a continuación:

Lograr la máxima productividad del equipo con estrategias de:

- Máxima utilización del mantenimiento predictivo siempre que se cuente con personal y equipos para ello.
- Amplia utilización del mantenimiento preventivo con prioridad para reducir posibilidad de fallo.

Uso de mantenimiento correctivo como vía para reducir el tiempo medio de rotura.

Reducir los costos de mantenimiento sin implicar una catástrofe con estrategias de:

- Poca utilización del mantenimiento predictivo.
- Empleo de cálculos estadísticos para el mantenimiento preventivo.
- Empleo de mantenimiento correctivo en caso de ocurrencia de fallos aleatorios.

Reducir al mínimo los costos de mantenimiento con estrategias de:

- Mantenimiento predictivo anulado.
- Mantenimiento preventivo solo el que indique el fabricante.
- Mantenimiento correctivo a la ocurrencia de fallas.

3.5.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA, MÁQUINAS Y/O EQUIPOS

El sistema que va hacer sometida a la estrategia de mantenimiento, es el generador de vapor, en el acondicionamiento de madera es de vital importancia que este opere en condiciones nominales, evitando daños en la materia prima, que afecta el desarrollo óptimo de los procesos productivos subsiguientes.

3.5.2 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

Una vez identificado los equipos críticos del generador de vapor, se procede a identificar cada uno de los componentes de las mismas.

3.5.3 ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO (AMFE)

La aplicación del AMFE provoca un ejercicio de prevención de posibles fallos en un proceso o producto, con el que se consigue una participación mayor de todas las personas involucradas, con el consiguiente incremento del potencial activo y creativo. Así se consigue una mayor satisfacción del cliente, al menor coste y desde la primera unidad producida.

3.5.4 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se indican los pasos necesarios para la aplicación del método AMFE de forma genérica, tanto para diseños como para procesos.

3.5.4.1 Nombre del producto y componente

Se describe el nombre del producto sobre el que se va a aplicar. También se incluyen todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto ha analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto, del proceso que se vaya a utilizar para la fabricación.

3.5.4.2 Operación o función

Se completa con distinta información según se esté realizando un AMFE de diseño o proceso.

Para el AMFE de diseño se incluyen las funciones que realiza cada uno de los componentes, además de las interconexiones existentes entre los componentes.

Para el AMFE de proceso se reflejan todas las operaciones que se realizan a lo largo la de fabricación de cada componente incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

3.5.4.3 Modo de fallo

Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él. El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación. Con esa definición, un fallo puede no ser inmediatamente detectable por el cliente y sin embargo hemos de considerarlo como tal.

3.5.4.4 Efecto/s del fallo

Suponiendo que el fallo potencial ha ocurrido, se describirán los efectos del mismo tal como lo haría el cliente. Los efectos corresponden a los síntomas, generalmente hacen referencia al rendimiento o prestaciones del sistema.

Cuando se analiza una parte o componente se tendrá también en cuenta la repercusión en todo el sistema, lo que ofrecerá una descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirá el más grave.

Entre los efectos típicos de fallo podrían citarse los siguientes:

Diseño: ruido, acabado basto, inoperante, olor desagradable, inestable, etc.

Proceso: no puede sujetar, no puede alinearse, no puede perforar, no se puede montar, etc.

3.5.4.5 Causa del fallo

Se reflejan todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. La causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras y/o preventivas puedan ser orientadas hacia las causas.

Entre las causas típicas de fallo podrían citarse las siguientes:

Diseño: porosidad, uso de material incorrecto, sobrecarga, etc.

Proceso: daño de manipulación, utillaje incorrecto, sujeción, amarre, etc.

3.5.5.6 Condición actual

3.5.5.6.1 Gravedad del fallo (G)

Este índice está íntimamente relacionado con los efectos del modo de fallo. El índice de gravedad valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo. El valor del índice crece en función de: La insatisfacción del cliente, en el caso de que se produce un gran descontento, el cliente no comprará más.

- La degradación de las prestaciones. La rapidez de aparición de la avería.
- El coste de la reparación.

El índice de gravedad o también llamado de Severidad es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar unos criterios comunes en la empresa ha de utilizarse una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de fallo, de forma que se objetivice la asignación de valores de G.

Criterio	Clasificación
Irrazonable esperar que el fallo produjese un efecto perceptible en el rendimiento del producto o servicio. Probablemente, el cliente no podrá detectar el fallo.	1
Baja gravedad debido a la escasa importancia de las consecuencias del fallo, que causarían en el cliente un ligero descontento.	2 3
Moderada gravedad del fallo que causaría al cliente cierto descontento. Puede ocasionar retrabajos.	4 5 6
Alta clasificación de gravedad debido a la naturaleza del fallo que causa en el cliente un alto grado de insatisfacción sin llegar a incumplir la normativa sobre seguridad o quebrando de leyes. Requiere retrabajos mayores.	7 8
Muy alta clasificación de gravedad que origina total insatisfacción del cliente, o puede llegar a suponer un riesgo para la seguridad o incumplimiento de la normativa.	9 10

Tabla 3. 1 Clasificación de la gravedad del fallo

3.5.5.6.2 Probabilidad de ocurrencia (O)

Ocurrencia se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. El índice de la ocurrencia representa más bien un valor

intuitivo más que un dato estadístico matemático, a no ser que se dispongan de datos históricos de fiabilidad o se haya modelizado y previsto éstos. En esta columna se pondrá un valor de probabilidad de ocurrencia de la causa específica.

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

Criterio	Clasificación	Probabilidad
Remota probabilidad de ocurrencia. Sería irrazonable esperar que se produjera el fallo.	1	1/10.000
Baja probabilidad de ocurrencia. Ocasionalmente podría producirse un número relativo bajo de fallos.	2 3	1/5.000 1/2.000
Moderada probabilidad de ocurrencia. Asociado a situaciones similares que hayan tenido fallos esporádicos, pero no en grandes proporciones.	4 5 6	1/1.000 1/500 1/200
Alta probabilidad de ocurrencia. Los fallos se presentan con frecuencia.	7 8	1/100 1/50
Muy alta probabilidad de ocurrencia. Se producirá el fallo casi con total seguridad.	9 10	1/20 1/10

Tabla 3. 2 Clasificación de la Probabilidad de ocurrencia

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

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

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

3.5.5.6.3 Probabilidad de no detección (D)

Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. Se está definiendo la "no-detección", para que el índice de prioridad crezca de forma análoga al resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa.

Es necesario no confundir control y detección, pues una operación de control puede ser eficaz al 100%, pero la detección puede resultar nula si las piezas no conformes son finalmente enviadas por error al cliente.

Para mejorar este índice será necesario mejorar el sistema de control de detección, aunque por regla general aumentar los controles signifique un aumento de coste, que es el último medio al que se debe recurrir para mejorar la calidad. Algunos cambios en el diseño también pueden favorecer la probabilidad de detección.

Criterio	Clasificación	Probabilidad
Remota probabilidad de que el defecto llegue al cliente. Casi completa fiabilidad de los controles.	1	1/10.000
Baja probabilidad de que el defecto llegue al cliente ya que, de producirse, sería detectado por los controles o en fases posteriores del proceso.	2 3	1/5.000 1/2.000
Moderada probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente.	4 5 6	1/1.000 1/500 1/200
Alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente debido a la baja fiabilidad de los controles existentes.	7 8	1/100 1/50
Muy alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente. Este está latente y no se manifestaría en la fase de fabricación del producto.	9 10	1/20 1/10

Tabla 3. 3 Clasificación de la Probabilidad de no Detección

3.5.5.7 Número de prioridad de riesgo (NPR)

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

$$\text{NPR} = G * O * D$$

3.5.5.7.1 Acción correctora

En este paso se incluye una descripción breve de la acción correctora recomendada. Para las acciones correctoras es conveniente seguir un cierto orden de prioridad en su elección. El orden de preferencia en general será el siguiente:

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

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

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

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

3.5.5 DEFINIR RESPONSABLES

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

3.5.6 ACCIONES IMPLANTADAS

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

3.5.7 NUEVO NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO

Como consecuencia de las acciones correctoras implantadas, los valores de la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad (G), y/o la probabilidad de no detección (D) habrán disminuido, reduciéndose, por tanto, el Número de Prioridad de Riesgo.

Si a pesar de la implantación de las acciones correctoras, no se cumplen los objetivos definidos en algunos Modos de Fallo, es necesario investigar, proponer el implantar nuevas acciones correctoras, hasta conseguir que el NPR sea menor.

CAPITULO 4

ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

4.1 RECONOCIMIENTO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

En la actualidad no existe personal en el departamento de mantenimiento en la empresa MADEQUISA CIA.LTDA, el mantenimiento es realizado con asesoramiento externo en el caso de que el personal de producción no pueda solucionar las posibles averías que se presenten durante el día en las áreas de producción.

4.2 RECONOCIMIENTO DE CADA UNA DE LAS MÁQUINAS Y/O EQUIPOS

El inventario de máquinas y/o equipos que presenta en la actualidad la empresa no es adecuadamente especificativo, por lo cual se procede a la realización del mismo, dividiendo las máquinas y/o equipos en cada área que conforman MADEQUISA CIA.LTDA, dando como resultado un total de 60 unidades entre máquinas y equipos. El inventario de máquinas y equipos se puede observar en la Tabla 4. 1 Inventario de las máquinas y equipos presentes en MADEQUISA CIA.LTDA

ÁREA DE SECADO	
MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	TOTAL DE MÁQUINAS Y EQUIPOS
Ventilador	6
Motores Eléctricos	4
Moto Reductores	2
Caldero	1
Bomba	1
ÁREA DE ASERRIO	
MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	TOTAL DE MÁQUINAS Y EQUIPOS
Extractor	3
Canteadora	2
Cepillo	1
Moldurera	2
Sierra Circular de Banco	1
Presa hidráulica	1
Prensa manual	2
Sierra Circular Múltiple	1

ÁREA DE PUERTAS SOLIDAS	
MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	TOTAL DE MÁQUINAS Y/O EQUIPOS
Sierra Radial	2
Tupi	2
Perforadora Múltiple	1
Veneciana	1
Universal	1
Extractor	1
Sierra de Cinta	1
ÁREA DE MAQUINADO Y TERMINADO	
MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	TOTAL DE MÁQUINAS Y/O EQUIPOS
Prensa Hidráulica	1
Lijadora Calibradora	1
Sierra Circular de Mesa	1
Sierra Circular	1
Lijadora	3
Extractor	1
ÁREA DE PUERTAS TAMBORADAS	
MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	TOTAL DE MÁQUINAS Y/O EQUIPOS
Sierra Circular Doble	2
Compresor de Pistón	1
Sierra Radial	1
Extractor	1
Taladro	1
ÁREA DE TARUGOS	
MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	TOTAL DE MÁQUINAS Y/O EQUIPOS
Tarugadora	1
Cortadora	1
Compresor de Pistón	1
Esmeril	1
ÁREA DE PATIO	
MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	TOTAL DE MÁQUINAS Y/O EQUIPOS
Compresor de Pistón	1
Extractor principal	1
Generador Eléctrico	1

ÁREA DE MANTENIMIENTO	
MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	TOTAL DE MÁQUINAS Y/O EQUIPOS
Compresor de Pistón	1
Afiladora	1
Soldadura SMAW	1
TOTAL	60

Tabla 4. 1 Inventario de las máquinas y equipos presentes en MADEQUISA CIA.LTDA

4.3 CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

El paso primordial es la codificación de las máquinas y/o equipos una vez realizado un adecuado inventario, designando una identificación, con el fin de ubicar a los mismos dentro del proceso productivo.

Como se mencionó en el paso anterior el formato de codificación no se encuentra adecuadamente detallado y fácil de manejar. El formato de codificación sugerido a la empresa guarda relación con el área y nombre abreviado de cada una de la máquina y/o equipos, el formato para la codificación del área se muestra en la

Tabla 4. 2 Formato de codificación de acuerdo al área

AREA	CODIFICACIÓN
ÁREA DE SECADO	AS
ÁREA DE ASERRIO	AA
ÁREA DE PUERTAS SOLIDAS	APS
ÁREA DE MAQUINADO Y TERMINADO	AMT
ÁREA DE PUERTAS TAMBORADAS	APT
ÁREA DE TARUGOS	AT
ÁREA DE PATIO	AP
ÁREA DE MANTENIMIENTO	AM

Tabla 4. 2 Formato de codificación de acuerdo al área

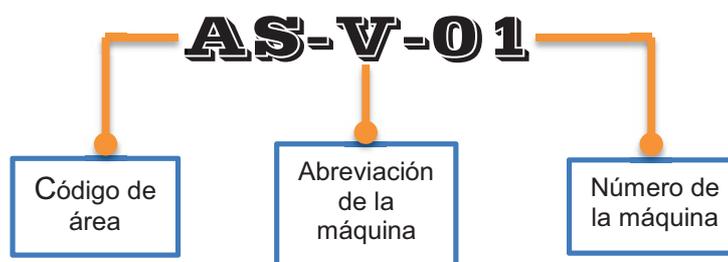


Figura 4. 1 Formato de codificación para la empresa MADEQUISA CIA.LTDA

ÁREA DE SECADO				
Máquinas y/o Equipos	Código de Área	Nombre abreviado de Máquinas y/o Equipos	Total de Máquinas y/o Equipos	Código Final
Ventilador	AS	V	6	AS V 01-06
Motor Eléctrico	AS	ME	4	AS ME 01-04
Moto Reductor	AS	RD	2	AS RD 01-02
Caldero	AS	C	1	AS C 01
Bomba Centrífuga	AS	BC	1	AS BC 01
ÁREA DE ASERRIO				
Máquinas y/o Equipos	Código de Área	Nombre abreviado de Máquinas y/o Equipos	Total de Máquinas y/o Equipos	Código Final
Extractor	AA	EX	3	AA EX 01-03
Canteadora	AA	CT	2	AA CT 01-02
Cepillo	AA	CP	1	AA CP 01
Moldurera	AA	MD	2	AA MD 01-02
Sierra Circular de Banco	AA	SCB	1	AA SCB 01
Presa Hidráulica	AA	PH	1	AA PH 01
Prensa Manual	AA	PM	2	AA PM 01-02
Sierra Circular Múltiple	AA	SCM	1	AA SCM 01
ÁREA DE PUERTAS SOLIDAS				
Máquinas y/o Equipos	Código de Área	Nombre abreviado de Máquinas y/o Equipos	Total de Máquinas y/o Equipo	Código Final
Sierra Radial	APS	SR	2	APS SR 01-02
Tupi	APS	T	2	APS T 01-02
Perforadora Múltiple	APS	PFM	1	APS PFM 01
Veneciana	APS	VN	1	APS VN 01
Universal	APS	U	1	APS U 01
Extractor	APS	EX	1	APS EX 01
Sierra de Cinta	APS	SCT	1	APS SCT 01
ÁREA DE MAQUINADO Y TERMINADO				
Máquinas y/o Equipos	Código de Área	Nombre abreviado de Máquinas y/o Equipos	Total de Máquinas y/o Equipos	Código Final
Prensa Hidráulica	AMT	PH	1	AMT PH 01
Lijadora Calibradora	AMT	LC	1	AMT LC 01
Sierra Circular de Mesa	AMT	SM	1	AMT SM 01
Sierra Circular	AMT	SC	1	AMT SC 01

Lijadora	AMT	L	3	AMT L 01-03
Extractor	AMT	EX	1	AMT EX 01
ÁREA DE PUERTAS TAMBORADAS				
Máquinas y/o Equipos	Código de Área	Nombre abreviado de Máquinas y/o Equipos	Total de Máquinas y/o Equipos	Código Final
Sierra Circular Doble	APT	SCD	2	APT SCD 01-02
Compresor de Pistón	APT	CP	1	APT CP 01
Sierra Radial	APT	SR	1	APT SR 01
Extractor	APT	EX	1	APT EX 01
Taladro	APT	TD	1	APT TD 01
ÁREA DE TARUGOS				
Máquinas y/o Equipos	Código de Área	Nombre abreviado de Máquinas y/o Equipos	Total de Máquinas y/o Equipos	Código Final
Tarugadora	AT	TG	1	AT TG 01
Cortadora	AT	TC	1	AT TC 01
Compresor de Pistón	AT	CP	1	AT CP 01
Esmeril	AT	ES	1	AT ES 01
ÁREA DE PATIO				
Máquinas y/o Equipos	Código de Área	Nombre abreviado de Máquinas y/o Equipos	Total de Máquinas y/o Equipos	Código Final
Compresor de Pistón	AP	CP	1	AP CP 01
Extractor Principal	AP	EXP	1	AP EXP 01
Generador Eléctrico	AP	GE	1	AP GE 01
ÁREA DE MANTENIMIENTO				
Máquinas y/o Equipos	Código de Área	Nombre abreviado de Máquinas y/o Equipos	Total de Máquinas y/o Equipos	Código Final
Compresor de Pistón	AM	CP	1	AM CP 01
Afiladora	AM	AF	1	AM AF 01
Soldadura SMAW	AM	SS	1	AM SS 01

Tabla 4. 3 Codificación de maquinas y/o equipos en MADEQUISA CIA.LTDA

4.4 RECOPIACION DE INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

La información obtenida en la empresa MADEQUISA CIA.LTDA fue casi nula, debido a la información almacenada por el anterior personal de mantenimiento acerca de

reportes estadísticos , registro diario de mantenimiento es escasa, el sistema de generación de vapor es de fabricación nacional no se elaboraron catálogos, manuales, diagramas operaciones y catálogos de piezas y partes.

Se pudo obtener planos de la planta en general y alguna información técnica de interés.

4.5 GENERACIÓN DEL LIBRO DE REGISTRO DIARIO

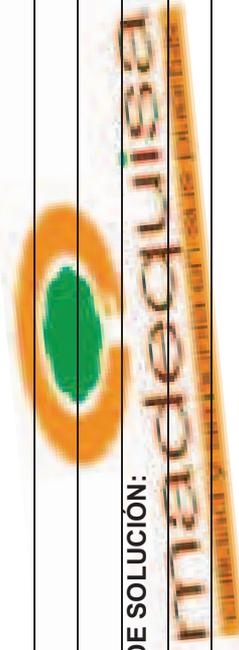
Son informes diarios de las actividades realizadas por el personal de mantenimiento en máquinas y/o equipos, se lleva un registre de las averías, lo cual facilita el control de los periodos de servicio, evita mantenimiento innecesario y reduce los tiempos muertos por falla. Además permite priorizar la responsabilidad del personal inmersa en las tareas de mantenimiento.

El libro de registro de actividades diarias permite conocer las máquinas y/o equipos que mas dan problemas en un determinado intervalo de tiempo, para posteriormente enfocar todos los esfuerzos en eliminar dichas averías.

4.5.1 FORMATO DEL LIBRO DE ACTIVIDADES DIARIAS DE MANTENIMIENTO

En el libro de actividades diarias consta información de gran importancia para el encargado de mantenimiento, el formato implementado en MADEQUISA CIA.LTDA consta de la siguiente información que se puede observar en la Figura 4. 2 Formato de hoja de libro de registro de actividades diarias de mantenimiento.

Figura 4. 2 Formato de hoja de libro de registro de actividades diarias de mantenimiento

MÁQUINA	CÓDIGO	INICIO		FECHA		FIN	HORA	FECHA	
		HORA		HORA					
TIPO:									
DIAGNÓSTICO:									
FALLA									
PROCEDIMIENTO DE DETECCIÓN:									
									
PROCEDIMIENTO DE SOLUCIÓN:									
SOLUCIÓN									
HERRAMIENTAS:									
REPUESTOS Y MATERIALES:									
PERSONAL DEL MTTO:									
REVISADO POR:							NOMBRE:		FIRMA:
OBSERVACIONES:									

Se procede a realizar la elaboración del plan de mantenimiento preventivo del sistema de generación de vapor, para el cual se realiza un estudio de cada uno de los componentes que pertenecen a la misma.

4.6 TEORIA DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR⁴⁴

4.6.1 GENERADORES DE VAPOR

4.6.1.1 Definición⁴⁵

Generador de vapor es una máquina térmica que consta de diferentes elementos destinados a la producción de vapor de agua o de cualquier otra clase de vapor a partir de su fase líquida, el vapor es usado extensamente en el sector industrial y comercial, principalmente en el calentamiento de procesos, en la generación de potencia y en la calefacción de espacios.

Una caldera es un cambiador de calor; transforma la energía química del combustible en energía calorífica. Además, intercambia este calor con un fluido, generalmente agua, que se transforma en vapor de agua.

El término “CALDERA” es usado como significado de “GENERADOR DE VAPOR”, sin embargo un generador de vapor se clasifica por diferentes vías, por ejemplo:

Utility steam generators, son aquellos usados en el servicio de la generación de potencia eléctrica y existen como:

Subcríticos, los cuales operan entre 130 bar a 190bar de presión, alcanzan hasta 550°C con una o dos etapas de recalentadores y poseen una capacidad de 1 a 10 millones Lbm/hora de vapor.

Supercríticos, que pueden operar por arriba de 3208.2 Psi, usualmente con una presión de 3500 Psi (240bar).

Industrial steam generators, son aquellos que se utilizan en la industria pequeña de generación eléctrica, establecimientos institucionales, industriales, comerciales, etc.

Estos generadores de vapor pueden alcanzar presiones hasta de 1500 Psi y una capacidad de 1 millón Lbm/hora de vapor.

⁴⁴ <http://es.scribd.com/doc/61844291/clasificacion-de-quemadores>

⁴⁵ jrguezs.webs.ull.es/tecnologia/tema4/gen_vapor.doc

4.6.1.2 Componentes de un generador de vapor

4.6.1.2.1 Domo o hervidor

Es también llamado Caldera, es un recipiente metálico diseñado con las condiciones de presión a las que debe trabajar el generador de vapor.

La función básica del domo es la de separar el vapor de la mezcla vapor-agua y mantener el vapor seco.

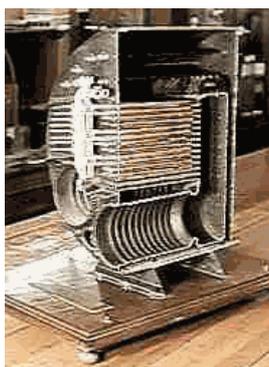


Figura 4. 3 Domo o hervido o nórnamele denominado caldera

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/calderas-y-generadores-de-vapor.html>

4.6.1.2.2 Hogar

Un hogar es una cámara donde se efectúa la combustión. La cámara confina los productos de la combustión y debe resistir las altas temperaturas que se presentan y las presiones que se utilizan.

Sus dimensiones y geometría se adaptan a la velocidad de liberación de calor, al tipo de combustible y al método de combustión, de tal manera que permita tener una combustión completa y proporcione un medio apropiado para eliminar las cenizas.

Funciones del hogar de la caldera:

- Tener capacidad para admitir el volumen de aire necesario para la combustión.
- Tener suficiente altura para asegurar circulación adecuada de agua por los tubos.
- Tener dimensión suficiente para evitar que la llama ataque las paredes de tubos.
- Tener forma y dimensiones adecuadas para asegurar que los gases llene el hogar proporcionando absorción térmica óptima en todas las partes.

- La tubería del hogar debe ser de la mayor longitud posible para minimizar las soldaduras.

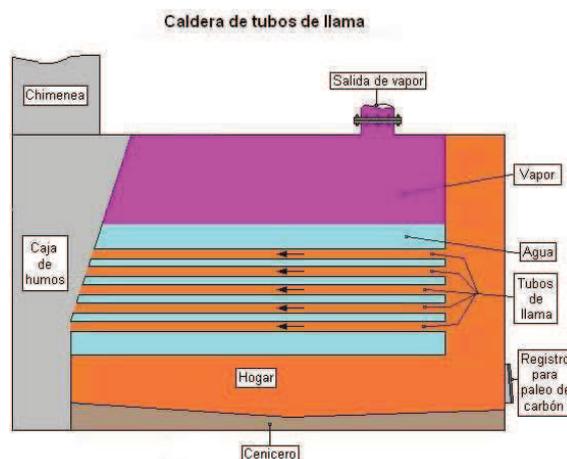


Figura 4. 4 Hogar de un generador de vapor

Fuente: <http://www.mundosgm.com/maritimo/vapor-y-avances-tecnologicos-de-los-siglos-xix-y-xx/>

Podemos clasificarlos:

4.6.1.2.3 Sobrecalentador y recalentador

La adición de calor al vapor después de la evaporación o el cambio de estado, viene por un aumento en la temperatura y la entalpía del fluido. El calor que se agrega al vapor en los componentes de la caldera llamados sobrecalentadores y recalentadores, los cuales se componen de elementos tubulares expuestos a los productos gaseosos a alta temperatura de la combustión.

Las ventajas del sobrecalentamiento y recalentamiento en la generación de potencia son resultado de la ganancia termodinámica en el Ciclo de Rankine y de la reducción de las pérdidas de calor debidas a la humedad en las etapas de baja de presión en la turbina.

4.6.1.2.4 Spray atemperador

Los atemperadores, también conocidos como desobrecalentadores, son boquillas atomizadoras en los tubos de la caldera entre los sobrecalentadores. Estas boquillas atomizadoras suministran una fina niebla de agua pura en el camino del flujo del vapor para prevenir el daño del tubo por sobrecalentamiento.

Los Atempedores son provistos tanto para los sobrecalentadores como para los recalentadores.

4.6.1.2.5 Economizador

Los economizadores eliminan el calor de los gases de combustión con temperaturas moderadamente bajas, después de que salen de las secciones de generación de vapor y del sobrecalentamiento y/o recalentamiento.

Los economizadores son en realidad calentadores de agua de alimentación que las reciben de las bombas de alimentación y la descargan a una temperatura más alta al generador de vapor. Los economizadores se usan en lugar de incrementar la superficie generadora de vapor, ya que el agua de alimentación y en consecuencia la superficie que recibe calor están a temperatura más bajas que las del vapor saturado, por tanto los gases pueden enfriarse hasta temperaturas aún más bajas para lograr mayor recuperación de calor y mejorar la economía.

Podemos clasificación de los economizadores de acuerdo de acuerdo a la disposición geométrica.

De tubos verticales, de similar construcción similares al haz convectivo de una caldera, o sea dos domos uno inferior y otro superior unidos por bancos de tubos que conforman la superficie de calefacción, tal como se aprecia en la Figura 4. 5 Economizador de tubos verticales

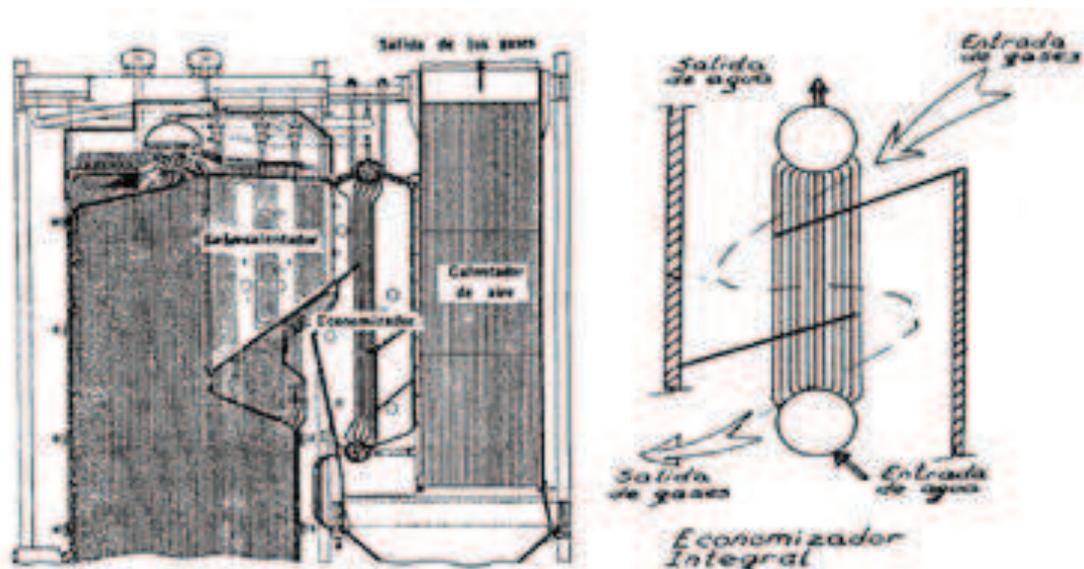


Figura 4. 5 Economizador de tubos verticales

De tubos horizontales, Constan de colector inferior, por donde ingresa el agua, una tubería continua dispuesta en forma de serpentina horizontal que constituye la superficie de calefacción y un colector donde se acumula el agua para su salida tal como se aprecia en la Figura 4. 6 Economizador de tubos horizontales.

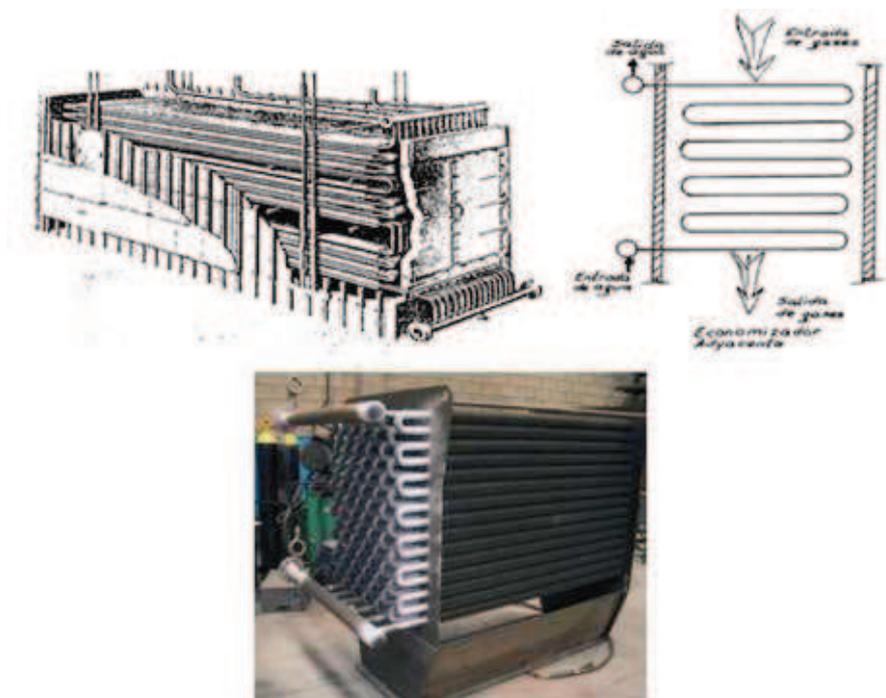


Figura 4. 6 Economizador de tubos horizontales

4.6.2.1.6 Precalentadores de aire

Los precalentadores de aire al igual que los economizadores extraen calor de los gases de combustión con temperaturas relativamente bajas. La temperatura del aire de entrada es menor que la del agua que entra al economizador y por tanto es posible reducir aún más la temperatura de los productos gaseosos de la combustión, antes de que se descarguen en las chimeneas.

4.6.1.3 Clasificación de calderas

Las calderas pueden clasificarse basándose en algunas de las características siguientes: uso, presión, materiales de que están construidas, contenido, forma y posición de los tubos, sistema del fogón, clase de combustible, fluido utilizado, sistema de circulación, posición y tipo del hogar, forma general, etc.

Si nos referimos a la clasificación de acuerdo al tipo de diseño, encontraremos dos grandes tipos de calderas:

4.6.1.3.1 Calderas pirotubulares o de tubos de humo

Se caracterizan porque la llama de la combustión se forma dentro de cada hogar cilíndrico de la caldera, pasando los humos generados por el interior de los tubos de los pasos siguientes (normalmente dos), para ser conducidos a la chimenea de evacuación. De ello, su otro nombre de calderas de tubos de humo.

En estas calderas, tanto los hogares, como los tubos de humo están en el interior de la virola, completamente rodeados de agua. Para generar vapor, se regula el nivel medio del agua en su interior, de forma que varíe dentro de una banda prevista, sirviendo su cámara superior de separador del vapor generado, desde donde sale al consumo por la tubuladura de salida.

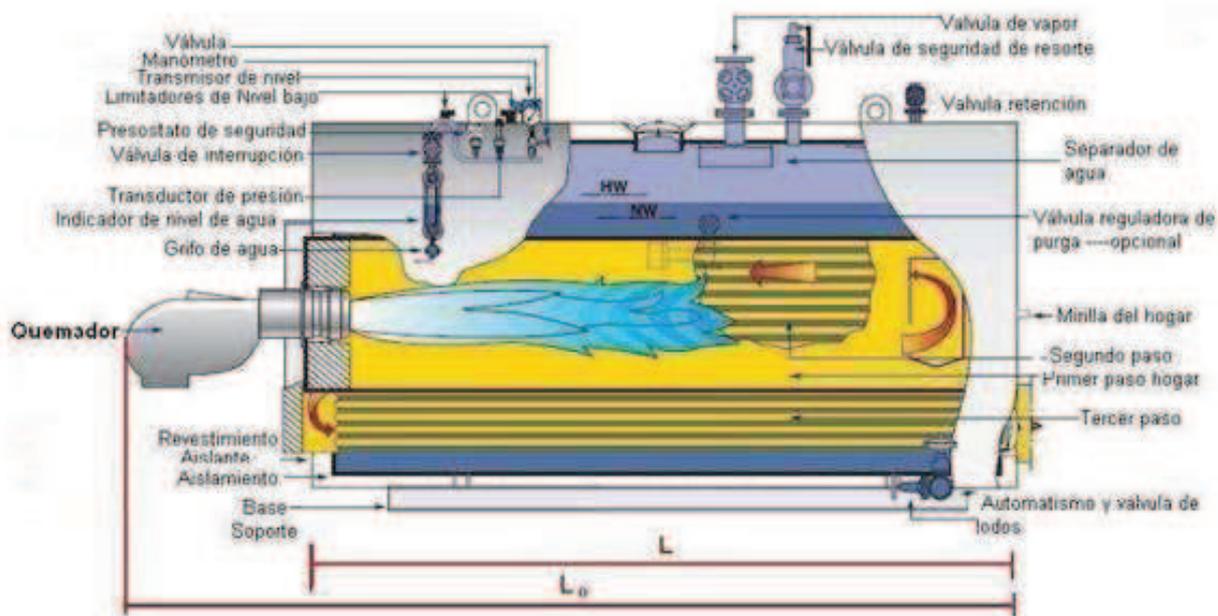


Figura 4. 7 Calderas pirotubulares o de tubos de humo

Características generales

- Se construyen en tamaños de hasta 18000lbm/hora de vapor.
- El Calor circula por dentro de los tubos y el fluido frío, agua, por fuera de ellos. El calor es transferido por medio de los humos o gas de la combustión.
- Los tubos van sumergidos en el agua

- La caldera de baja presión está limitada a 15psig de presión de vapor.
- La caldera de vapor para generar fuerza puede operar a una presión de 300Psig y una capacidad de 50000Lbm/hora de vapor de agua.
- El diseño de una caldera tubos de humo se basa principalmente en el hogar y en los pasos de los gases a través de los tubos.
- Usan como fluido termodinámico el agua y el aceite térmico.
- Las calderas pueden ser de tubos continuos o de tubos de retorno de acuerdo con la dirección del flujo de gases.
- Pueden tener un hogar interno o estar dotadas de un fogón externo.
- Su operación con la nueva tecnología les permite operar automáticamente.
- El espacio comprendido arriba del nivel agua es llamado cámara de vapor.
- La caldera puede ser de uno, dos y ocasionalmente hasta de cuatro retornos.

Ventajas

- Almacenan gran cantidad de agua.
- Producen gran cantidad de vapor.
- Permiten efectos de fluctuaciones en la demanda de vapor.
- Su costo instalada es relativamente bajo y considerablemente menor que la correspondiente caldera acutubular de domo.
- Son perfectamente adaptables a la producción estandarizada.
- Son eficientes de 79% a 85%.
- La caldera escocesa es económica en su costo inicial, ocupa un mínimo de material refractario y su instalación es sencilla.
- Fáciles de transportar
- Necesitan relativamente poca área para su instalación.
- Las calderas escocesas pueden ser operadas bien con aguas contaminadas.

Desventajas

- Su arranque en frío es demasiado lento para alcanzar la presión de trabajo.
- Su posibilidad de sobrecalentamiento es limitado y depende del tipo de caldera.
- Con el aumento de la demanda de vapor, la temperatura de los gases se eleva rápidamente.
- No se utilizan para el accionamiento de turbinas.
- El tamaño de la caja del hogar no puede ser ampliado.
- Su operación se torna crítica al operar con sobrecarga de más del 40%.
- Su mantenimiento interior es dificultoso.
- No se emplea para altas presiones (operan de 0-300 PSIG).

4.6.1.3.2 Calderas acuotubulares o de tubos de agua

Debido a los grandes inconvenientes de las calderas piro-tubulares se construyen este otro tipo de calderas. Las calderas acuotubulares se caracterizan porque la llama de los quemadores se forma dentro de un recinto formado por paredes tubulares en todo su entorno, que configuran la llamada cámara de combustión (hogar), pasando los humos generados por el interior de los pasos siguientes, cuyos sucesivos recintos están también formados por paredes tubulares en su mayoría.

La cualidad que diferencia a estas calderas es, que todos los tubos que integran su cuerpo están llenos de agua o, al menos, llenos de mezcla agua-vapor en los tubos hervidores, en los que se transforma parte de agua en vapor cuando generan vapor como fluido final de consumo.

En las calderas acuotubulares la circulación del agua por su interior es forzada por medio de las bombas de circulación. En las calderas de generación de vapor se regula el nivel medio de agua en el calderín superior, de forma que varíe dentro de una banda prevista, sirviendo la cámara superior de separador del vapor generado, desde donde sale al consumo por la tubuladura de salida.

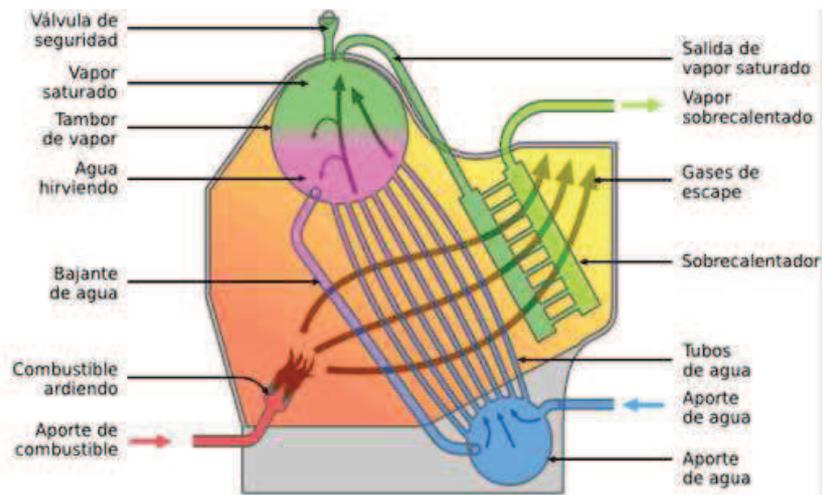


Figura 4. 8 Caldera acuotubular o de tubos de agua

Características generales

- EL fluido, agua, circula por el interior de los tubos y por el exterior los gases producto de la combustión.
- Los tubos que manejan agua y vapor, o tubos descendentes son de acero al carbono
- Estas calderas por lo general son de construcción vertical
- Estas calderas requieren de agua de alimentación con un tratamiento químico exhaustivo.
- Estas calderas pueden ser de circulación natural o forzada.
- Las de circulación forzada supercríticas no utilizan bomba de recirculación, y operan con presiones de diseños cercanas o por encima del punto crítico.
- Utilizan calentadores de aire que es el último dispositivo en recuperar calor de la caldera y se localiza en la chimenea.
- Utilizan precipitadores a la salida de los humo.
- Algunas son de tiro inducido, tiro forzado y de tiro equilibrado o balanceado.

Ventajas:

- Son de horno propio interior ubicado lejos de la zona de evaporación
- Son de gran volumen y altura
- Admiten gran cantidad de aire en su hogar

- La combustión se puede controlar
- Son de alto rendimiento y producción de alta presión, apta para generación de energía eléctrica.
- Menor tiempo para levantar presión.
- Entre más alta es la caldera más se aprovecha la energía calórica de los gases de combustión
- Mayor flexibilidad para variaciones de consumo, debido a la pequeña cantidad de agua que contienen
- Puede quemar combustible líquido, gaseoso, sólido y biomásico.
- Producen un vapor seco por lo que en el sistema de transmisión de calor existe un mayor aprovechamiento.

Desventajas

- Es de difícil realizar mantenimiento por lo incomodo el acceso a la zona de convección.
- Mantenimiento más costoso.
- El coeficiente de evaporación está estrechamente limitado por la circulación interna.
- Para su instalación requieren de una extensa área de terreno.

4.6.1.4 Combustión

La combustión como una reacción química rápida exotérmica en la que se realiza la oxidación de una sustancia y la reducción de otra.

Para que se produzca la combustión es necesario que estén presentes tres elementos fundamentales:

Comburente, es la sustancia que se reduce. El comburente más habitual es el oxígeno contenido en el aire atmosférico.

Combustible, la sustancia que se oxida, es decir, el elemento que se quema. Los más habituales son C, H, O y a veces, N y S.

Temperatura de ignición, debe ser lo suficientemente elevada como para producir el encendido.

Las reacciones químicas deben satisfacer unas condiciones para que tengan lugar en el proceso de combustión:

- Adecuada proporción entre combustible y comburente.
- La mezcla de las dos sustancias debe ser uniforme.
- La temperatura de ignición se establecerá y será monitorizada de manera que el combustible continúe su ignición sin calor externo cuando comience la combustión.

4.6.1.4.1 Tipos de combustión

Combustión con exceso de aire, existe una cantidad de aire superior al mínimo necesario. Cuando se utiliza exceso de aire, no se producen inquemados.

Combustión con defecto de aire, es la que se lleva a cabo con menor cantidad que el aire mínimo necesario. Cuando se utiliza un defecto de aire tiene a producirse inquemados.

Combustión completa, es aquella donde el carbono se consume completamente; caso contrario la combustión es incompleta.

El exceso de aire, se debe a que el tamaño de las partículas del combustible impide una mezcla perfecta entre el combustible y el comburente y a que el tiempo que permanece la mezcla dentro del hogar es muy corta, saliendo por la chimenea una parte de aire que no ha reaccionado. Al introducir mayor comburente, aparecen reacciones secundarias. Esto obliga a emplear una cantidad real de aire comburente mayor del aire mínimo de combustión; por tanto, el exceso de aire es la diferencia entre el aire realmente introducido y el aire mínimo calculado.

4.6.1.4.2 Rendimiento de la combustión

El rendimiento de combustión es la relación entre la fracción de energía realmente liberada en el proceso, y el total teórico disponible, que da una idea del grado de aprovechamiento del combustible, para las condiciones de trabajo dadas.

El tipo de combustible no solamente determina la configuración física de los quemadores y el hogar, sino que también determina el flujo de aire requerido, como por ejemplo:

- Carbón y combustibles sólidos en general: 20 a 30% de exceso de aire
- Combustibles líquidos: 15%
- Combustibles gaseosos: 10 a 15%

4.6.1.4.3 Control de la combustión

Para el control de la combustión es necesaria regular la entrada de combustible para mantener un suministro continuo de vapor a una presión constante, y de regular la entrada de aire a la caldera en proporción correcta a la entrada de combustible.

Es rentable introducir sistemas de control de tecnología avanzada para:

- Mantener una presión del vapor constante y un caudal acorde con las variaciones de la carga.
- Optimizar el consumo de combustible a través de un aumento en el rendimiento.
- Reducir las emisiones contaminantes.

Métodos de control de la combustión:

Control mecánico, la variable primaria a controlar es la presión de vapor, la cual es medida por un presostato modulante.

Control neumático directo, la variable a controlar es la presión del vapor y el sistema mecánico anterior se ha sido sustituido por un sistema neumático.

Tanto este sistema como el anterior funcionan teniendo en cuenta unas condiciones de combustión impuestas.

Control de medida en paralelo, el aire y el combustible responden simultáneamente a las variaciones de la carga, en vez de responder primero uno de ellos y luego el otro, por tanto, se reducen los periodos transitorios.

Control de medida en paralelo con límites cruzados, con este sistema se consigue que siempre se disponga de aire en exceso para la combustión ya que:

Cuando aumenta la carga, aumenta primero el caudal de aire y luego el caudal de combustible.

Cuando disminuye la carga, se reduce primero el combustible y después el aire.

4.6.1.5 Combustibles

Combustible es toda sustancia capaz de arder, es decir, aquella capaz de combinarse con el oxígeno en una reacción exotérmica.

4.6.1.5.1 Tipos de combustible

Los distintos tipos de combustibles se clasifican en la siguiente tabla 4.4.

Sólidos	Naturales	Madera Carbón { Turba Lignito Hulla Antracita
	Artificiales	Carbón Vegetal Coques Aglomerados y Briquetas
Líquidos	Derivados del Petróleo	Gas Oil Fuel Oil
	Alcoholes	Naturales Artificiales
Gaseosos	Gas Natural	Metano
	Gases Licuados del Petróleo (GLP)	Propano y Butano
	Residuales	Fuel gas
	Artificiales	Gas de Alto Horno Gas de Coquería Gas Pobre
	Biogas	

Tabla 4. 4 Clasificación de combustibles industriales

Los criterios a tener en cuenta para la elección del combustible a utilizar en la caldera son:

- La ubicación geográfica de la industria.
- Las posibilidades de aprovisionamiento.
- El precio del combustible.
- Problemas ambientales derivados de su uso.

4.6.1.6 Controles⁴⁶

Los controles buscan garantizar el funcionamiento de la caldera bajo las condiciones y requerimientos especificados. En las calderas pequeñas; igual que en las calderas grandes se disponen de sistemas y aparatos que permiten controlar la presión de

⁴⁶ [www.forofrio.sevillabt.com/.../calderas%20de%20vapor%20\(...](http://www.forofrio.sevillabt.com/.../calderas%20de%20vapor%20(...) - España

vapor, el nivel del agua, flujo de vapor, la presencia de llama, el flujo de combustible, y el flujo de aire.

4.6.1.6.1 Válvula principal de control de vapor

Permite aislar los dispositivos de control de gas para facilitar las rutinas de reparación y mantenimiento.

4.6.1.6.2 Gobernador de presión de vapor

Para garantizar una presión constante del gas de entrada.

4.6.1.6.3 Presostato

Es un suiche de acción inversa accionado por la presión de vapor. El principio de funcionamiento del presostato se basa en el balance de fuerzas entre la ocasionada por la presión de un fluido y la fuerza ejercida por un fuelle y un sistema de resortes. Cuando la presión de vapor alcanza el valor ajustado; la válvula del presostato cierra el paso de vapor dejando pasar solo una pequeña cantidad suficiente para mantener la llama. De igual forma; cuando la presión de vapor cae; entonces se da nuevamente paso al flujo de gas por medio de la válvula del presostato.

4.6.1.6.4 Corte por bajo nivel de agua y alarma

El nivel de agua es controlado automáticamente por medio de un flotador el cual tiene también control sobre una válvula de gas. El suiche de mercurio acoplado al flotador puede accionar una bomba de agua, activar una alarma sonora y abrir o cerrar una válvula de gas. La alimentación de agua a la caldera también puede hacerse en forma manual o por medio de un inyector. En esta se observa como una combinación de fuerzas entre el brazo del flotador y un fuelle permite controlar el motor de la bomba y también operar la válvula de gas por medio del presostato. El suiche de mercurio se inclina y acciona un contacto antes de que el agua llegue a su nivel más bajo y así acciona una alarma. Por otro lado el suiche de la bomba debe abrirse justo antes de que el agua llegue al nivel más alto.

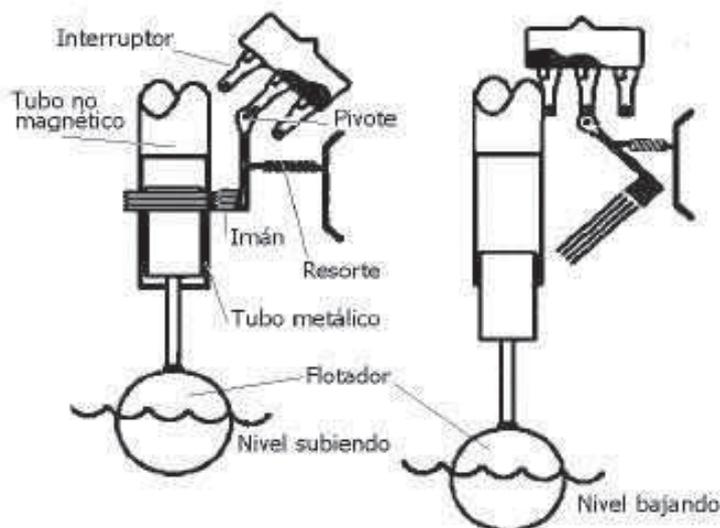


Figura 4. 9 Control de agua por medio de un flotador

4.6.1.6.5 Válvula principal de vapor

Es una válvula de paso colocada directamente cerca a la parte superior de la caldera.

4.6.1.6.6 Válvula de seguridad

Válvula cerrada cargada con un resorte. Se coloca en la parte posterior de la caldera cerca al tope. Está protegida de interferencia por medio de un dispositivo de seguridad.

4.6.1.6.7 Manómetro

Consiste de un medidor de presión tipo Bourdon acompañado de un sifón y una válvula.

4.6.1.6.8 Medidor de agua

Se trata de un tubo de vidrio sostenido entre la base y la cima de la caldera por prensaestopas. Dispone de válvula de vapor, válvula de agua y una válvula de drenaje.

4.6.1.6.9 Bomba de alimentación

Puede ser operada manualmente o por medio de un control eléctrico. En este último caso el control de nivel de agua se debe ajustar para mantener el nivel en la mitad del medidor de vidrio.

4.7 SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR MADEQUISA CIA.LTDA

4.7.1 DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

El sistema de generación de vapor de la empresa MADEQUISA CIA.LTDA es un intercambiador de calor de tubos de humo o pirotubular de un solo paso, produce vapor a una presión mayor que la atmosférica. En el hogar ingresa una energía calorífica de la mezcla de aire-combustible (madera aserrada o residuos producidos en las diferentes áreas de producción), la cual se transfiere a una sustancia de trabajo agua, efectuándose el proceso de calentamiento y evaporación que se utiliza posteriormente en el proceso de acondicionamiento de madera presecada o verde.

El sistema de generación de vapor es controlado de forma manual con la ayuda de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos, como podemos mencionar variadores de frecuencia, reductores y demás componentes que se enumeraran a continuación en la codificación del subsistema.

La potencia calorífica del generador de vapor va a depender de la exigencia de producción, es decir si las dos cámaras de secado se encuentran funcionando al mismo tiempo la potencia de la maquina térmica debe ser la máxima recomendada por el fabricante.

Se puede observar en la Figura 4. 10 Vista general de los elementos del sistema de generación de vapor.



Figura 4. 10 Vista general de los elementos del sistema de generación de vapor

4.7.1.1 Especificaciones técnicas

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Equipo	Generador de Vapor
Potencia	800 BTU
Fluido de Trabajo	Agua
Diámetro de ingreso agua	1 "
Diámetro de salida de vapor	2 "
Fabricante	Ecuador
Serie N°	No disponible
Combustible	Sólido natural (madera aserrada)
Dimensiones	1200x3500 mm

Tabla 4. 5 Especificaciones técnicas de la máquina térmica

4.7.1.2 Funcionamiento y operación

Las operaciones del sistema de generación de vapor se muestran en la Figura 4. 11 Flujograma de operación del sistema de generación, en donde se detalla desde el arranque hasta el apagado de la máquina.

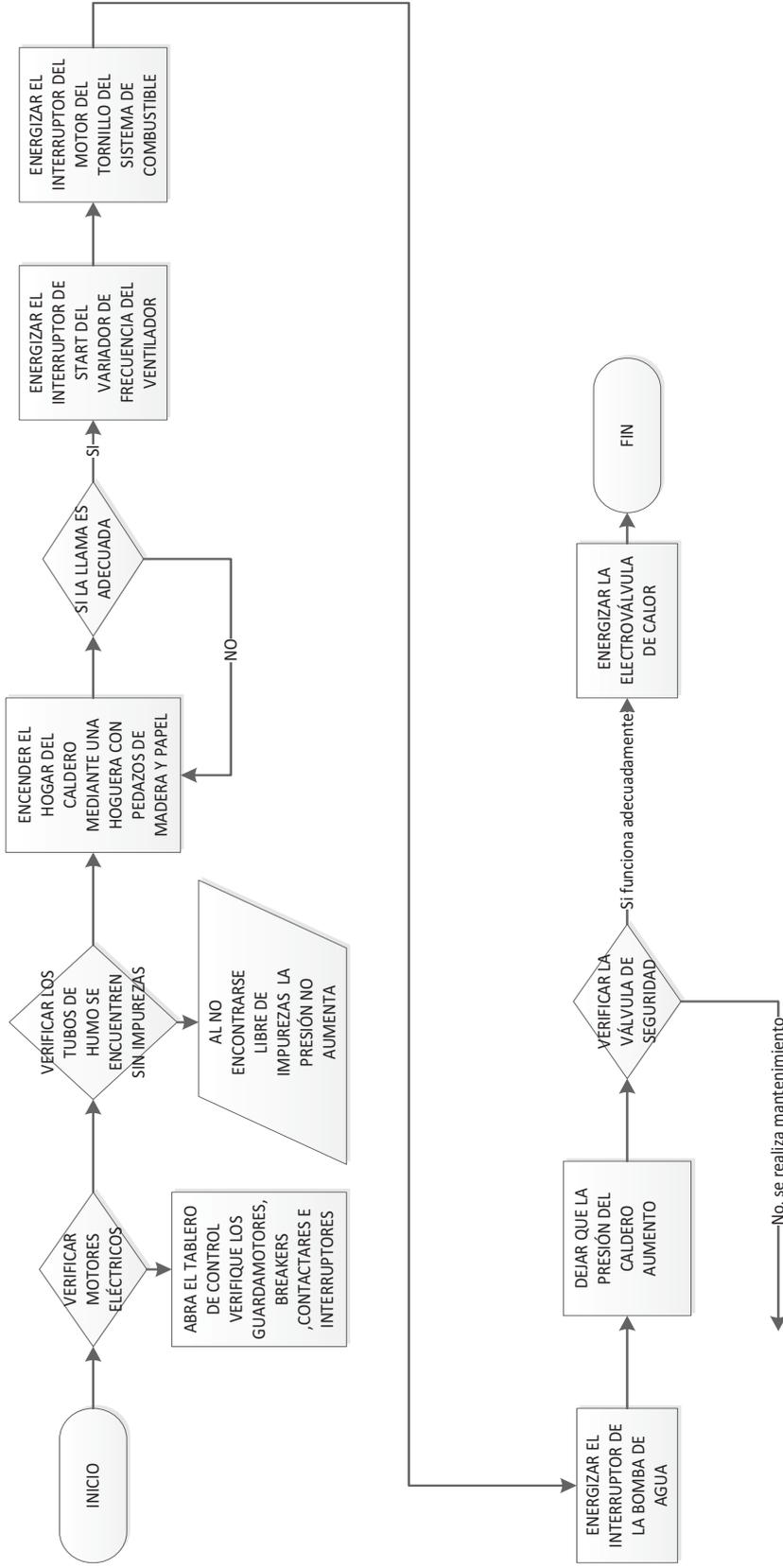


Figura 4. 11 Flujo de operación del sistema de generación de vapor

4.7.1.3 Sistemas y componentes

El sistema de generación de vapor consta de los siguientes sistemas:

- Sistema Alimentación de Combustible
- Sistema de control
- Sistema Alimentación de Agua
- Sistema Alimentación de aire
- Sistema de control, Medición y Seguridad
- Componentes del sistema de Generación de Vapor

Cada uno de estos sistemas esta compuesto por los siguientes subsistemas

- Subsistema Mecánico
- Subsistema Eléctrico

4.7.1.3.1 Subsistema mecánico

Es un conjunto de elementos que permite, transferir, regular o modificar movimiento.

4.7.1.3.2 Subsistema eléctrico

Es una serie de elementos o componentes eléctricos y electrónicos como: resistencias, condensadores, fuentes, inductancias y dispositivos electrónicos semiconductores, conectados entre si con el objetivo de generar, trasportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.

4.7.1.4 Sistema alimentación de combustible

Este sistema está formando por los siguientes subsistemas:

- Subsistema Mecánico
- Subsistema Eléctrico

Los elementos del subsistema mecánico y eléctrico del sistema de alimentación de combustible se puede observar en la Figura 4. 12 Sistema de alimentación de combustible

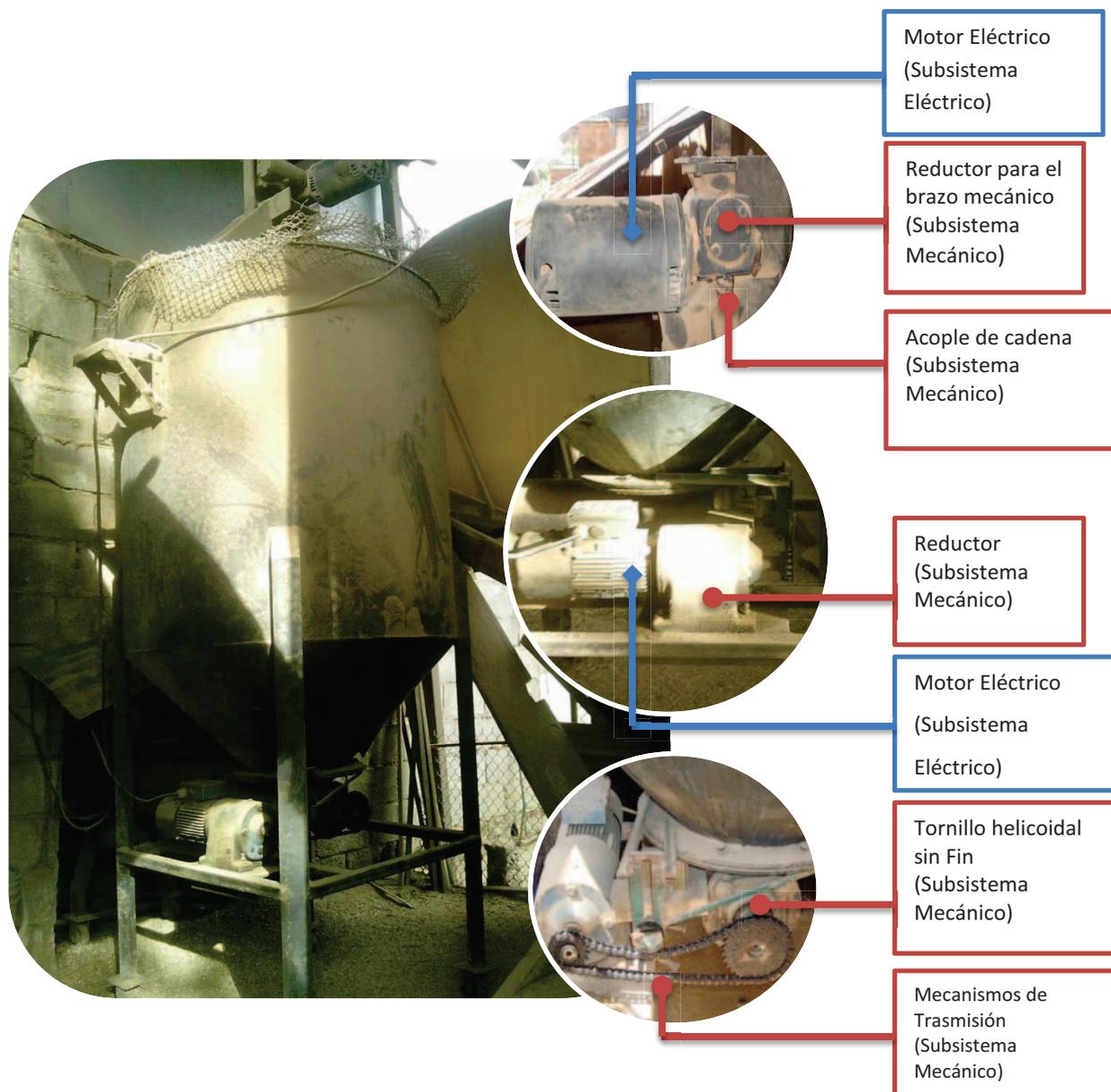


Figura 4. 12 Sistema de alimentación de combustible

4.7.1.5 Sistema alimentación de agua

Este sistema está formado por los siguientes subsistemas:

- Subsistema Mecánico
- Subsistema Eléctrico

Se puede observar en la

Figura 4. 13 Sistema de alimentación de agua.

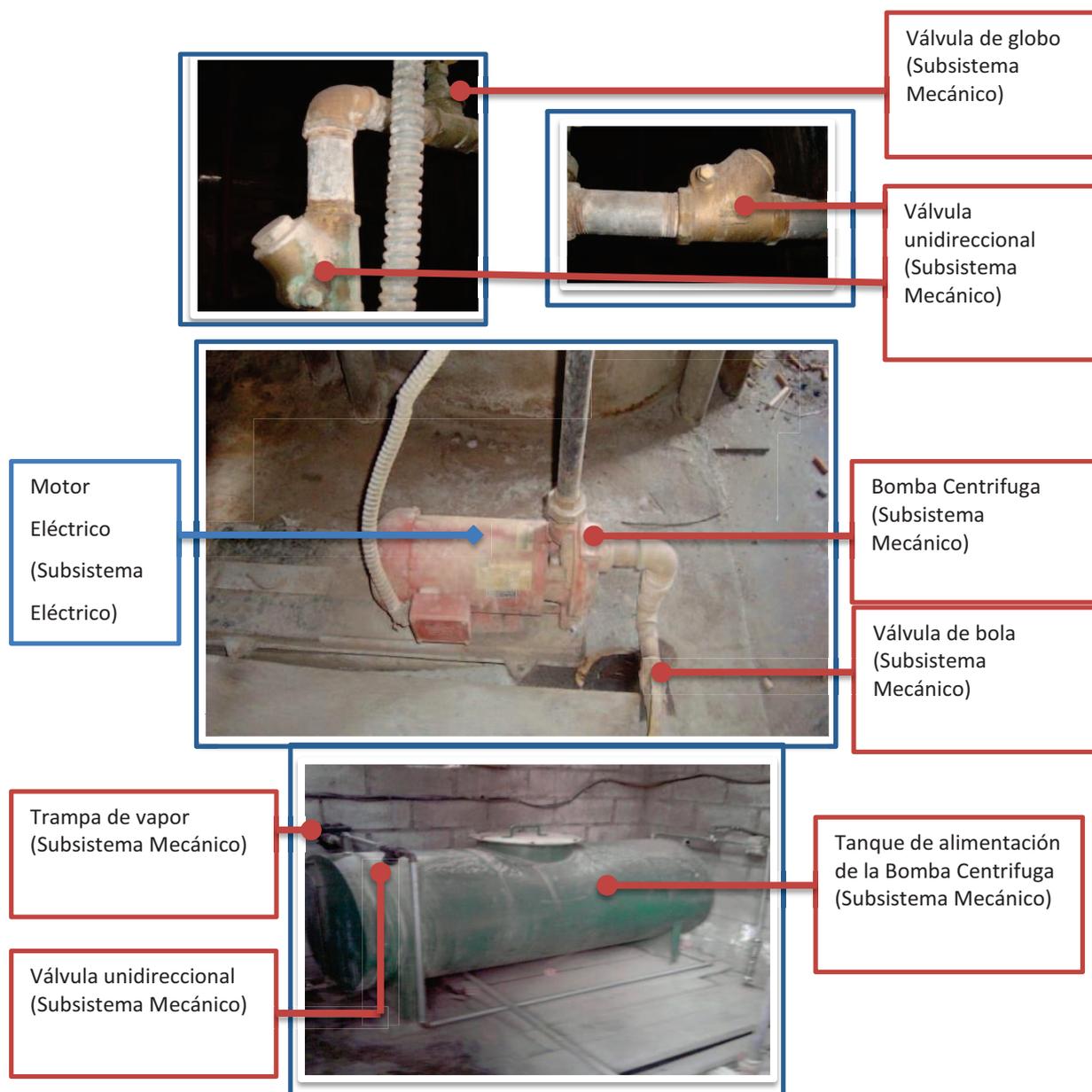


Figura 4. 13 Sistema de alimentación de agua

4.7.1.6 Sistema de control

Este sistema está formado por el siguiente subsistema:

Subsistema Eléctrico

Se puede observar en la Figura 4. 14 Sistema de Control.

Parte externa



Interruptor de dos circuitos tipo palanca (Subsistema Eléctrico)

Luces Indicadoras de funcionamiento (Subsistema Eléctrico)



Sirena de Emergencia (Subsistema Eléctrico)

Pulsador de Emergencia (Subsistema Eléctrico)

Luces Indicadoras de funcionamiento (Subsistema Eléctrico)

Interruptor de dos circuitos tipo palanca (Subsistema Eléctrico)

Selector de Muletilla para el control del motor de la bomba centrifuga (Subsistema Eléctrico)

Parte Interna

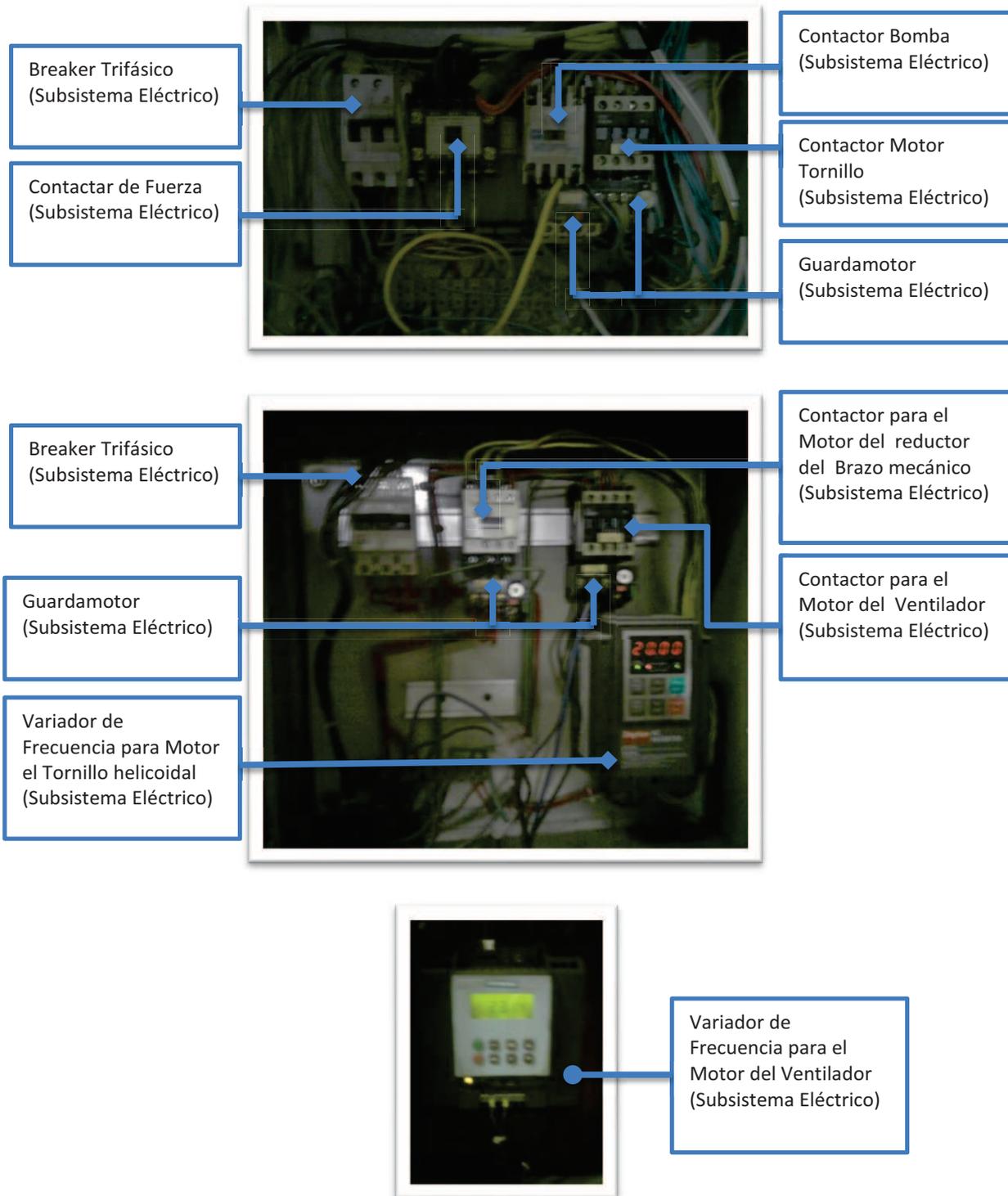


Figura 4. 14 Sistema de Control

4.7.1.7 Sistema alimentación de aire

Este sistema está formado por los siguientes subsistemas:

- Subsistema Mecánico
- Subsistema Eléctrico

Se puede observar en la Figura 4. 15 Sistema de Alimentación de Aire.

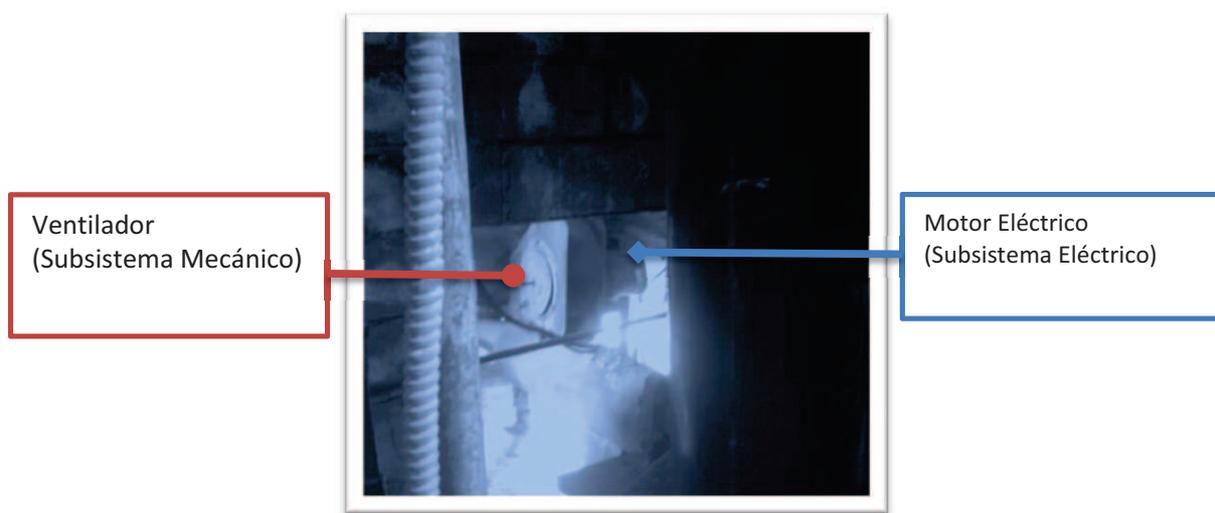


Figura 4. 15 Sistema de Alimentación de Aire

4.7.1.8 Sistema de control, medición y seguridad

Este sistema esta formado por los siguientes subsistemas:

- Subsistema Mecánico
- Subsistema Eléctrico

Se puede observar en la Figura 4. 16 Sistema de control, medición y seguridad.

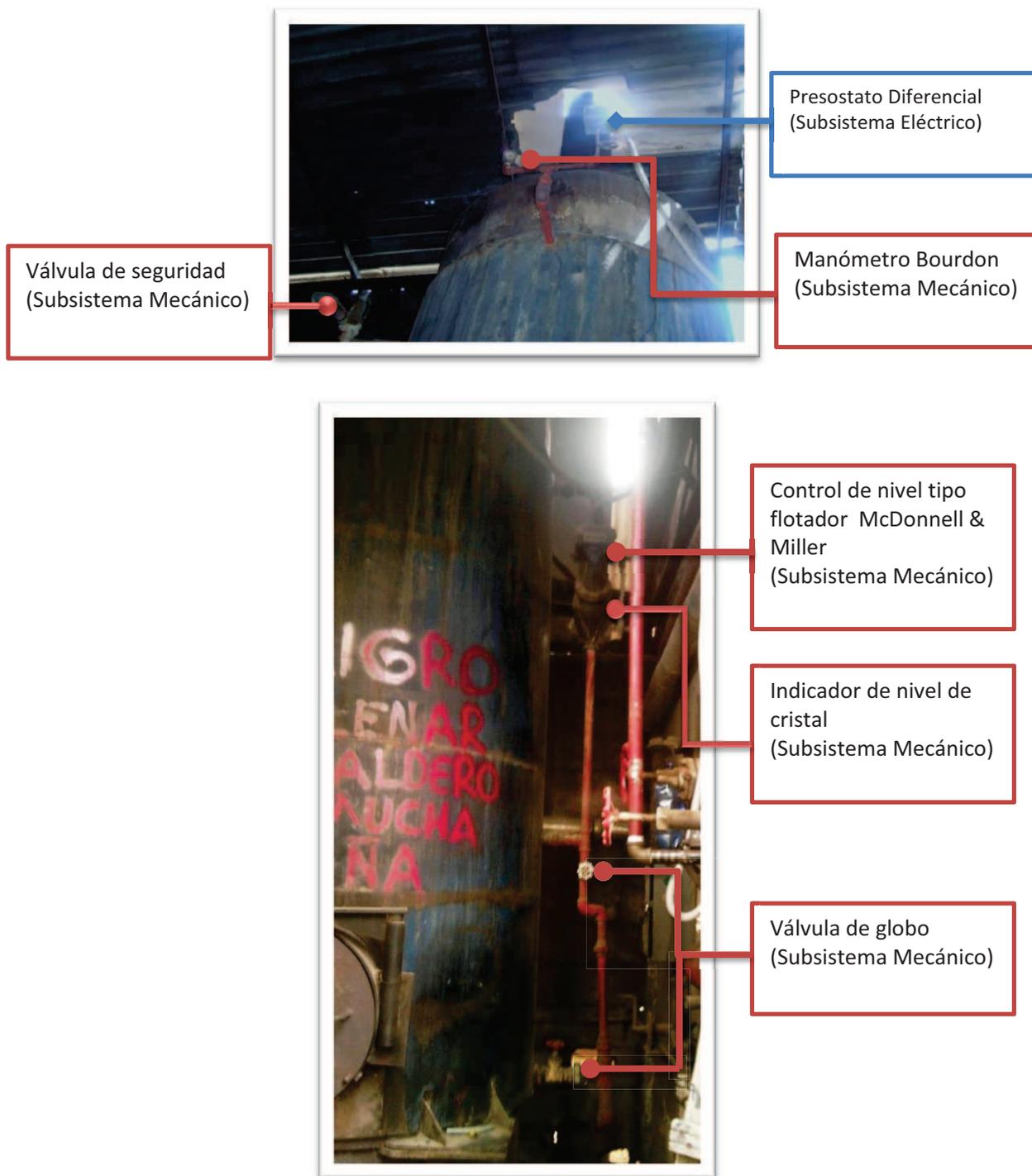


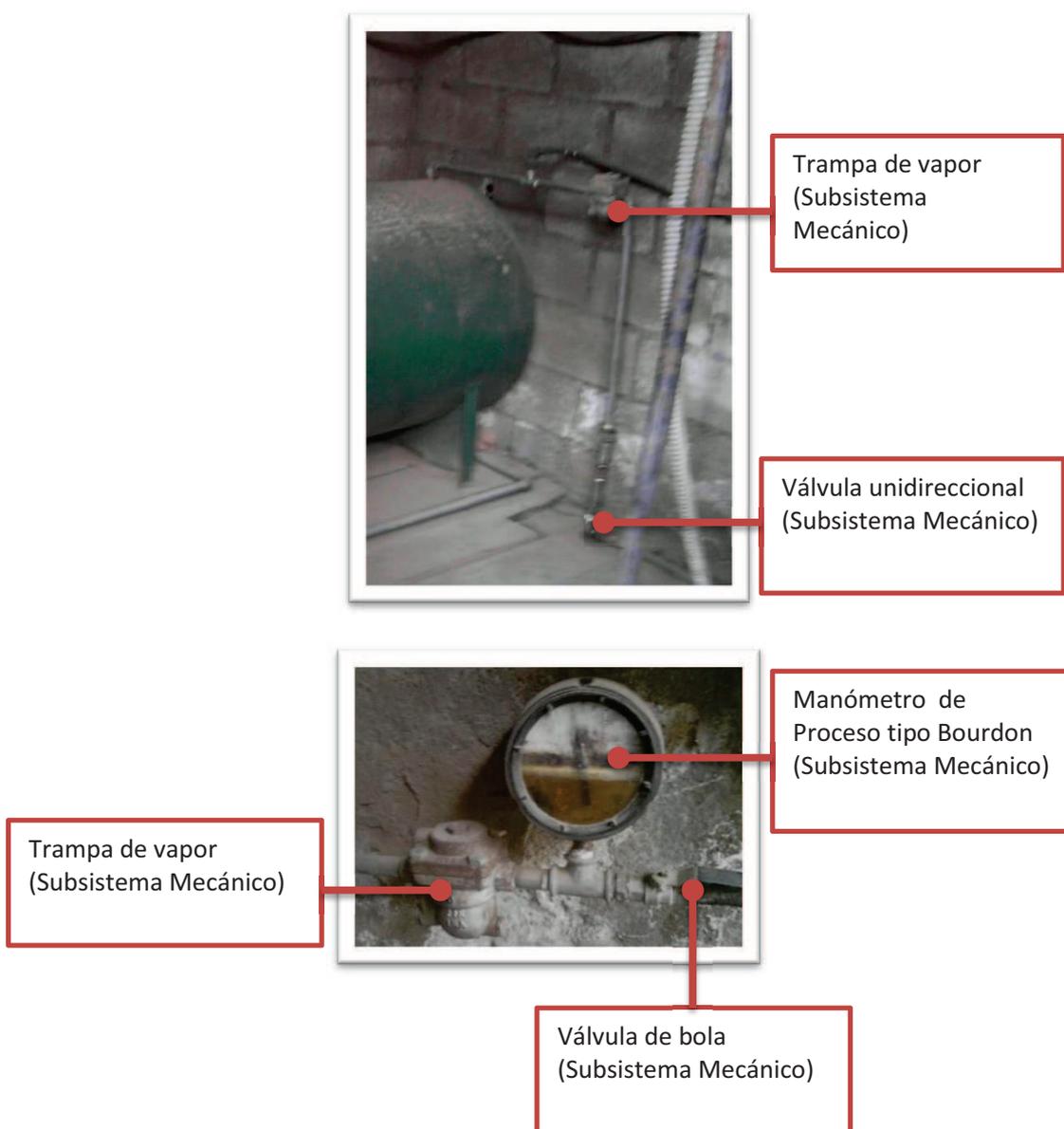
Figura 4. 16 Sistema de control, medición y seguridad

4.7.1.9 Componentes del sistema de generación de vapor

De la misma manera que en los anteriores sistemas del generador de vapor, los accesorios se dividen en subsistemas:

- Subsistema Mecánico
- Subsistema Eléctrico

Se puede observar en la Figura 4. 17 Componentes del sistema de generación de vapor.



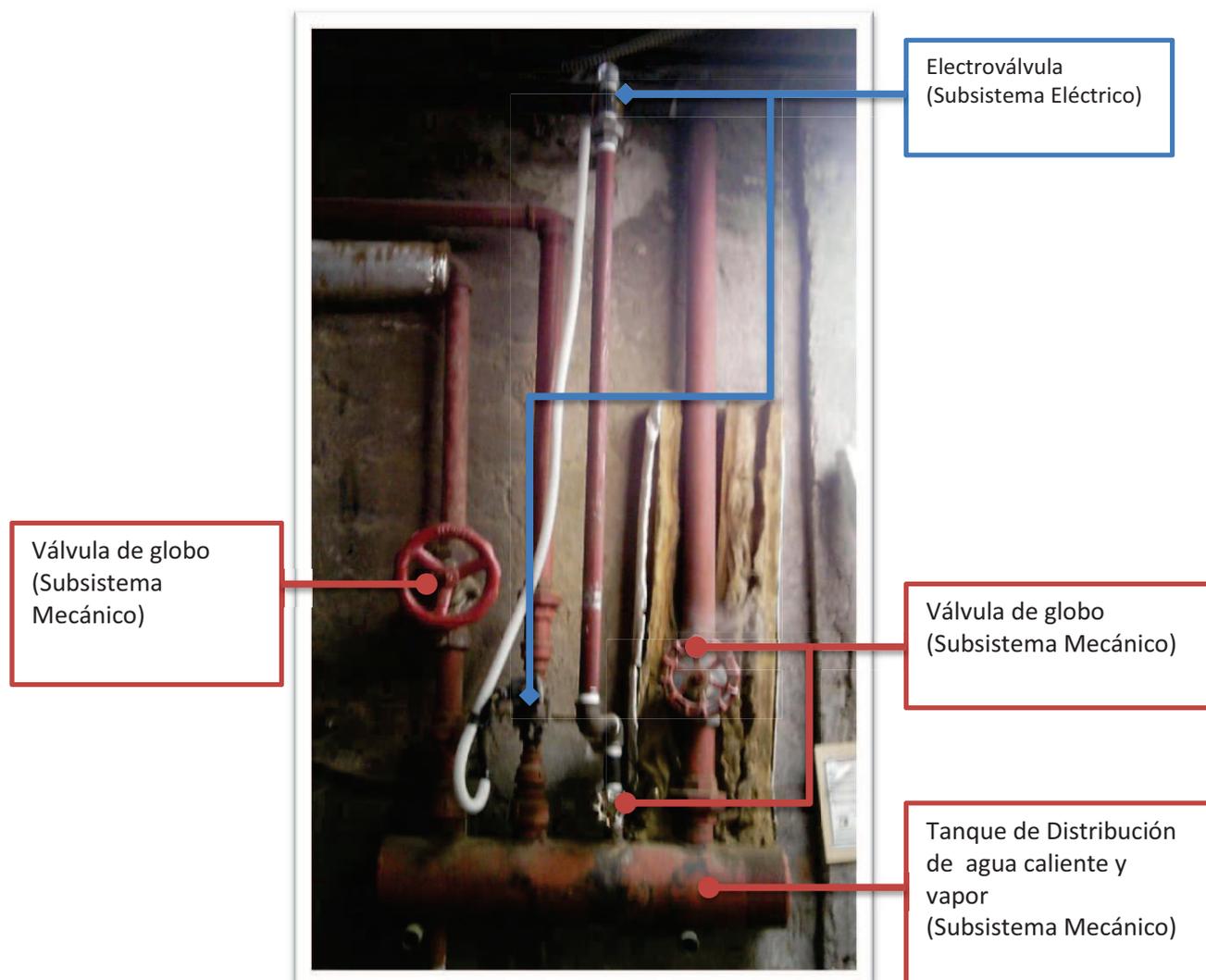


Figura 4. 17 Componentes del sistema de generación de vapor

4.7.2 CODIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

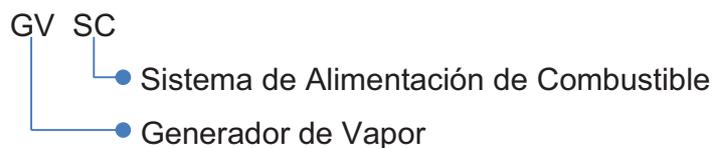
Al no disponer una codificación de las máquinas y componentes, se procede a realizar una codificación que sea comprensible y adecuada de manejar.

Sistema

XX XX

• Siglas abreviadas del sistema

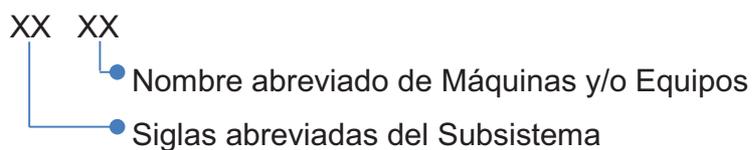
• Nombre abreviado de Máquina y/o equipos



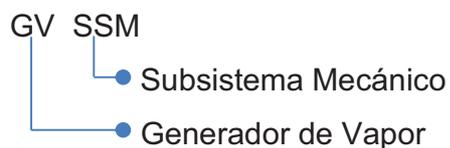
Generador de Vapor GV	Sistema	Código
	Sistema Alimentación de Combustible	GV SC
	Sistema Alimentación de Agua	GV SA
	Sistema de Control	GV STC
	Sistema Alimentación de Aire	GV SV
	Sistema de controles, medición y seguridad	GV SM
	Componentes del Sistema de Generación de Vapor	GV SO

Tabla 4. 6 Sistemas del Generador de Vapor

Subsistema



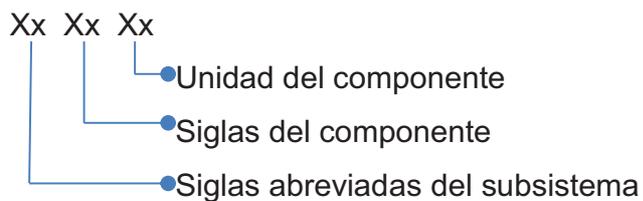
Ejemplo:



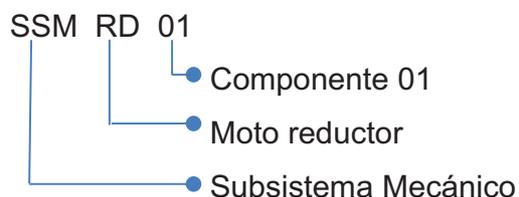
Generador de Vapor	Subsistema	Código
	Subsistema Mecánico	GV SSM
Subsistema Eléctrico	GV SSE	

Tabla 4. 7 Subsistemas del Generador de Vapor

Componentes



Ejemplo:



SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	CÓDIGO
SISTEMA ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE GV-SC	Subsistema Mecánico SSM	Reductor para tornillo helicoidal sin fin	SSM RT 01
		Acople de cadena	SSM AC 01
		Reductor para mover un brazo mecánico	SSM RT 02
		Mecanismos de transmisión	SSM TM 01
		Tornillo helicoidal sin fin	SSM TH 01
	Subsistema Eléctrico SSE	Motor eléctrico Trifásico 220 V para reductor del tornillo helicoidal sin fin	SSE ME 01
		Motor eléctrico Trifásico 220 V para reductor para mover un brazo mecánico	SSE ME 02
	SISTEMA ALIMENTACIÓN DE AGUA GV-SA	Subsistema Mecánico SSM	Bomba centrífuga
Válvula de bola para ingreso de agua a la bomba centrífuga			SSM VB 01
Válvula unidireccional para ingreso al caldero			SSM VU 01
Válvula unidireccional para salida de la bomba centrífuga			SSM VU 02
Válvula de globo para ingreso al caldero			SSM VG 01
Tanque de alimentación de agua para la bomba centrífuga			SSM TA 01
Válvula unidireccional para ingreso de agua condensada al tanque de alimentación de la cámara de secado número 1			SSM VU 03
Trampa de vapor para el ingreso de agua condesada de la cámara de secado número 1 al tanque de alimentación			SSM TV 01
Subsistema Eléctrico SSE		Motor eléctrico Trifásico 220 V para mover la bomba centrífuga	SSE ME 03

SISTEMA DE CONTROL GV-STC	Subsistema Eléctrico SSE	Interruptor de dos circuitos tipo palanca para el control ingreso de aserrín al hogar del caldero	SSE IC 01
		Interruptor de dos circuitos tipo palanca para energizar la sirena	SEE IC 02
		Interruptor de dos circuitos tipo palanca para energizar el control que activa el brazo mecánico	SEE IC 03
		Luces indicadoras de funcionamiento de contactares de los motores para mover el ventilador y brazo mecánico	SSE LI 01
		Luces indicadoras de funcionamiento de contactares de los motores para mover la bomba y el reductor del tornillo helicoidal sin fin	SSE LI 02
		Selector de muletilla para energizar el control del motor para mover la bomba	SSE SM 01
		Pulsador de emergencia	SSE PE 01
		Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueven bomba y reductor para el tornillo helicoidal sin fin	SSE BT 01
		Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueve el ventilador y reductor para el brazo mecánico	SSE BT 02
		Contactador de fuerza	SSE CT 01
		Contactador para el motor de la bomba	SSE CT 02
		Contactador para el motor del reductor del tornillo helicoidal sin fin	SSE CT 03
		Guardamotor para el motor de la bomba	SSE GM 01
		Guardamotor para el motor del reductor del tornillo helicoidal sin fin	SSE GM 02
		Contactador para el motor del reductor del brazo mecánico	SSE CT 04
		Contactador para el motor del ventilador	SSE CT 05
		Guardamotor para el motor del reductor del brazo mecánico	SSE GM 03
		Guardamotor para el motor del ventilador	SSE GM 04
Variador de frecuencia para el motor del	SSE VF 01		

		reductor tornillo helicoidal sin fin	
		Variador de frecuencia para el motor del ventilador	SSE VF 02
SISTEMA ALIMENTACIÓN DE AIRE GV-SV	Subsistema Mecánico SSM	Ventilador	SSM VT 01
	Subsistema Eléctrico SSE	Motor eléctrico Trifásico 220 V	SSE ME 04
SISTEMA DE CONTROL, MEDICIÓN Y SEGURIDAD GV-SM	Subsistema Mecánico SSM	Control de nivel tipo flotador Mcdonnell & Miller	SSM NF 01
		Indicador de nivel de cristal	SSM IN 01
		Válvula de seguridad	SSM VS 01
		Manómetro bourdon	SSM MB 01
		Manómetro de proceso tipo bourdon	SSM MB 02
		Válvula de globo para cierre y apertura del control de nivel tipo flotador	SSM VG 02
		Válvula de globo para cierre y apertura para purgar el caldero	SSM VG 03
		Chimenea	SSM CH 01
	Tubos de humo	SSM TBH 01	
	Subsistema Eléctrico SSE	Presostato diferencial	SSE PD 01
COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR GV-SO	Subsistema Mecánico SSM	Válvula unidireccional de ingreso de agua condensada del secador 2 al tanque de alimentación	SSM VU 03
		Trampa de vapor para ingreso de agua condensada del secador 2 al tanque de alimentación	SSM TV 02
		Trampa de vapor para ingreso de agua condensado de la salida del tanque de distribución	SSM TV 03
		Válvula de bola de cierre y apertura de la salida de agua condensada del tanque de distribución	SSM VB 02
		Tanque de distribución de agua caliente y vapor	SSM TD 01

		Válvula de globo de cierre y apertura para tanque de distribución de agua caliente y vapor	SSM VG 04
		Válvula de globo de cierre y apertura para vapor y agua caliente a la cámara de secado número 2	SSM VG 05
		Válvula de globo de cierre y apertura para la salida de vapor y agua caliente a la cámara de secado número 1	SSM VG 06
	Subsistema Eléctrico SSE	Electroválvula para cierre y apertura de agua caliente y vapor a la cámara de secado número 2	SSE EV 01
		Electroválvula para cierre y apertura de agua caliente y vapor a la cámara de secado número 1	SSE EV 02

Tabla 4. 8 Listado de componentes del Generador de Vapor

4.7.3 DEFINICIÓN DE TAREAS Y RESPONSABILIDADES

Debido a la inexistencia de personal de mantenimiento en la empresa MADEQUISA CIA.LTDA es difícil determinar tareas y responsabilidades a este departamento.

La única responsabilidades detectadas son la de los jefes de área, la tarea realizada por los mismos es informar la existencia de fallos potenciales o ya existentes de las maquinas y/o equipos correspondientes a sus área de trabajo hacia el área de administración, en el cual se especifica las posibles causas de la avería, si es necesaria asistencia externa y/o es posible realizar el mantenimiento por el personal auxiliar de correspondiente a cada área, como se puede observar en la Tabla 4. 9 Personal encargado de las diferentes áreas de producción de la empresa MADEQUISA

JEFES DE ÁREA	ÁREA DE PRODUCCIÓN
Gerardo De la Cruz Néstor Sntaxi	Puertas Sólidas
Humberto Cargua	Aserrió
José Timpatuña	Marcos y Batientes
Víctor Cóndor	Puertas Tamboradas
María Criollo	Tarugos

Tabla 4. 9 Personal encargado de las diferentes áreas de producción de la empresa MADEQUISA

4.7.4 TIPOS Y CODIFICACIÓN DE FALLOS

La clasificación de los diferentes tipos de fallos que pueden existir en las maquinas y/o equipos que conforman el proceso productivo de la empresa MADEQUISA, son los siguientes:

TIPO DE FALLO	CODIFICACIÓN
Avería del elemento	F 01
Desgaste del elemento	F 02
Elementos mal acoplados	F 03
Impacto	F 04
Recalentamiento	F 05
Corrosión	F 06
Atascamiento del elemento	F 07
Señales de entrada y/o salida defectuosos	F 08
Fugas	F 10
Protección Activada	F 11
Funcionamiento defectuoso de la válvula	F 12
Contactos deteriorados	F 13
Error de calibración	F 14
Baja eficiencia de sistema	F 15
No existe salida de gases de combustión	F 16
Fisuras	F 17
Rotura del elemento interno y/o del mismo	F 18

Tabla 4. 10 Codificación de fallas

4.7.5 FUNCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL GENERADOR DE VAPOR

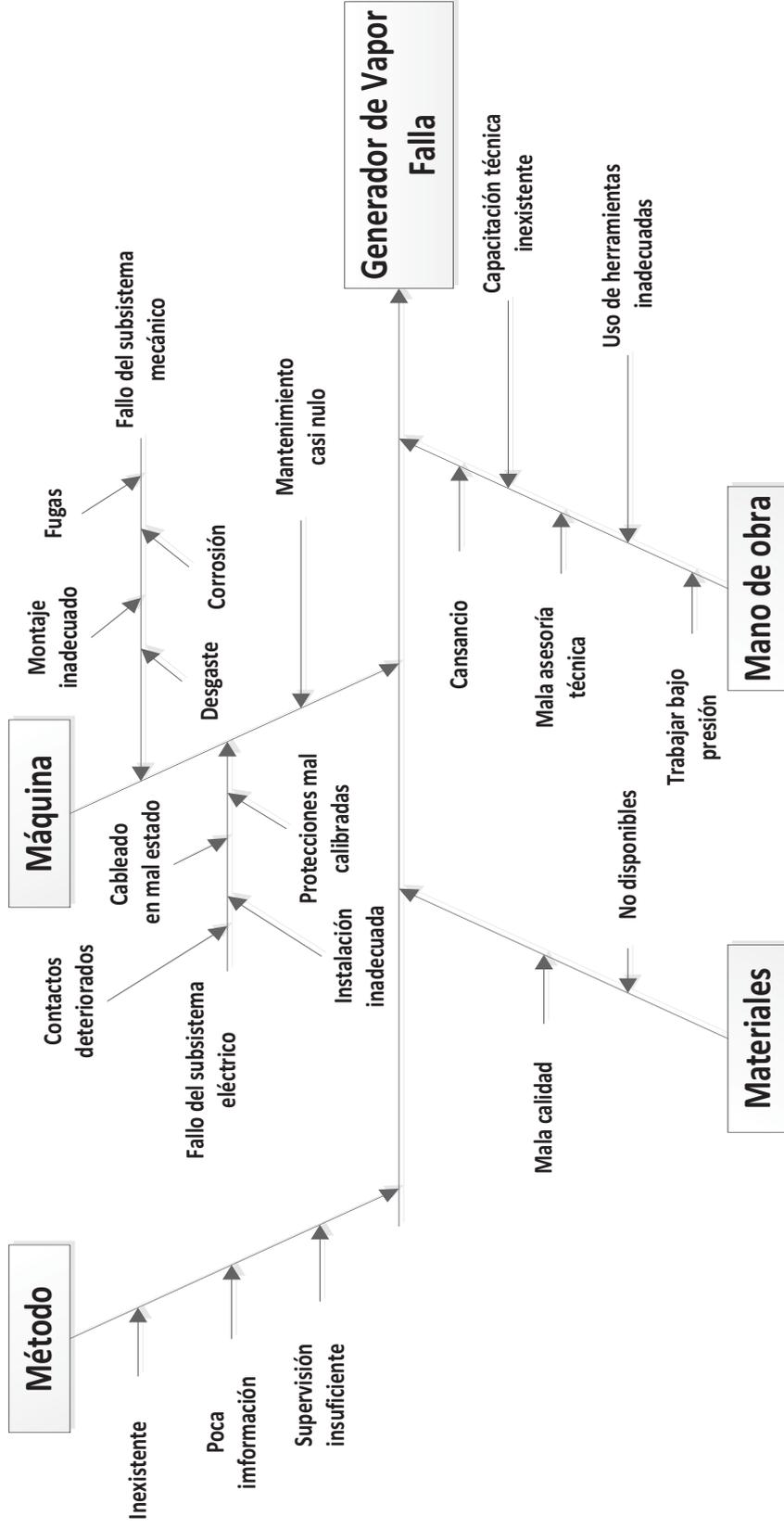
SISTEMA	FUNCIÓN	SUBSISTEMA	COMPONENTE	CÓDIGO	FUNCIÓN ESPECÍFICA
SISTEMA ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE GV-SC	Permitir la alimentación continua de combustible sólido al hogar del caldero en un volumen de 0.75 m ³	Subsistema Mecánico SSM	Reductor para mover un tornillo helicooidal sin fin	SSM RT 01	Reducir la velocidad de entrada de la máquina
			Acople de cadena	SSM AC 01	Permite unir dos piñones de cadena para acoplar y desacoplar con rapidez y facilidad los dos ejes
			Reductor para mover un brazo mecánico	SSM RT 02	Reducir la velocidad de entrada de la máquina
			Mecanismos de transmisión	SSM TM 01	Transforma el movimiento producido por un elemento motriz en un movimiento deseado para mover el tornillo helicooidal sin fin
			Tornillo de lamina helicooidal sin fin	SSM TH 01	Mover residuos de madera (aserrín) en dirección al hogar
			Motor eléctrico Trifásico 220 V para reductor del tornillo helicooidal sin fin	SSE ME 01	Transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables para mover los reductores
			Motor eléctrico Trifásico 220 V para reductor para mover un brazo mecánico	SSE ME 02	
			Bomba centrífuga	SSM BC 01	Bompear agua al interior del caldero
			Válvula de bola para ingreso agua a la bomba centrífuga	SSM VB 01	Sirve para regular el flujo de un fluido canalizado al ingreso de la Bomba centrífuga
			Válvula unidireccional para el ingreso al caldero	SSM VU 01	Cerrar por completo el paso de agua en circulación en un sentido y dejarlo libre en el contrario
Válvula unidireccional para salida de la bomba centrífuga	SSM VU 02				
Válvula de globo para ingreso al caldero	SSM VG 01	Detener o regular la circulación de agua mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en			
SISTEMA ALIMENTACIÓN DE AGUA GV-SA	Permitir la alimentación continua de agua al interior del domo o hervidor con un caudal 9 m ³ /h a una	Subsistema Mecánico SSM			

		forma parcial					
presión 60 PSI		Tanque de alimentación de agua para la bomba centrífuga	SSM TA 01	Almacenar agua para la caldera			
		Válvula unidireccional para ingreso de agua condensada al tanque de alimentación de la cámara de secado número 1	SSM VU 03	Cerrar por completo el paso de agua en circulación en un sentido y dejarlo libre en el contrario			
		Trampa de vapor para el ingreso de agua condensada de la cámara de secado número 1 al tanque de alimentación	SSM TV 01	Filtrar el condensado (es decir vapor condensado) y gases no condensables como lo es el aire esto sin dejar escapar al vapor			
	Subsistema Eléctrico SSE		Motor eléctrico Trifásico 220 V para mover la bomba centrífuga	SSE ME 03	Transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables		
			Interruptor de dos circuitos tipo palanca para el control ingreso de aserrín al hogar del caldero	SSE IC 01	Cortar la alimentación de 2 fuentes separadas		
				Interruptor de dos circuitos tipo palanca para energizar la sirena		SEE IC 02	
				Interruptor de dos circuitos tipo palanca para energizar el control que activa el brazo mecánico		SEE IC 03	
			Subsistema Eléctrico SSE		Luces indicadoras de funcionamiento de contactores de los motores para mover el ventilador y brazo mecánico	SSE LI 01	Indicar el adecuado funcionamiento de todos los circuitos de fuerza y control
					Luces indicadoras de funcionamiento de contactores de los motores para mover la bomba y el reductor del tornillo helicoidal sin fin	SSE LI 02	
			SISTEMA DE CONTROL GV-STC	Alojar a todos los componentes que forman el circuito fuerza con un voltaje de trabajo de 220 V y una potencia 6.633 KVA El circuito de mando con un voltaje de trabajo de 220V	Selector de muletilla para energizar el control del motor para mover la bomba	SSE SM 01	Permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.
Pulsador de emergencia	SSE PE 01	Parar la máquina lo más rápidamente posible, capaz de					

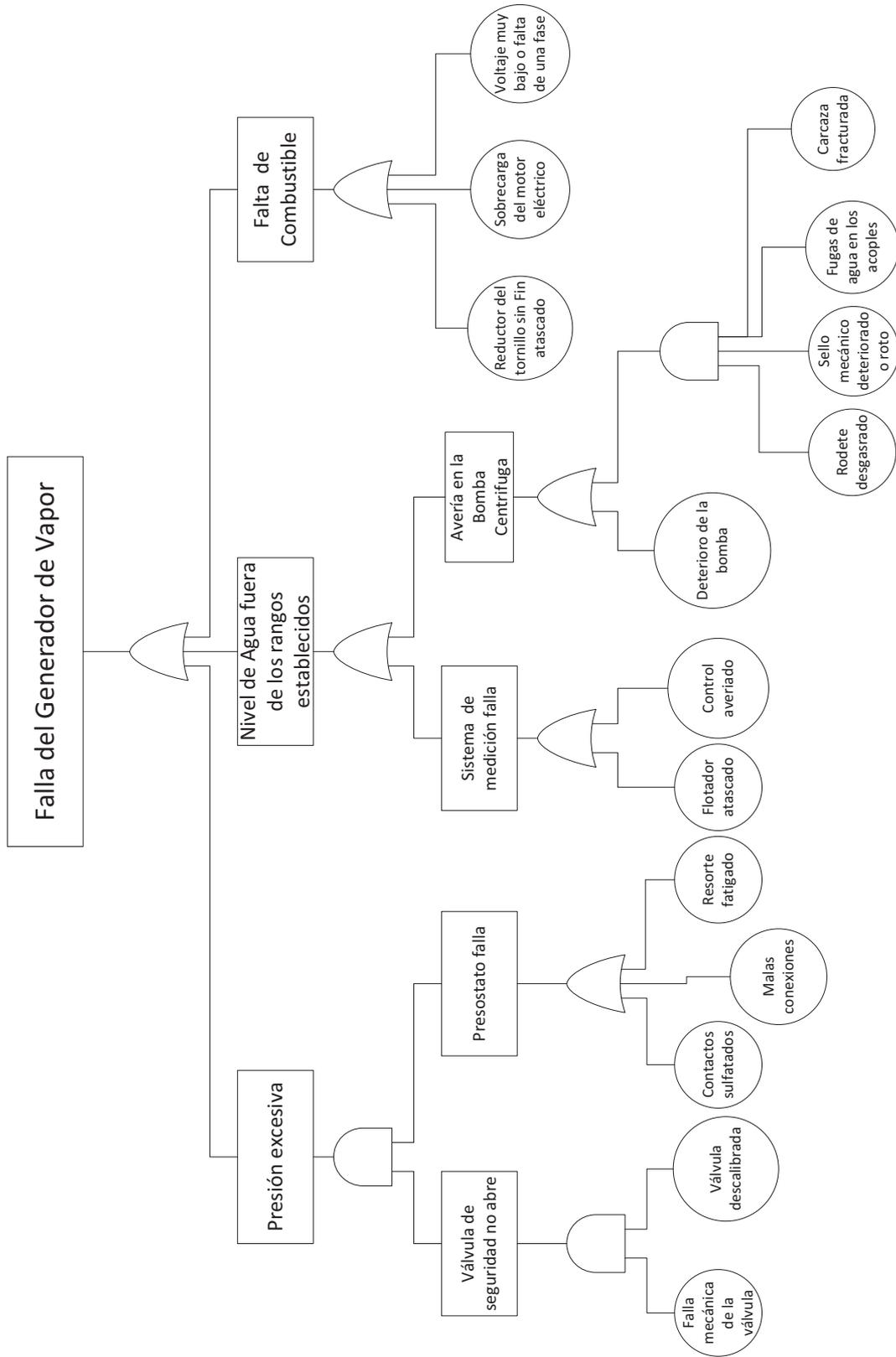
SISTEMA ALIMENTACIÓN DE AIRE GV-SV	Proporcionar un volumen de aire de 126m ³ /min a una presión de ± 5 PSI	Subsistema Mecánico SSM Subsistema Eléctrico SSE	Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueven bomba y reductor para el tornillo helicoidal sin fin	SSE BT 01	Interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito	de cortar la corriente máxima
			Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueve el ventilador y reductor para el brazo mecánico	SSE BT 02	Establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina y permite maniobrar a distancia	
			Contactor de fuerza	SSE CT 01	Proteger contra sobrecargas, cortocircuitos, maniobras manuales de cierre y apertura y señalización	
			Contactor para el motor de la bomba	SSE CT 02	Sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor	
			Contactor para el motor del reductor del tornillo helicoidal sin fin	SSE CT 03	Desplazar aire al interior del hogar	
			Contactor para el motor del reductor del brazo mecánico	SSE CT 04	Transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos	
			Contactor para el motor del ventilador	SSE CT 05		
			Guardamotor para el motor de la bomba	SSE GM 01		
			Guardamotor para el motor del reductor del tornillo helicoidal sin fin	SSE GM 02		
			Guardamotor para el motor del reductor del brazo mecánico	SSE GM 03		
			Guardamotor para el motor del ventilador	SSE GM 04		
			Variador de frecuencia para el motor del reductor tornillo helicoidal sin fin	SSE VF 01		
			Variador de frecuencia para el motor del ventilador	SSE VF 02		
			Ventilador	SSM VT 01		
			Motor eléctrico Trifásico 220 V	SSE ME 04		

	para producir una adecuada combustión en el hogar del caldero				variables
SISTEMA DE CONTROL, MEDICIÓN Y SEGURIDAD GV-SM		Subsistema Mecánico SSM	Control de nivel tipo flotador Mcdonnell & Miller	SSM NF 01	Opera de dos maneras diferentes: lo primero es detener el encendido de la caldera cuando el agua esta bajo un nivel seguro de operación y lo segundo es controlar el flujo de agua de alimentación, para mantener la caldera trabajando a un nivel apropiado
			Indicador de nivel de cristal	SSM IN 01	Indicar la cantidad de agua presente en el caldero
			Válvula de alivio de presión	SSM VS 01	Liberar un fluido cuando la presión interna de un sistema que lo contiene supere el límite establecido
			Manómetro bourdon	SSM MB 01	Sirve para medir la presión de fluido
			Manómetro de proceso tipo bourdon	SSM MB 02	
			Válvula de globo para cierre y apertura del control de nivel tipo flotador	SSM VG 02	Detener o regular la circulación de agua mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial el conducto
			Válvula de globo para cierre y apertura para purgar el caldero	SSM VG 03	Sirve para realizar la descarga de impurezas que se sedimentan en el interior de la caldera.
			Chimenea	SSM CH 01	Dirigir los gases producto de la combustión hacia la atmósfera

4.7.5.1 Diagrama de Ishikawa para el generador de vapor



4.7.5.2 Diagrama de árbol de falla para el generador de vapor



4.7.6 TABLAS AMFE

4.7.6.1 Sistema de alimentación de combustible

4.7.6.1.1 Subsistema mecánico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	Alimentación de combustible	FACILITADOR	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO	HOJA NÚMERO
	SUBSISTEMA	Mecánico	REVISADO POR		G	O	D		
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTO						
Reductor para tornillo helicoidal Relación 1 a 60	Desgaste de elementos internos	SSM RT F02	Ruido en la caja reductora	Falta de lubricación	6	4	3	72	Normal
	Rotura de elementos internos (Piñones)	SSM RT F18	Giro del piñón no es continuo	Mal acople de elementos	7	3	3	63	Normal
	Elemento mal acoplado a la estructura de la máquina	SSM RT F03	No se mantiene fija	Piñón interno con dientes rotos	5	3	3	45	Normal
Acople de cadena	Elemento mal acoplado	SSM AC F02	Eje de brazo no gira correctamente	Desalineación de los ejes	7	3	6	126	Fallo Potencial
	Rotura de elemento	SSM AC F18	Eje de brazo no gira	Pernos de sujeción flojos	4	3	2	24	Normal
				Instalación incorrecta	4	3	3	36	Normal
				Eslabón de la cadena de acople rota	4	3	3	24	Normal

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA	Alimentación de combustible	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	CONDICIÓN ACTUAL			CAUSA	ESTADO	
				SUBSISTEMA	Mecánico	REVISADO POR			G
COMPONENTE	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTO						
Reductor para mover un brazo mecánico Input RPM: 1800 Input HP: 20	Desgaste de elementos internos	SSM RT F02	Ruido en la caja reductora	Mal acople de elementos	7	3	3	63	Normal
	Rotura de elementos internos (Piñones)	SSM RT F19	Giro del piñón no es continuo	Piñón interno con dientes rotos	5	3	3	45	Normal
	Elemento mal acoplado a la estructura de la máquina	SSM RT F03	No se mantiene fija	Desafinamiento de los ejes	7	3	6	126	Fallo Potencial
Mecanismos de transmisión	Fuga de aceite	SSM RT F10	Ruido en la caja reductora	Empaques deteriorados	5	4	4	80	Normal
	Elemento mal acoplado	SSM AC F02	Ejes acoplados al mecanismo no gira correctamente	Instalación defectuosa	5	4	4	80	Normal
	Rotura de elemento	SSM AC F19	Ejes acoplados al mecanismo no gira	Eslabones de cadena rotos	6	3	3	74	Normal
				Piñón con dientes rotos	5	3	4	60	Normal

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA	Alimentación de combustible	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	CONDICIÓN ACTUAL				ESTADO	
				G	O	D	NPR		
SUBSISTEMA	Mecánico	REVISADO POR							
MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA					ESTADO	
Tornillo helicoidal SSM TH 01	Desgaste de elementos	Ruido extraño	Rodamientos defectuosos	5	4	7	140	Falla Potencial	
	Rotura de elementos	Ingreso de aserrín defectuoso	Alabes torcidos	3	2	4	24	Normal	
	Elemento mal acoplado a la estructura de la máquina	Existe vibraciones en la estructura	Mala combustión	4	3	6	72	Normal	
	Atascamiento del elemento	Tornillo helicoidal no gira	Pernos flojos	4	3	3	36	Normal	
				Acumulación excesiva de residuos de madera	5	2	4	40	Normal

4.7.6.1.2 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS												
COMPONENTE	SISTEMA	FACILITADOR	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTO	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL				ESTADO	
	SUBSISTEMA	REVISADO POR					G	O	D	NPR		
 Motor eléctrico Trifásico 220 V amperaje 3.5 A, para reductor del tornillo helicoidal	Alimentación de combustible											
	Eléctrico											
	Desgaste de Rodamientos	SSE ME F02	Ruido en el motor eléctrico	Instalación defectuosa de rodamientos	6	5	4	120			Fallo Potencial	
	Elemento mal acoplado a la estructura de la máquina	SSE ME F03	Existe vibraciones en la estructura	Rodamientos cumplieron su vida útil	6	6	4	144			Fallo Potencial	
	Atascamiento del eje	SSE ME F07	Eje del motor no gira	Pernos y carcasa flojos	5	4	3	60			Normal	
	Protección Activada	SSE ME F11	Motor eléctrico no energiza	Desalineación de eje	6	5	5	150			Fallo Potencial	
	Contactos deteriorados	SSE ME F13	Interruptor de mando no se activa	Sobrecarga	5	4	4	80			Normal	
				Cortocircuito	4	3	4	48			Normal	
				Mecanismo dañado	5	4	4	80			Normal	
				Amperaje muy elevada	6	4	3	72			Normal	

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	Alimentación de combustible	FACILITADOR	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL				ESTADO
	SUBSISTEMA	Eléctrico	REVISADO POR		G	O	D	NPR	
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO						
 Motor eléctrico Trifásico 220 V amperaje 3 A, para reductor para mover un brazo mecánico	Desgaste de Rodamientos	SSE ME F02	Ruido en el motor eléctrico	Instalación defectuosa de rodamientos	6	5	4	120	Fallo Potencial
	Atascamiento del eje	SSE ME F07	Eje del motor no gira	Rodamientos cumplieron su vida útil	6	6	4	144	Fallo Potencial
	Protección Activada	SSE ME F11	Motor eléctrico no energiza	Desalineación de eje	6	5	5	150	Fallo Potencial
	Contactos deteriorados	SSE ME F13	Interruptor de mando no se activa	Sobrecarga	5	4	4	80	Normal
	Sobre calentamiento de bobinados	SSE ME F05	Guardamotor activado	Cortocircuito	4	3	4	48	Normal
				Mecanismo dañado	5	4	4	80	Normal
				Amperaje muy elevada	6	4	3	72	Normal
				Acumulación de polvo y aserrín	4	6	4	96	Normal

4.7.6.2 Sistema de alimentación de agua

4.7.6.2.1 Subsistema mecánico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	Alimentación de agua	FACILITADOR	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL				ESTADO
	SUBSISTEMA	Mecánico	REVISADO POR		G	O	D	NPR	
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO						
Bomba centrífuga Q= 9 m ³ /h Presión: 60 PSI	Rotura del impulsor	SSM BC F18	Presión por debajo del óptimo	Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	6	4	7	168	Fallo Potencial
	Rotura del sello mecánico y empaquetaduras	SSM BC F18	Goteo excesivo y averías en las caras de los sellos que acortan su duración y reduce el rendimiento	Enfriamiento y lubricación inadecuada	5	3	4	60	Normal
Válvula de bola para ingreso agua a la bomba centrífuga	Impulsor mal acoplado	SSM BC F03	Caudal por debajo del óptimo de funcionamiento	Contaminación con partículas abrasivas	4	2	7	56	Normal
	Desgaste Abrasivo	SSM BC F02	Alta temperatura en la bomba	Vibraciones	4	4	5	80	Normal
	Atascamiento del elemento	SSM VB F07	Impedimento de ingreso de agua al impulsor de la bomba centrífuga	Agua con muchos sedimentos	4	3	6	72	Normal
SSM BC 01	Desgaste abrasivo	SSM VB F02	El accionar de la válvula no cierran y abren adecuadamente	Esfera obstruida por contaminación de sedimentos	6	5	5	150	Fallo Potencial
				Corrosión por vapor, agua y sedimentos	4	4	5	80	Normal
					4	3	5	60	Normal

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS												
SISTEMA	Alimentación de agua	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	SUBSISTEMA	Mecánico	REVISADO POR	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL				ESTADO
								G	O	D	NPR	
COMPONENTE	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTO	CAUSA					ESTADO			
 Válvula unidirección al para ingreso al caldero - Salida de la bomba centrifuga - Ingreso de agua condensada al tanque de alimentación de la cámara de secado número 1	Desgaste del elemento	SSM VU F02	Inversión de flujo en la tubería, bajo nivel de agua en la caldero, bomba centrifuga y tanque de condensado	Desgaste del resorte por fatiga	3	2	6	36	Normal			
	Atascamiento del elemento	SSM VU F07	Impedimento de ingreso de agua al caldero, bomba centrifuga y tanque de condensado	Asiento del disco desgastado	3	3	6	54	Normal			
SSM VU 01 – 03	Atascamiento del elemento	SSM VG F07	Impedimento de ingreso de agua al caldero	Acumulación de sedimentos	4	3	5	60	Normal			
	Desgaste del elemento	SSM VG F02	Mecanismos no cierran y abren adecuadamente	Corrosión por vapor, agua y sedimentos	3	3	5	45	Normal			

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS											
SISTEMA	Alimentación de agua	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	SUBSISTEMA	Mecánico	REVISADO POR	CONDICIÓN ACTUAL				ESTADO
							G	O	D	NPR	
COMPONENTE	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA					ESTADO		
 Trampa de vapor de balde invertido para el ingreso de agua condensada de la cámara de secado número 1 al tanque de alimentación	Fugas	SSM TV F10	Escape de vapor y agua condensada	Empaques deteriorados	4	2	5	40	Normal		
	SSM TV 01	Funcionamiento defectuoso de la válvula	No existe salida de agua condensada	Palanca diferencial rota	4	3	5	60	Normal		
Tanque de alimentación de agua para la bomba centrífuga	Fugas de agua	SSM TA F10	Escape de agua en menor proporción de un litro/hora	Válvula de descarga deteriorada	6	3	8	144	Fallo Potencial		
	SSM TA 01	Fisuras	Escape de agua en mayor proporción o Tanque de alimentación carente de agua	Mal acople de los accesorios	4	3	5	60	Normal		
		SSM TA F17		Golpes, corrosión y fatiga térmica	3	3	6	54	Normal		

4.7.6.3 Sistema de control

4.7.6.3.1 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	FACILITADOR	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO		
	SUBSISTEMA	REVISADO POR		G	O	D		NPR	
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTO						
 Interruptor de dos circuitos tipo palanca Amperaje: 5 A Voltaje: 220 V para energizar el control ingreso de aserrín al hogar	Control Eléctrico	SSE IC F01	No se activa o desactiva el control del motor eléctrico	4	3	4	48	Normal	
				Avería del elemento	4	2	5	40	Normal
					4	2	3	24	Normal
					4	3	2	24	Normal

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA	SUBSISTEMA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTO	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO	HOJA NÚMERO
					G	O	D		
	SSE LI 01-02	Avería del elemento	Luces no se encienden cuando se energiza el control	Foco de control quemado	4	3	4	48	Normal
				Vida útil excedida	4	2	3	24	Normal
Selector de muletilla para control del motor eléctrico para bomba mecánica	SSE SM 01	Avería del elemento	No se activa o desactiva el control del motor eléctrico	Contactos deteriorados	4	3	4	48	Normal
				Vida útil excedida	4	2	3	24	Normal
				Contactos deteriorados	4	3	4	48	Normal
				Cableado flojo	4	2	3	24	Normal

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
SISTEMA	Facilitador		MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTO	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			HOJA NÚMERO
	Control	REVISADO POR					G	O	D	
SUBSISTEMA	Eléctrico									
COMPONENTE										
Pulsador de emergencia	SSE PE 01	Avería del elemento	SSE PE F01	No permite abrir el circuito eléctrico	Contactos deteriorados	6	5	5	150	Fallo Potencial
						4	2	3	24	Normal
Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueven bomba y reductor para el tornillo helicoidal sin fin	SSE BT 01	Avería del elemento	SSE BT F01	Riesgo de sobrecarga	Cortocircuito	4	3	6	72	Normal
						7	5	4	140	
Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueve el ventilador y reductor para el brazo mecánico	SSE BT 02	Protección Activada	SSE BT F-11	No se cierra el circuito	Error de conexión	8	4	4	128	Fallo Potencial
						7	5	4	140	
Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueve el ventilador y reductor para el brazo mecánico	SSE BT 02	Protección Activada	SSE BT F11	No se cierra el circuito	Error de conexión	8	4	4	128	Fallo Potencial
						7	5	4	140	

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	Control	FACILITADOR	CONDICIÓN ACTUAL			CAUSA	EFECTO	ESTADO
	SUBSISTEMA	Eléctrico	REVISADO POR	G	O	D			
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA							
 Contactor para el motor del reductor del tornillo helicoidal, reductor del brazo mecánico, Fuerza, Bomba Centrifuga y Ventilador	Avería del elemento	SSE CT F01	Contactor no energiza	4	4	5	80	Normal	
	Desgaste del elemento	SSE CT F02	Contactor no desenergiza	6	4	7	168	Fallo Potencial	
	Contactos deteriorados	SSE CT F13	No envía la señal para energizar los motores eléctricos	4	3	4	48	Normal	
				4	3	5	60	Normal	

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA	Control	FACILITADOR	HOJA NÚMERO						
	SUBSISTEMA		Eléctrico	REVISADO POR					
COMPONENTE	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTO	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO	
					G	O	D		NPR
Guardamotor para el motor eléctrico de la bomba y del reductor del tornillo helicoidal	Avería del elemento	SSE GM F01	Motor eléctrico no cambia de estado ante un anomalía eléctrica	Acumulación de residuos de polvo y aserrín en su interior	6	4	7	168	Fallo potencial
	Contactos deteriorados	SSE GM F13	No envían la señal para apagar el motor eléctrico	Cableado flojo	4	3	5	60	Normal
				Contactos sulfatados	5	2	4	40	Normal

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA	FACILITADOR		CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO			
	Control	REVISADO POR					G	O	D
SUBSISTEMA	Eléctrico		CAUSA			ESTADO			
MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTO	CAUSA			ESTADO			
 <p>Variador de frecuencia para el motor eléctrico del reductor tornillo helicoidal con señal de salida trifásica de 200-230 V, intensidad 2.5 A y el Ventilador con señal de salida trifásica 0 a 230 V, intensidad 6 A, frecuencia variable de 0 a 650 Hz</p>	SSE VF F01	Motor eléctrico no cambia de estado	Cortocircuito	3	4	6	54	Normal	
	SSE VF F13	No envía señal para activar el motor eléctrico	Daño interno	6	3	8	144	Fallo Potencial	
	SSE VF F08	Motor eléctrico no cambia de estado o no energiza dependiendo de la señal	Cableado flojo	3	2	5	30	Normal	
	SSE VF F14	No envía señal para operar en condiciones óptimas	Contactos sulfatados	4	3	5	60	Normal	
	SSE VF F02	Motor eléctrico no cambia de estado o no energiza dependiendo de la señal	Interferencia en el cableado	4	2	6	48	Normal	
	SSE VF F14	No envía señal para operar en condiciones óptimas	Desconocimiento de funcionamiento del operario	6	3	7	126	Fallo Potencial	

4.7.6.4 Sistema de alimentación de aire

4.7.6.4.1 Subsistema mecánico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS											
COMPONENTE	SISTEMA	Alimentación de aire	FACILITADOR	CAUSA	EFECTO	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTO	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO
	SUBSISTEMA	Mecánico	REVISADO POR					G	O	D	
 Ventilador Centrifugo Caudal de aire: 126m ³ /min a una presión de ± 5 PSI	Desgaste del impulsor	SSM VT F02	Insuficiente Caudal de aire (Mala combustión)	Excesivas horas de trabajo	4	3	5	60			Normal
	Baja eficiencia de sistema	SSM VT F15	Motor eléctrico con bajas revoluciones de trabajo	Tensión menor a la nominal	3	2	3	18			Normal
	Impulsor mal acoplado	SSM VT F03	Ruido extraños	Perno de sujeción flojo	4	3	3	36			Normal

4.7.6.4.2 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
COMPONENTE	SISTEMA	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO		
	SUBSISTEMA	REVISADO POR			G	O	D		NPR	
 Motor eléctrico Trifásico Voltaje: 220 V Amperaje: 3.8 A	Alimentación de aire									
	Eléctrico									
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO							
	Desgaste de Rodamientos	SSE ME F02	Ruido en el motor eléctrico							
	Atascamiento del eje	SSE ME F07	Eje del motor no gira							
	Protección Activada	SSE ME F11	Motor eléctrico no energiza							
	Contactos deteriorados	SSE ME F13	Interruptor de mando no se activa							
	Recalentamiento de bobinados	SSE ME F05	Guardamotor activado							
					Instalación defectuosa de rodamientos	6	5	4	120	Fallo Potencial
					Rodamientos cumplieron su vida útil	6	6	4	144	Fallo Potencial
				Desalineación de eje	6	5	5	150	Fallo Potencial	
				Sobrecarga	4	3	5	60	Normal	
				Cortocircuito	4	3	4	48	Normal	
				Mecanismo dañado	3	2	5	80	Normal	
				Amperaje muy elevada	6	4	3	72	Normal	
				Acumulación de polvo y aserrín	4	6	4	96	Normal	

4.7.6.5 Sistema de control, medición y seguridad

4.7.6.5.1 Subsistema mecánico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	Controles, medición y seguridad	FACILITADOR	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO	HOJA NÚMERO
	SUBSISTEMA	Eléctrico	REVISADO POR		G	O	D NPR		
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO						
Control de nivel tipo flotador Mcdonnell & Miller	Avería del elemento	SSM PE F01	No se apaga o enciende la bomba de alimentación de agua adecuadamente	5	3	5	75	Normal	
			Aumento de la presión interna de la caldera	4	3	5	60	Normal	
Indicador de nivel de cristal	Fugas	SSM IN F10	Inexactitud en el nivel visualizado	3	4	4	48	Normal	
Válvula de seguridad	Avería del elemento	SSM VS F01	Presión del caldero es mayor a los rangos nominales de operación	5	4	5	80	Normal	
				4	3	6	76	Normal	
			Remordida por presencia de sólidos e incrustaciones	5	4	7	140	Fallo Potencial	
	Error de calibración y regulación	SSM VS F14	Válvula no abre al rango de presión establecida	4	3	4	48	Normal	

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
SISTEMA	Control, medición y seguridad	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	SUBSISTEMA	Mecánico	REVISADO POR	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO
							G	O	D	
MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA							
Manómetro bourdon Rango de presión máxima: 25 BAR	SSM MB 01	Lecturas inexactas y erróneas del mismo	Daños por vibraciones o golpes	3	3	6	54		Normal	
			Presión excesiva mayor al rango de medida	3	2	6	36		Normal	
Manómetro de proceso tipo bourdon rango de presión máxima: 100 PSI	SSM MB 02	Lecturas inexactas y erróneas del mismo	Daños por vibraciones o golpes	3	3	6	54		Normal	
Válvula de globo para cierre y apertura del control de nivel tipo flotador	SSM VG 02	Mecanismos no abren o cierran adecuadamente	Corrosión por fatiga térmica	4	3	5	75		Normal	
		Impedimento de ingreso de agua al control de nivel	Presencia de sedimentos	3	3	7	63		Normal	
Válvula de globo para cierre y apertura para purgar el caldero	SSM VG 03	Mecanismos no abren o cierran adecuadamente	Corrosión por fatiga térmica	4	3	5	60		Normal	
		Impedimento en la purga de sólidos	Presencia de sedimentos	3	3	7	63		Normal	

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO		
	SUBSISTEMA	REVISADO POR	CAUSA	G	O	D		NPR	
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTO	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO		
Tubos de humos	Fuga de los gases de combustión	SSM TBH F10	Pedida de presión en la caldera	4	5	4	80	Normal	
	No existe salida de gases de combustión	SSM TBH F16	Acumulación de hollín	4	3	7	84	Normal	
Chimenea	Fisuras	SSM CM F17	Contaminación por la inadecuada evacuación de gases	3	2	6	36	Normal	
	Fugas	SSM CM F10	Escape de los gases de combustión por el desgaste de uniones y empaques	3	3	6	54	Normal	
	No existe salida de gases de combustión	SSM CM F16	Ahogamiento de caldera por los gases de combustión que no son evacuados	3	2	6	36	Normal	

4.7.6.5.2 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	Facilitador	FACILITADOR	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL				ESTADO
	SUBSISTEMA	Revisado por	REVISADO POR		G	O	D	NPR	
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTO						
Presostato diferencial (Bulbo de mercurio)	Contactos deteriorados	SS2 PD F13	No enciende y apaga la caldera	Bulbos rotos	4	4	3	48	Normal
	Atascamiento del elemento	SSM PD F07	No censa la presión interna de la caldera para el encendido y apagado de la caldera	Volatilidad del mercurio	4	3	3	36	Normal
				Resorte Fatigado	6	4	7	168	Falla Potencial

4.7.6.6 Componentes del sistema de generación de vapor

4.7.6.6.1 Subsistema mecánico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS												
COMPONENTE	SISTEMA	FACILITADOR	CAUSA	EFECTO	CÓDIGO DE FALLA	REVISADO POR	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO		
	SUBSISTEMA	Componentes del sistema de generación de vapor					G	O	D		NPR	HOJA NÚMERO
	MODO FALLA											
	Válvula unidireccional de ingreso de agua condensada del secador 2 al tanque de alimentación	SSM VU 03	Desgaste del elemento	Inversión de flujo en la tubería	SSM VU F02		Desgaste del resorte por fatiga	4	3	6	72	Normal
	Atascamiento del elemento			Impedimento de ingreso de agua condensada al tanque de alimentación			Asiento del disco desgastado	4	3	6	72	Normal
SSM TV 02	Trampa de vapor para ingreso de agua condensada del secador 2 al tanque de alimentación		Fugas	Escape de vapor y agua condensada	SSM TV F10		Empaques deteriorados	4	2	5	40	Normal
	Funcionamiento defectuoso de la válvula		Desgaste del elemento	No permita la salida de fluido	SSM TV F02		Válvula de descarga deteriorada	5	2	6	60	Normal
				No existe salida de agua condensada	SSM TV F12		Balde obstruido por sedimentos y residuos	6	3	8	144	Fallo Potencial

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
SISTEMA	COMPONENTES del sistema de generación de vapor	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO			
				G	O	D		NPR		
SUBSISTEMA	REVISADO POR	EFEECTO	CAUSA							
MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA							
	SSM VB 02	Desgaste del elemento	SSM VB F02	Mecanismos no abre o cierran adecuadamente	Corrosión y fatiga térmica	5	2	6	60	Normal
		Atascamiento del elemento	SSM VB F07	Impedimento de salida de agua condensada del tanque de distribución	Acumulación de sedimentos	3	3	5	45	Normal
SSM TV 03	SSM TV F10	Fugas	SSM TV F10	Escape de vapor y agua condensada	Empaques deteriorados	4	2	5	40	Normal
		Desgaste del elemento	SSM TV F02	No permita la salida de fluido	Válvula de descarga deteriorada	5	2	6	60	Normal
		Funcionamiento defectuoso de la válvula	SSM TV F12	No existe salida de agua condensada	Balde obstruido por sedimentos y residuos	6	3	8	144	Fallo Potencial

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS											
SISTEMA	Componentes del sistema de generación de vapor	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	SISTEMA	SUBSISTEMA	REVISADO POR	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO
								G	O	D	
MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO									
Válvula de globo de cierre y apertura para tanque de distribución de agua caliente y vapor	SSM VG 04	Desgaste del elemento	SSM VG F02	Mecanismos no abre o cierra adecuadamente	Corrosión y fatiga térmica	4	3	6	72	Normal	
		Fugas de agua y vapor	SSM VG F07	Escape de vapor y agua	Empaques deteriorados	5	3	6	90	Normal	
Válvula de globo de cierre y apertura para vapor y agua caliente a la cámara de secado número 1 y 2	SSM VG 05-06	Desgaste del elemento	SSM VG F02	Mecanismos no abre o cierra adecuadamente	Corrosión y fatiga térmica	4	3	6	72	Normal	
		Atascamiento del elemento	SSM VG F07	Impedimento de ingreso de agua caliente y vapor a la cámara de secado número 2	Acumulación de sedimentos	3	3	5	45	Normal	

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA		Componentes del sistema de generación de vapor	FACILITADOR	HOJA NÚMERO					
SUBSISTEMA		Mecánico	REVISADO POR						
MODO FALLA		CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL			ESTADO	
					G	O	D	NPR	
Tanque de distribución de agua caliente y vapor	Fugas	SSM TD F10	Desperdicio de agua y vapor	Mal acoplamiento de accesorios	5	4	4	80	Normal
	Fisuras	SSM TD F17	Escape de vapor y agua caliente en gran proporción	Golpes, corrosión y fatiga térmica	3	4	6	72	Normal

4.7.6.6.2 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
COMPONENTE	SISTEMA	FACILITADOR	HOJA NÚMERO							ESTADO
	SUBSISTEMA	REVISADO POR								
	MODO FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA	CONDICIÓN ACTUAL					
					G	O	D	NPR		
	Electroválvula para cierre y apertura de agua caliente y vapor a la cámara de secado número 2	SSE EV 01	Perdida de presión	Instalación inadecuada	4	3	4	48	Normal	
				Empaque deteriorados	4	4	7	112	Fallo Potencial	
	Atascamiento del elemento	SSM EV F07	El mecanismo no cambia de posición	Fallo de la bobina solenoide	3	4	5	60	Normal	
	Fugas	SSM EV F10	Perdida de presión	Instalación inadecuada	4	3	4	48	Normal	
				Empaques deteriorados	4	4	7	112	Fallo Potencial	
	Atascamiento del elemento	SSM EV F18	El mecanismo no cambia de posición	Fallo de la bobina solenoide	3	4	5	60	Normal	

4.7.7 TABLA DE ACCIONES CORRECTIVAS

4.7.7.1 Sistema de alimentación de combustible

4.7.7.1.1 Subsistema mecánico

TABLA DE CORRECTIVOS										
COMPONENTE	SISTEMA	Alimentación de combustible	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA CONDICIÓN			COMENTARIO
							G	O	D	
		Mecánico	REVISADO POR							
Reductor para tornillo helicoidal	SSM RT 01	Desalineación de los ejes	Desmontar el reductor y volver alinear los ejes motrices del mismo			7	1	6	42	Escuchar si existe presencia de ruido fuera de lo normal y verificar los cojinetes que estos no sean la causa
Reductor para mover un brazo mecánico	SSM RT 02	Desalineación de los ejes	Desmontar el reductor y volver alinear los ejes motrices del mismo			7	1	6	42	Escuchar si existe presencia de ruido fuera de lo normal y verificar los cojinetes que estos no sean la causa
Tornillo helicoidal	SSM TH 01	Rodamientos defectuosos	Reemplazo			5	4	7	35	Verificar el periodo de cambio anterior

4.7.7.1.2 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS								
COMPONENTE	SISTEMA	Alimentación de combustible	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	NUEVA CONDICIÓN			COMENTARIOS
	SUBSISTEMA	Eléctrico	REVISADO POR	G	O	D	NPR	
	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA					
Motor eléctrico Trifásico 220 V para reductor del tornillo helicoidal	SSE ME F02	Instalación defectuosa de rodamientos	Desmontar los rodamientos y volver a instalarlos	6	1	4	24	No calentar toda la superficie de los rodamientos y utilizar prensa o métodos conocidos para no afectar la operatividad de los rodamientos
		Rodamientos cumplieron su vida útil	Reemplazarlo	6	1	4	24	Verificar el periodo de cambio anterior
	SSE ME F07	Desalineación de eje	Desmontar el motor y volver alinear los ejes motrices del mismo	6	1	5	30	Verificar el estado de rodamientos y cojines para ver si no son la posible causa

4.7.7.2 Sistema de alimentación de agua

4.7.7.2.1 Subsistema mecánico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA		Alimentación de agua	FACILITADOR	HOJA NÚMERO					
SUBSISTEMA		Mecánico	REVISADO POR						
COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA CONDICIÓN			COMENTARIO		
				G	O	D		NPR	
 Bomba centrífuga Q= 9 m ³ /h P: 60 PSI	SSM BC F18	Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	Instalar un filtro al ingreso de agua a la bomba	6	1	7	42	El filtro se debe instalar al ingreso y salida de agua con uniones universales para su fácil montaje y desmontaje	
	SSM BC F02	Agua con muchos sedimentos	Realizar purgas frecuentes tanto en el tanque de condensado como en la caldera, para evitar la acumulación de sólidos en el agua	6	1	5	30	Realizar esta maniobra una vez terminado el programa de secado de los dos secadores	
Trampa de vapor para el ingreso de agua condensada de la cámara de secado número 1 al tanque de alimentación	SSM TV F12	Válvula de descarga deteriorada	Reemplazarla la trampa	6	1	8	54	Verificar el catalogo	

4.7.7.2.2 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA		Alimentación de combustible	FACILITADOR	HOJA NÚMERO					
SUBSISTEMA		Eléctrico	REVISADO POR						
COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVAS	NUEVA CONDICIÓN			COMENTARIOS		
				G	O	D		NPR	
Motor eléctrico Trifásico 220 V para mover la bomba centrífuga	SSE ME F02	Instalación defectuosa de rodamientos	Desmontar los rodamientos y volver a instalarlos	6	1	4	24	No calentar toda la superficie de los rodamientos o utilizar una prensa o métodos conocidos para no afectar la operatividad de los rodamientos	
	SSE ME F07	Desalineación de eje	Desmontar el motor y volver alinear los ejes motrices del mismo	6	1	5	30	Verificar el estado de rodamientos y cojines para ver si no son la posible causa	

4.7.7.3 Sistema de control

4.7.7.3.1 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA		FACILITADOR		HOJA NÚMERO					
SUBSISTEMA		REVISADO POR							
COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA CONDICIÓN			COMENTARIO		
				G	O	D		NPR	
Pulsador de emergencia	SSE PE 01	Contactos deteriorados	Reemplazar los mismos	6	1	5	30	Verificar la conexión una vez terminado el montaje de los nuevos contactos	
Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueven bomba y reductor para el tornillo helicoidal sin fin	SSE BT 01	Cortocircuito	Reemplazo del elemento	7	1	4	28	Verificar si son las especificaciones de la máquina	
Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueve el ventilador y reductor para el brazo mecánico	SSE BT 02	Error de conexión	Corregir las conexiones y verificar las mismas con los respectivos aparatos de medición	8	1	4	32	Realizar las conexiones con precaución y verificando que se encuentren bien realizadas	
	Avería del elemento	Cortocircuito	Reemplazo del elemento	7	1	4	28	Verificar si son las especificaciones de la máquina	
	Protección Activada	Error de conexión	Corregir las conexiones y verificar las mismas con los respectivos aparatos de medición	8	1	4	32	Realizar las conexiones con precaución y verificando que se encuentren bien realizadas	

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
SISTEMA	Control		FACILITADOR	HOJA NÚMERO		COMENTARIO	NUEVA CONDICIÓN			COMENTARIO
	SUBSISTEMA	Eléctrico		REVISADO POR				G	O	
COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA	ACCIÓN COREECTIVA	G	O	D	NPR	COMENTARIO		
 Variador de frecuencia para el motor eléctrico del reductor tornillo helicoidal sin fin y ventilador	SSE VF F01	Daño interno	Reemplazar elementos defectuosos	6	1	8	48	Este procedimiento debe ser realizada por personas especializadas el en este ámbito para evitar nuevos daños o destrucción del equipo		
	SSE VF F14	Desconocimiento de funcionamiento del operario	Instrucción sobre la manera idónea de operación al personal a cargo	6	1	7	42	Es vital para evitar fallos por manipulación incorrecta del equipo		

4.7.7.4 Sistema de alimentación de aire

4.7.7.4.1 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										
COMPONENTE	SISTEMA	Alimentación de aire	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	NUEVA CONDICIÓN					COMENTARIOS
	SUBSISTEMA	Eléctrico	REVISADO POR		G	O	D	NPR		
	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA							
Motor eléctrico Trifásico 220 V	SSE ME F02	Instalación defectuosa de rodamientos	Desmontar los rodamientos y volver a instalarlos	6	1	4	24	No calentar toda la superficie de los rodamientos o utilizar una prensa o métodos conocidos para no afectar la operatividad de los rodamientos		
	SSE ME 02	Rodamientos cumplieron su vida útil	Reemplazo	6	1	4	24	Verificar el periodo de cambio anterior		
	SSE ME F07	Desalineación de eje	Desmontar el motor y volver alinear los ejes motrices del mismo	6	1	5	30	Verificar el estado de rodamientos y cojines para ver si no son la posible causa		

4.7.7.5 Sistema de control, medición y seguridad

4.7.7.5.1 Subsistema mecánico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA		Control, Medición y seguridad	FACILITADOR	HOJA NÚMERO					
SUBSISTEMA		Eléctrico	REVISADO POR						
COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA CONDICIÓN			COMENTARIO		
				G	O	D		NPR	
Válvula de seguridad	SSM VS 01	Remordida por presencia de sólidos e incrustaciones	Inspecciones continuas y limpieza de la válvula y purga de presión de la caldera	5	1	7	35	Es vital realizar una purga de presión antes que el sistema entre a operar	

4.7.7.5.2 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
SISTEMA		Control, medición y seguridad	FACILITADOR	HOJA NÚMERO					
SUBSISTEMA		Mecánico	REVISADO POR						
CÓDIGO DE FALLA		CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA CONDICIÓN					
				G	O	D	NPR	COMENTARIO	
Presostato diferencial (Bulbo de mercurio)	SSE PD 01	SSM PD F07	Resorte Fatigado	6	1	7	42	Desmontaje de este elementos el caldero debe encontrarse sin presión	

4.7.7.6.2 Subsistema eléctrico

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
COMPONENTE	SISTEMA	Componentes del sistema de generación de vapor	FACILITADOR	HOJA NÚMERO	COMENTARIO	NUEVA CONDICIÓN			
	SUBSISTEMA	Eléctrico	REVISADO POR	G		O	D	NPR	
	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA						
Electroválvula para cierre y apertura de agua caliente y vapor a la cámara de secado número 2	SSE EV 01	Empaque deteriorados	Desmontar el actuador y cambiar empaques	4	1	7	28		Verificar que el nuevo empaque este en buen estado
Electroválvula para cierre y apertura de agua caliente y vapor a la cámara de secado número 1	SSE EV 02	Empaque deteriorados	Desmontar el actuador y cambiar empaques	4	1	7	28		Verificar que el nuevo empaque este en buen estado

4.7.8 MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES

		MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES						
		Sistema	Control, medición y seguridad	Código	GV-SM	Actividad	General	
	Subsistema	Mecánico	Código	SSM	Operación		170	
					Trasporte		25	
PROCESO: Mantenimiento Preventivo					Espera		45	
SUBPROCESO: Mantenimiento del Generador de Vapor					Inspección		50	
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del sistema de controles, medición y seguridad					Almacenamiento		-	
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento					Tiempo (min)		290	
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento del control de nivel (Mc Donnell & Miller)								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, montar, conectar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONTE				CÓDIGO			
1	Control de nivel tipo flotador Mc Donnell & Miller				SSM NF 01			
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES
								
1	Cortar el suministro de energía eléctrica	●					5	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones
2	Cortar el suministro de vapor	●					5	Colocar aviso de corte de servicio y retirar elemento de operación
3	Esperar el enfriamiento del caldero						45	Este paso es en caso que el generador de vapor este operando antes de realizar el mantenimiento.
4	Trasportar herramientas						5	Trasportar en la caja de herramientas
5	Inspección visual del estado del control de nivel Mc Donnell & Miller						15	Determinar fallas, posibles causas y condiciones encontradas en el componente
6	Desmontar el control	●					20	Utilizar la llave de tubo y cerciorarse que el agua fue drenada
7	Trasportar al taller						10	Forma manual
8	Poner penetrante en todos los pernos	●					5	Esperar cinco minutos hasta que el penetrante actúe
9	Aflojar los pernos de la brida del Mc Donnell	●					10	Utilizar la llave de tuercas adecuada, realizar esta operación en cruz
10	Limpiar pernos	●					5	Sumergir los pernos oxidados en un poco de gaseosa tipo cola y limpiarlos

11	Verificar el estado del empaque, pernos, brida y del flotador						15	En caso que algún elemento no se encuentre en buen estado cambiarlo	
12	Preparar insumos de limpieza (lijas, franelas, etc.)						5	Preparar lijas, franelas, etc.	
13	Limpieza del Mc Donnell & Miller						20	Asegurarse de remover todas las incrustaciones, el óxido en el interior de la válvula y de las bridas	
14	Colocar el empaque						10	Asegurarse de colocar el empaque correctamente y usar silicón para fijarlo a la brida En caso que el empaque este en mal estado cambiar el empaque	
15	Verificar el estado de los contactos y cables						10	Utilizar un multímetro en modo circuito cerrado	
16	Poner antiadherente en los pernos de la brida y ajustarlos						5	Realizar el ajuste en cruz y con la herramienta adecuada	
17	Colocar el visor de nivel						20	Asegurarse de que el visor no tenga fisuras	
18	Trasportar al área de generación de vapor						10	Trasportar de forma manual y con suma precaución	
19	Montar el control de nivel						20	Al montar la tubería utilizar teflón de temperatura	
20	Restablecer el suministro eléctrico y de vapor						10	Quitar los avisos y notificar el restablecimiento de energía, activar protecciones y colocar el elemento de operación	
21	Verificar el funcionamiento						10	Observar que los contactos normalmente cerrados y abiertos cambien de estado	
22	Comentar la situación actual del elemento						10	Llenar el libro de actividades diarias	
23	Actualizar datos y trabajos realizados en la computadora						20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora para llevar la información al día	
REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 6 MESES						INSUMOS UTILIZADOS	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS	
1	Control de nivel						Franela/ Guaípe/ brocha/ lija/ Penetrante/ antiadherente	Multímetro	Destornillador de borneras
1	Visor de Nivel							Llave de copa	Llave de boca mixta
1	Contactos electricos							2 Llaves de tubo	Juego de llaves tipo allen

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES								
	Sistema	Control, medición y seguridad	Código	GV-SM	Actividad	General		
	Subsistema	Mecánico	Código	SSM	Operación 	225		
					Trasporte 	15		
PROCESO: Mantenimiento Preventivo					Espera 	45		
SUBPROCESO: Mantenimiento del Generador de Vapor					Inspección 	75		
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del sistema de controles, medición y seguridad					Almacenamiento 	-		
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento					Tiempo (min)	360		
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento de la válvula de alivio de presión o de seguridad								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, montar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONTE					CÓDIGO		
1	Válvula de alivio de presión					SSM VS 01		
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES
								
1	Cortar el suministro de vapor	●					5	Colocar aviso de corte de servicio y retirar elemento de operación
2	Esperar el enfriamiento del caldero			●			45	Este paso es en caso que el generador estuviese operando antes de realizar el mantenimiento.
3	Trasportar herramientas			●			5	Trasportar en la caja de herramientas
4	Inspección visual de la válvula de alivio				●		15	Determinar fallas, posibles causas y condiciones encontradas en la válvula
5	Retirar la válvula de la línea	●					20	Usar llave de tubo para abrir las uniones universales
6	Retirar las cañerías de la válvula	●					20	Utilizar la llave de tubo adecuada
7	Trasportar al taller			●			10	Trasportar de forma manual
8	Desmontar caperuza y el cuerpo de la válvula	●					20	Utilizar la herramienta adecuada
9	Aflojar perno del resorte y sus asientos y señalar la posición para el correcto montaje	●					10	Para el marcaje utilizar contrapuntos
10	Almacenar el diafragma y el resorte en un recipiente	●					10	Utilizar los insumos de limpieza detergente, franelas, etc.
11	Verificar el estado de los pernos, diafragmas, resortes, asientos, vástago, empaques, etc.				●		20	Si algún elemento se encuentra en mal estado reemplazarlo

12	Preparar los insumos de limpieza	●					5	(Alistar los insumos como lijas, franelas, detergente, diésel)	
13	Limpieza de los diafragmas y el émbolo	●					10	Asegurarse de remover todas las incrustaciones, el óxido en el interior	
14	Realizar la limpieza de la válvula	●					15	Remover todas las incrustaciones y óxido	
15	Sustituir el empaque	●					20	Este paso realizarlo solo en caso que sea meritorio sustituir el empaque	
16	Armar y ajustar los elementos de la válvula	●					15	Mantener el orden inverso de desarme, tomar en cuenta el marcaje anterior	
17	Colocar las cañerías de la válvula	●					20	Utilizar teflón de temperatura	
18	Instalar la válvula en la línea de vapor	●					20	Utilizar dos llaves de tubo	
19	Abrir el suministro de vapor a la línea	●					5	Quitar los avisos y notificar el restablecimiento de vapor y colocar el elemento de operación	
20	Verificar Funcionamiento				●		30	Elevar la presión del caldero hasta el punto de apertura de la válvula, tomar en cuenta todas las precauciones de seguridad en esta operación para evitar accidentes	
21	Comentar la situación actual del elemento	●					10	Llenar el libro de actividades diarias	
22	Actualizar datos y trabajos en la computadora	●					20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora para llevar la información al día	
REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 6 MESES					INSUMOS UTILIZADOS		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS	
1	Tubería de vapor					Lija/ guaipe/ franela/brocha Gasolina/ Penetrante/ Detergente	Destornillador plano	2 Llaves de tubo	
							Contrapunto	Llave inglesa	
1	Valvula de alivio de presión						Entenalla	Juego de llaves de tuercas en pulgadas y milímetros	

		MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES							
		Sistema	Alimentación de agua	Código	GV-SA	Actividad	General		
		Subsistema	Mecánico	Código	SSM	Operación	●	283	
			Eléctrico		SSE	Trasporte	➔	15	
PROCESO: Mantenimiento Preventivo						Espera	Ⓚ	45	
SUBPROCESO: Mantenimiento del Generador de Vapor						Inspección	■	65	
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del Sistema de alimentación de agua						Almacenamiento	▼	-	
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento						Tiempo (min)		387	
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento de la bomba centrífuga, motor eléctrico y control eléctrico									
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, montar, conectar, probar y actualizar datos									
N°	COMPONENTES					CÓDIGO			
1	Bomba centrífuga					SSM BC 01			
2	Motor eléctrico Trifásico 220 V para mover la bomba centrífuga					SSE ME 03			
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES	
		●	➔	Ⓚ	■	▼			
1	Cortar el suministro de energía eléctrica	●					5	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones	
2	Cortar el suministro de vapor	●					5	Colocar aviso de corte de servicio y retirar elemento de operación	
3	Esperar hasta que enfíe la tubería y componentes						45	Este paso es en caso que el generador estuviese operando antes de realizar el mantenimiento.	
4	Trasportar herramientas						5	Trasportar en la caja de herramientas	
5	Cerrar válvulas	●					5	Realizarlo de forma manual	
6	Inspección visual del motor eléctrico y bomba centrífuga						10	Determinar fallas, posibles causas y condiciones encontradas en el componente	
7	Desconectar la acometida del motor eléctrico	●					5	Verificar en este paso el estado del cableado eléctrico	
8	Desmontar el motor eléctrico y bomba centrífuga	●					20	Utilizar la herramienta adecuada y almacenar los pernos, tuercas y arandelas de presión en un recipiente adecuado	
9	Trasportar al taller de mantenimiento						10	Trasportar con un patín hidráulico	
10	Desarmar la bomba	●					20	Utilizar las herramientas correctas y desarmar los pernos en cruz	
11	Desmontar el impulsor	●					10	Utilizar penetrante dejar que actúe unos 3 minutos	
12	Desacoplar el motor eléctrico	●					5	Desmontar con suma precaución y evite el esfuerzo de materiales	
13	Desarmar el motor eléctrico	●					20	Marcar las tapa frontal y posterior con respecto al estator con un contrapunto	

14	Guardar las piezas del motor en un recipiente	●				5	Para evitar la pérdida de los mismos y guardar en un lugar seco y seguro		
15	Inspección de estados de los elementos (Bobinados, rodamientos, rotor jaula de ardilla, etc.)					15	Verificar las condiciones actuales de los elementos , cuales necesitan un cambio inmediato		
16	Extraer los rodamientos	●				10	Utilizar el Santiago		
17	Limpieza de las piezas del motor	●				15	Para limpiar los bobinados utilizar aire comprimido		
18	Cambiar rodamientos	●				20	No golpear los rodamientos		
19	Limpieza de las piezas de la bomba	●				20	Utilizar los insumos de limpieza		
20	Inspección de empaques y sellos					10	Si se encuentran deteriorados cambiarlos		
21	Amar el motor	●				20	Tomar en cuenta las marcas previamente realizadas		
22	Prueba en vacío del motor					10	Verificar que no exista ruidos extraños y el voltaje en los bornes sea el nominal		
23	Prueba de amperaje					5	El amperaje en vacío debe ser la tercera parte de la corriente nominal del motor		
24	Acoplar el impulsor al eje del motor	●				10	No olvidar de colocar el chavetero		
25	Amar la bomba	●				15	Utilizar las herramientas correctas		
26	Montar el motor y la bomba a la tubería	●				10	Utilizar teflón de temperatura		
27	Conectar el cableado y acometida del motor	●				5	Utilizar el destornillador de borneras		
28	Inspeccionar el tablero de control					5	Verificar si algún componente se encuentra cortocircuitado y existe sulfatación de terminales		
29	Limpiar el tablero de control	●				5	Utilizar aire comprimido para eliminar los residuos de aserrín y polvo		
30	Cambiar cables en mal estado	●				10	Utilizar un multímetro para verificar el estado de cables antes de realizar el cambio de cables defectuosos		
31	Abrir las válvulas	●				2	Abrir de forma manual		
32	Cebiar la bomba	●				10	Indispensable para evitar un desgaste prematuro de los elementos de la bomba		
33	Verificar Funcionamiento					10	Verificar que el motor eléctrico tenga el giro correcto		
34	Comentar la situación actual del elemento	●				10	Proceder a llenar el libro de actividades diarias		
35	Actualizar datos y trabajos en la computadora	●				20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora		
REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 1 AÑO					INSUMOS UTILIZADOS		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS	
1	Bomba centrífuga					Lija/ guaipe/ franela/ brocha/Gasolina/ Penetrante		Multímetro/ Santiago / entenalla/ contrapunto	Destornillador plano y estrella
1	Motor eléctrico							Llaves de tuercas	Llave de tubo

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES								
	Sistema	Alimentación de combustible	Código	GV-SC	Actividad		General	
	Subsistema	Mecánico	Código	SSM	Operación		280	
		Eléctrico		SSE	Trasporte		20	
PROCESO: Mantenimiento Preventivo					Espera		-	
SUBPROCESO: Mantenimiento del Generador de Vapor					Inspección		90	
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del Sistema de alimentación de combustible					Almacenamiento		-	
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento					Tiempo (min)		390	
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento del reductor de velocidad y el motor eléctrico y tablero de control								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, montar, conectar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONENTES					CÓDIGO		
1	Reductor para tornillo helicoidal sin fin					SSM RT 01		
2	Motor eléctrico Trifásico 220 V para reductor del tornillo helicoidal sin fin					SSE ME 01		
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES
								
1	Cortar el suministro de energía eléctrica	●					2	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones
2	Trasportar herramientas	●					5	Trasportar en la caja de herramientas
3	Desconectar el cableado del motor	●					5	Utilizar un llave de tuercas número 10 y un destornillador de bormas
4	Desacoplar el mecanismo de transmisión	●					10	Aplicar penetrante dejar que actúe unos 3 minutos
5	Limpiar mecanismos de transmisión	●					5	Utilizar insumos de limpieza y eliminar la grasa, residuos de aserrín y polvo
6	Desmontar el motor y reductor	●					10	Utilizar la herramienta adecuada y almacenar los pernos, turcas y arandelas de presión en un recipiente
7	Trasportar al taller	●					10	Utilizar un patín hidráulico
8	Poner penetrante en todos los pernos	●					5	Dejar que actúe minutos
9	Desarmar el reductor	●					20	Utilizar la herramienta adecuada y aflojar los pernos en cruz
10	Inspeccionar el estado de las piezas del reductor					●	15	Ver si los piñones no tienen dientes rotos y los ejes no están desalineado

11	Drenar el aceite de lubricación	●					10	Realizarlo en un recipiente adecuado y no votar al drenaje
12	Desmontar los piñones y eje de velocidad	●					10	Guardarlos en un recipiente alejado del polvo y aserrín
13	Desacoplar el motor eléctrico	●					5	Evitar el esfuerzo de materiales
14	Desarmar el motor	●					20	Marcar las tapa frontal y posterior con respecto al estator con un contrapunto
15	Almacenar las piezas en un lugar seguro	●					5	Almacenar en un lugar seco y seguro
16	Inspeccionar de las piezas del motor (rodamientos, bobinados, etc.)					●	20	Verificar el estado de bobinados, rodamientos y si el rotor jaula de ardilla se encuentra desaliñado
17	Desmontar rodamientos	●					20	Utilizar el Santiago
18	Engrasar rodamientos	●					20	Si los rodamiento se encentren aun en buen estado realizar el engrasado, en caso contrario realizar el respectivo cambio por unos nuevos
19	Colocar rodamientos	●					10	No golpear los rodamientos
20	Limpiar los mecanismos del motor	●					10	Utilizar aire comprimido para limpiar los bobinados del motor
21	Amar el motor	●					20	Tomar en cuenta las marcas previamente realizadas
22	Prueba de vacío					●	10	Verificar que no exista ruidos extraños y el voltaje en los bornes sea el nominal
23	Probar el amperaje					●	5	El amperaje en vacío debe ser la tercera parte de la corriente nominal del motor
24	Limpiar las piezas del reductor	●					15	Limpiar la acumulación de residuos de aserrín y polvo en los mecanismos para que funcione correctamente
25	Verificar el estado de los empaques					●	10	Cambiar si los empaques se encuentran defectuosos
26	Acoplar el motor al reductor	●					20	Utilizar la herramienta adecuada
27	Amar el reductor	●					10	
28	Colocar aceite en la caja del reductor	●					15	No excederse de las marcas ya establecidas
29	Trasportar al área de alimentación de combustible					●	5	Utilizar el patín hidráulico
30	Montar el reductor y el motor	●					10	Verificar que los elementos encajen correctamente
31	Conectar los cables del motor	●					5	Revisar que las borneras no se encuentren sulfatadas
32	Verificar el funcionamiento del variador de frecuencia y tablero de control					●	10	Realizar las pruebas de testeó y verificar el manual
33	Limpiar el variador y contactares del tablero de control	●					5	Utilizar aire comprimido y eliminar la sulfatación en las uniones y borneras con una lija fina numero 400

34	Inspeccionar el cableado de control y fuerza						10	Realizar pruebas de continuidad y verificar que no exista sulfatación en las uniones y conexiones	
35	Cambiar cableado en mal estado						10	En caso de este paso utilizar empalme en derivación si es cable solido o empalme para cable flexible	
36	Restablecer el suministro de energía eléctrica						5	Tomar en cuenta las normas de seguridad	
37	Verificar Funcionamiento						10	Verificar que el funcionamiento de los componentes sea el correcto y no presenten anomalías o ruidos extraños	
38	Comentar la situación actual del elemento						5	Proceder a llenar el libro de actividades diarias	
39	Actualizar datos y trabajos en la computadora						20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora para llevar información al día	
REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 5 MESES					INSUMOS UTILIZADOS		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS	
1	Motor electrico					Lija/ guaípe/ franela/ brocha/ Gasolina/ Penetrante /Grasa de rodaminetos		Destornillador de borneras	Entenalla
1	Tablero de control							Juego de llaves de tuercas en pulgadas y milímetros	Multímetro
1	Reductor de velocidad							Santiago	Contrapunto

		MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES						
		Sistema	Alimentación de combustible	Código	GV-SC	Actividad		General
		Subsistema	Mecánico	Código	SSM	Operación		320
Eléctrico	SSE		Trasporte			20		
PROCESO: Mantenimiento Preventivo					Espera		-	
SUBPROCESO: Mantenimiento del Generador de Vapor					Inspección		80	
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del sistema de alimentación de combustible					Almacenamiento		-	
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento					Tiempo (min)		420	
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento del reductor de velocidad y el motor eléctrico y tablero de control para mover un brazo mecánico								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, montar, conectar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONENTES					CÓDIGO		
1	Reductor para mover un brazo mecánico					SSM RT 02		
2	Motor eléctrico Trifásico 220 V para reductor para mover un brazo mecánico					SSE ME 02		
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES
								
1	Cortar el suministro de energía eléctrica	●					5	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones
2	Trasportar herramientas		●				5	Trasportar en la caja de herramientas
3	Desconectar el cableado del motor	●					5	Utilizar un destornillador de bormeras
4	Desacoplar el acople de cadena	●					5	Utilizar la pinza y el alicate
5	Desmontar el motor y reductor	●					10	Almacenar en un recipiente los pernos, tuercas y arandelas de presión
6	Trasportar al taller		●				10	Utilizar un patín hidráulico
7	Poner penetrante en todos los pernos	●					5	Dejar que actúe 5 minutos
8	Desarmar el reductor	●					20	Utilizar la herramienta adecuada y aflojar los pernos en cruz
9	Inspeccionar el estado de las piezas del reductor					●	15	Verificar si los piñones sus dientes no se encuentran rotos y los ejes desalineados
10	Drenar el aceite	●					10	No eliminar el aceite en el drenaje

11	Desmontar los piñones y eje de velocidad	●					10	Al desmontar ir almacenado en un lugar seco y seguro
12	Desacoplar el motor eléctrico	●					5	Desacoplar con suma precaución y evitar que al eje del motor eléctrico se origine una desalineación
13	Desarmar el motor	●					20	Marcar las tapa frontal y posterior con respecto al estator con un contrapunto
14	Almacenar las piezas en un lugar seguro	●					5	Almacenar en un lugar seco
15	Inspeccionar las piezas del motor (rodamientos, bobinados, etc.)					●	20	Verificar el estado de bobinados, rodamientos y si el rotor jaula de ardilla se encuentra desaliñado
16	Desmontar rodamientos	●					20	Utilizar el Santiago
17	Engrasar rodamientos	●					20	Si los rodamiento se encuentren aun en buen estado realizar el engrasado, en caso contrario realizar el respectivo cambio por unos nuevos
18	Colocar rodamientos	●					10	No golpear los rodamientos
19	Limpiar las piezas del motor	●					10	Utilizar aire comprimido para limpiar los bobinados del motor
20	Amar el motor	●					20	Tomar en cuenta las marcas previamente realizadas
21	Prueba de vacío					●	10	Verificar que no exista ruidos extraños y el voltaje en los bornes sea el nominal
22	Prueba de amperaje y voltaje					●	5	El amperaje en vacío debe ser la tercera parte de la corriente nominal del motor
23	Limpiar las piezas del reductor	●					15	Limpiar la acumulación de residuos de aserrín y polvo en los mecanismos
24	Verificar el estado de los empaques	●					10	Cambiar si los empaques se encuentran defectuosos
25	Acoplar el motor al reductor	●					20	Verificar que encaje correctamente
26	Amar el reductor	●					10	Utilizar la herramienta adecuada
27	Colocar aceite en la caja reductora	●					15	Al colocar aceite verificar que no existan fugas en la caja reductora
28	Trasportar al área de alimentación de combustibles					●	5	Utilizar el patín Hidráulico
29	Montar el reductor y el motor	●					10	Realizarlo con ayuda de dos personas
30	Acoplar el acople de cadena	●					5	Limpiar los residuos de polvo y aserrín y engrasa

31	Conectar los cables del motor	●					5	Antes de esto verificar el estado de la bornera y si esta en malas condiciones cambiarla	
32	Verificar el funcionamiento del variador de frecuencia y tablero de control					●	10	Realizar las pruebas de testeo y verificar el manual	
33	Limpiar el variador y contactores del tablero de control	●					10	Utilizar aire comprimido	
34	Inspeccionar el cableado de control y fuerza					●	10	Utilizar un multímetro en modo probador de circuito cerrado	
35	Cambiar cableado en mal estado	●					10		
36	Restablecer el suministro de energía eléctrica	●					5	Tomar en cuenta las normas de seguridad	
37	Verificar Funcionamiento					●	10	Verificar que el funcionamiento de los componentes sea el correcto y no presenten anomalías o ruidos extraños	
38	Comentar la situación actual del elemento	●					5	Proceder a llenar el libro de actividades diarias	
39	Actualizar datos y trabajos en la computadora	●					20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora para llevar información al día	
REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 5 MESES					INSUMOS UTILIZADOS		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS	
1	Motor eléctrico					Lija/ guaípe/ franela/ brocha		Destornillador de borneras	Entenalla
1	Tablero de control					Gasolina/ Penetrante /Grasa de rodamientos		Llave de tuercas	Rodamientos
1	Reductor de velocidad							Santiago	Pinza/Alicate

		MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES						
		Sistema	Alimentación de combustible	Código	GV-SC	Actividad		General
Subsistema		Mecánico	Código	SSM	Operación		240	
					Trasporte		25	
					Espera		-	
					Inspección		30	
					Almacenamiento		-	
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento				Tiempo (min)		285		
PROCESO: Mantenimiento Preventivo								
SUBPROCESO: Mantenimiento del Generado de Vapor								
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del sistema de alimentación de combustible								
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento del tornillo helicoidal sin fin								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, montar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONENTES					CÓDIGO		
1	Tornillo helicoidal sin fin					SSM TH 01		
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES
								
1	Cortar el suministro de energía eléctrica del motor del tornillo	●					5	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones
2	Trasportar herramientas	●					5	Trasportar utilizando la caja de herramientas
3	Desacoplar el mecanismo de transmisión	●					10	Utilizar la herramienta adecuada
4	Almacenar en un recipiente	●					5	Almacenar en un lugar seguro y seco
5	Poner penetrante en todos los pernos	●					5	Dejar que actúe unos 5 minutos
6	Sacar los pernos	●					5	Utilizar la herramienta adecuada para esta operación
7	Desmontar la chumacera	●					5	Al desmontar comprobar el estado del rodamiento
8	Sacar el tornillo helicoidal	●					5	Sacar de forma manual y con suma precaución
9	Trasportar al taller	●					10	Trasportarlo con la ayuda de otra persona
10	Inspeccionar el estado del tornillo					●	10	Verificar si las paletas se encuentran sueltas o dobladas
11	Soldar si las paletas están sueltas	●					20	Eliminar los residuos de soldadura

12	Enderezar las paletas	●					20	Utilizar el martillo de goma y madera	
13	Sacar el rodamiento del tornillo	●					20	Utilizar el Santiago	
14	Engrasar el rodamiento	●					30	Si el rodamiento se encuentran aun en buen estado realizar el engrasado, en caso contrario realizar el respectivo cambio por unos nuevos	
15	Limpiar la chumacera	●					10	Utilizar insumos de limpieza como guaiepe, diesel, brocha, etc.	
16	Montar el rodamiento al tornillo	●					10	No golpear el rodamiento al momento de montarlo	
17	Trasportar al área de alimentación de combustible	●					10	Utilizar el patín hidráulico	
18	Verificar el espacio donde se aloja el tornillo	●					10	Comprobar que no se encuentre con golpes y fisuras	
19	Montar el tornillo	●					20	Montar de forma manual	
20	Ajustar los pernos	●					10	Realizar el ajuste con la herramienta adecuada	
21	Acoplar los mecanismos de transmisión	●					20	Engrasar la cadena	
22	Restablecer el suministro de energía eléctrica	●					5	Tomar en cuenta las normas de seguridad	
23	Verificar Funcionamiento	●					10	Verificar que el funcionamiento de los sea el correcto y no presenten anomalías o ruidos extraños	
24	Comentar la situación actual del elemento	●					5	Proceder a llenar el libro de actividades diarias	
25	Actualizar datos y trabajos en la computadora	●					20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora para llevar información al día	
REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 5 MESES					INSUMOS UTILIZADOS		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS	
1	Motor electrico					Lija/ guaiepe/ franela/ brocha Gasolina/ Penetrante Grasa de rodaminetos	Destornillador de borneras		Entenalla
1	Tablero de control						Juego de llaves de tuercas en pulgadas y milímetros		Martillo de goma/ martillo
1	Reductor de velocidad						Santiago		Juego de llaves tipo allen

		MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES						
		Sistema	CONTROL	Código	GV-STC	Actividad		General
Subsistema		Eléctrico	Código	SSE	Operación		205	
					Trasporte		5	
PROCESO: Mantenimiento Preventivo					Espera		-	
SUBPROCESO: Mantenimiento del Generador de Vapor					Inspección		25	
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del Sistema de Control					Almacenamiento		-	
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento					Tiempo (min)		235	
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento de los componentes eléctricos y electrónicos del tablero de control								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, montar, conectar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONENTES			CÓDIGO				
1	Interruptor de dos circuitos tipo palanca para el control ingreso de aserrín al hogar del caldero			SSE IC 01				
2	Interruptor de dos circuitos tipo palanca para energizar la sirena			SEE IC 02				
3	Interruptor de dos circuitos tipo palanca para energizar el control que activa el brazo mecánico			SEE IC 03				
4	Luces indicadoras de funcionamiento de contactares de los motores para mover el ventilador y brazo mecánico			SSE LI 01				
5	Luces indicadoras de funcionamiento de contactares de los motores para mover la bomba y el reductor del tornillo helicoidal sin fin			SSE LI 02				
6	Selector de muletilla para energizar el control del motor para mover la bomba			SSE SM 01				
7	Pulsador de emergencia			SSE PE 01				
8	Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueven bomba y reductor para el tornillo helicoidal sin fin			SSE BT 01				
9	Breaker trifásico para el tablero de control de los motores que mueve el ventilador y reductor para el brazo mecánico			SSE BT 02				
10	Contactador para el motor del reductor del tornillo helicoidal sin fin, reductor del brazo mecánico, Fuerza, Bomba Centrifuga y Ventilador			SSE CT 01-05				
11	Guardamotor para el motor eléctrico de la bomba y del reductor del tornillo helicoidal sin fin			SSE GM 01-04				
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES
								
1	Cortar el suministro de energía eléctrica						5	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones
2	Transportar herramientas						5	Transportar utilizando la caja de herramienta
3	Abrir el panel de control						5	Abrir con la llave del tablero correcta no forzar su apertura

4	Inspección visual de los componentes y catálogos del tablero de control						10	Determinar fallas, posibles causas y condiciones encontradas en el componente	
5	Limpieza de polvo y aserrín del tablero de control						10	Utilizar aire comprimido para la limpieza	
6	Pruebas de continuidad de los componentes (Contactares, guardamotors, pulsadores, etc.)						30	Utilizar el multímetro en modo probador de circuito cerrado	
7	Marcar el cableado de fuerza y control						20	Para no cometer errores al armar los componentes	
8	Desmontar los componentes						30	Utilizar un destornillador de borneras y destornillador plano	
9	Desarmar componentes						60	Utilizar un destornillador estrella	
10	Almacenar en un recipiente						5	Almacenar en un lugar seco	
11	Limpieza de los componentes						30	Utilizar aire comprimido	
12	Cambiar cables defectuosos						20	Verificar que la corriente máxima del cable sea la correcta	
13	Restablecer el suministro de energía eléctrica						5	Observar que no se quede ninguna herramienta en el interior del tablero de control	
14	Verificar Funcionamiento						10	Verificar que el funcionamiento de los componentes sea el correcto	
15	Comentar la situación actual del elemento						5	Proceder a llenar el libro de actividades diarias	
16	Actualizar datos y trabajos en la computadora						20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora para llevar la información al día	
REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 3 MESES					INSUMOS UTILIZADOS		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS	
1	Contactores/ Guardamotors					Guaípe/ franela/ brocha/ Taype/ Cinta Masquen	Destornillador de borneras		Cable de control y fuerza
1	Luces indicatoras						Multímetro		Alicate
1	Pulsadores/ selectores/ interruptores						Pinzas		Cortadora de cables
1	Breaker						Destornillador plano y estrella		

		MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES						
		Sistema	Alimentación de aire	Código	GV-SC	Actividad	General	
		Subsistema	Mecánico	Código	SSM	Operación	●	82
			Eléctrico		SSE	Trasporte	➔	5
PROCESO: Mantenimiento Preventivo						Espera	⏸	-
SUBPROCESO: Mantenimiento de Generador de Vapor						Inspección	🔍	25
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del Sistema de alimentación de aire						Almacenamiento	⏴	-
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento						Tiempo (min)		112
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento del ventilador y motor eléctrico del sistema de alimentación de aire								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, montar, conectar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONENTES					CÓDIGO		
1	Ventilador					SSM VT 01		
2	Motor eléctrico Trifásico 220 V					SSE ME 04		
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA				TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES	
		●	➔	⏸	🔍	⏴		
1	Cortar el suministro de energía eléctrica	●				5	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones	
2	Trasportar herramientas	●				5	Trasportar utilizando la caja de herramientas	
3	Desconectar el cableado del motor	●				5	Utilizar un destornillador de borneras	
4	Desarmar el ventilador	●				10	Utilizar llave Allen y la llave de tuercas correcta	
5	Desacoplar el impulsor	●				10	Utilizar la herramienta adecuada	
6	Almacenar en un recipiente	●				5	Almacenar en un lugar sin humedad	
7	Desmontar el motor	●				10	Utilizar la herramienta adecuada	
8	Trasportar al taller	●				10	Utilizar el patín hidráulico	
9	Poner penetrante en todos los pernos	●				5	Dejar que actúe cinco minutos	
10	Desarmar el motor	●				20	Marcar las tapa frontal y posterior con respecto al estator con un contrapunto	
11	Almacenar las piezas en un recipiente	●				5	Almacenar en un lugar sin humedad	
12	Inspeccionar las piezas del motor (rodamientos, bobinados, etc.)	●				20	Verificar el estado de bobinados, rodamientos y si el rotor jaula de ardilla se encuentra desaliñado	
13	Desmontar rodamientos	●				20	Utilizar el Santiago	
14	Engrasar rodamientos	●				30	Si los rodamiento se encuentren aun en buen estado realizar el engrasado, en caso contrario realizar el respectivo cambio por unos nuevos	

15	Colocar rodamientos	●					10	No golpear los rodamientos	
16	Limpiar los mecanismos del motor	●					10	Utilizar aire comprimido para limpiar los bobinados del motor	
17	Amar el motor	●					20	Tomar en cuenta las marcas previamente realizadas	
18	Prueba de vacío					●	10	Verificar que no exista ruidos extraños y el voltaje en los bornes sea el nominal	
19	Prueba amperaje					●	10	El amperaje en vacío debe ser la tercera parte de la corriente nominal del motor	
20	Trasportar al área de alimentación de combustibles					●	10	Utilizar el patín hidráulico	
21	Montar el reductor y el motor	●					10	Verificar que encaje correctamente	
22	Conectar los cables del motor	●					5	Antes de esto verificar el estado de la bornera y si esta en malas condiciones cambiarla	
23	Verificar el funcionamiento del variador de frecuencia y tablero de control	●					10	Realizar las pruebas de testeo y verificar el manual	
24	Limpiar el variador y contactores del tablero de control	●					5	Utilizar aire comprimido	
25	Inspeccionar el cableado de control y fuerza	●					10	Utilizar un multímetro en modo probador de circuito cerrado	
26	Cambiar cableado en mal estado	●					10	Cambiar por un cable de las mismas características eléctricas	
27	Restablecer el suministro de energía eléctrica	●					5	Tomar en cuenta las normas de seguridad	
28	Verificar Funcionamiento					●	10	Verificar que el funcionamiento de los componentes sea el correcto y no presenten anomalías o ruidos extraños	
29	Comentar la situación actual del elemento	●					5	Proceder a llenar el libro de actividades diarias	
30	Actualizar datos y trabajos en la computadora	●					20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora para llevar información al día	
REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 5 MESES					INSUMOS UTILIZADOS		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS	
1	Motor eléctrico					Lija/ guaípe/ franela/ brocha Gasolina/ Penetrante /Grasa de rodamientos		Destornillador de borneras	Entenalla
1	Ventilador							Juego de Llave de tuercas en pulgadas y milímetros	Juegos de llaves tipo allen
1	Variador de frecuencia							Santiago	Destornillador plano y estrella

		MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES						
		Sistema	Controles, medición y seguridad	Código	GV-SM	Actividad		General
		Subsistema	Mecánico	Código	SSM	Operación		105
					Trasporte		5	
PROCESO: Mantenimiento preventivo					Espera		45	
SUBPROCESO: Mantenimiento del generador de vapor					Inspección		50	
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del sistema de Controles, medición y seguridad					Almacenamiento		-	
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento					Tiempo (min)		205	
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento y limpieza de los tubos de humo del caldero								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, limpiar, montar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONTE				CÓDIGO			
1	Tubos de humo				SSM TBH 01			
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES
								
1	Cortar el suministro de energía eléctrica	●					5	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones
2	Cortar el suministro de vapor	●					5	Colocar aviso de corte de servicio y quitar elemento de operación
3	Esperar el enfriamiento del caldero						45	Este paso es en caso que el generador de vapor este operando antes de realizar el mantenimiento.
4	Trasportar herramientas		●				5	Trasportar utilizando la caja de herramientas
5	Aflojar la brida superior de escape de gases	●					15	Utilizar la herramienta adecuada y aflojar en cruz
6	Limpiar los pernos	●					5	Sumergir los pernos oxidados en un poco de gaseosa tipo cola y limpiarlo
7	Extraer la tapa superior del caldero manualmente	●					20	Con ayuda de tres personas
8	Preparar los implementos de limpieza	●					5	Alistar los utensilios de limpieza como cepillo metálico, brocha, guaípe, etc.
9	Limpieza de aserrín quemado en el hogar del caldero	●					20	Utensilios de limpieza (Escoba, brocha, etc.)
10	Limpieza de tubos de humo	●					30	Con un cepillo metálico de acero latonado
11	Limpieza del hogar	●					10	Utensilios de limpieza (Escoba, brocha, etc.)
12	Colocar la tapa superior del caldero					●	15	Realizar con ayuda de tres personas o mas

12	Ajustar los pernos de la brida	●					5	Ajustar en cruz
13	Revisar línea de vapor						20	Asegurarse de que la tubería de vapor no presente fugas y fisuras
14	Comentar la situación actual del elemento	●					10	Llenar el libro de actividades diarias
15	Actualizar datos y trabajos realizados en la computadora	●					20	Pasar la información del mantenimiento realizado al banco de datos de la computadora para llevar la información al día
	REVISIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN CADA 6 MESES				INSUMOS UTILIZADOS		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS
	1	Tubos de humo				Franela/ Guaípe/ brocha/ lija / cepillo metálico de acero latonado/ Penetrante		Juegos de llaves de tuercas en pulgadas
	1	Línea de vapor						Juegos de llaves de tuercas en milímetros

		MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EQUIPOS E INSTALACIONES						
		Sistema	Componentes del sistema de generación de vapor	Código	GV-SO	Actividad		General
Subsistema	Mecánico	Código	SSM	Operación		125		
				Trasporte		5		
				Espera		20		
				Inspección		20		
				Almacenamiento		-		
RESPONSABLE: Jefe de mantenimiento				Tiempo (min)	170			
PROCESO: Mantenimiento Preventivo								
SUBPROCESO: Mantenimiento del Generador de Vapor								
ACTIVIDAD: Mantenimiento de los componentes del sistema de generación de vapor								
OBJETIVO: Realizar el mantenimiento y limpieza de la trampa de vapor de balde invertido								
PROCEDER: Desarmar, inspeccionar, limpiar, montar, probar y actualizar datos								
N°	COMPONTE			CÓDIGO				
1	Trampa de vapor			SSM TV 01-03				
N°	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (MIN)	OBSERVACIONES
								
1	Cortar el suministro de vapor en el sitio donde se encuentra la válvula	●					5	Colocar aviso de fuera de servicio y protecciones
3	Esperar el enfriamiento de la línea de vapor						20	Este paso es en caso que el generador de vapor este operando antes de realizar el mantenimiento.
4	Trasportar herramientas						5	Trasportar utilizando la caja de herramientas
5	Retirar la trampa de la línea	●					15	Utilizar dos llaves de tubo
6	Poner penetrante en todos los pernos de la trampa	●					5	Esperar cinco minutos
7	Aflojar los pernos de la trampa	●					10	Realizar esta operación en cruz
8	Limpiar los óxidos pernos	●					5	Sumergir en un poco de gaseosa tipo cola y limpiarlo
9	Verificar el estado del empaque, los pernos de la brida, el asiento de la trampa y el balde						10	Si se encuentran en mal estado cambiar
10	Preparar los implementos de limpieza	●					5	Alistar los insumos como brocha, guaípe, detergente, etc.
11	Limpiar el asiento de la trampa y el balde	●					20	Utilizar agua y detergente

CAPITULO 5

DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA EMPRESA MADEQUISA CIA.LTDA

5.1 OBJETIVO

El diseño de un software fué realizado con el objetivo de facilitar el acceso y almacenamiento de información de mantenimiento realizado por el personal a cargo del mismo, debido a que en la actualidad no se almacena registros de las tareas realizadas en el mantenimiento en la empresa Madequisa.

5.2 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

La base de datos fué diseñada con el objeto de editar y consultar datos siguiendo un modelo que facilite su almacenamiento y modificación.

Para el diseño de esta base de datos se utilizó el servidor HTTP Apache es un servidor web HTTP de código abierto, para plataformas Unix (BSD, GNU/Linux, etc.), Microsoft Windows, Macintosh y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.1 y la noción de sitio virtual.

El sistema fue desarrollado en:

- PHP 5
- MySQL 5.
- POO (Programación Orientada a Objetos)
- Ajax.

5.3 MANUAL DE INSTALACIÓN DEL SERVIDOR APACHE

Apache es usado principalmente para enviar páginas web estáticas y dinámicas en la World Wide Web. Muchas aplicaciones web están diseñadas asumiendo como ambiente de implantación a Apache, o que utilizarán características propias de este servidor web.

Paso 1

Descargar el servidor AppServ-win32-2.5.10. Tiene incluido MySQL.

Ingresa a:

<http://prdownloads.sourceforge.net/appserv/appserv-win32-2.5.10.exe?download>

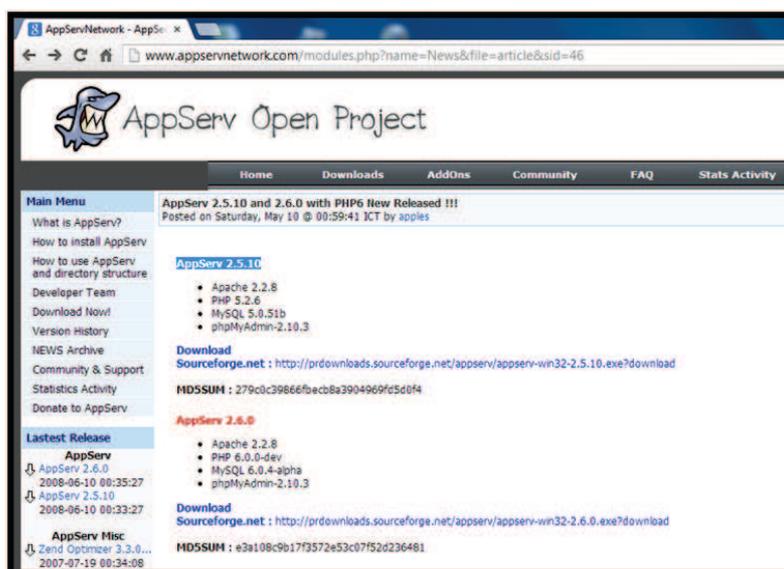


Figura 5. 1 Ventana de descarga del servidor AppServ-win32-2.5.10

Paso 2

Copiar el instalador appserv-win32-2.5.10.exe en una carpeta en el escritorio.

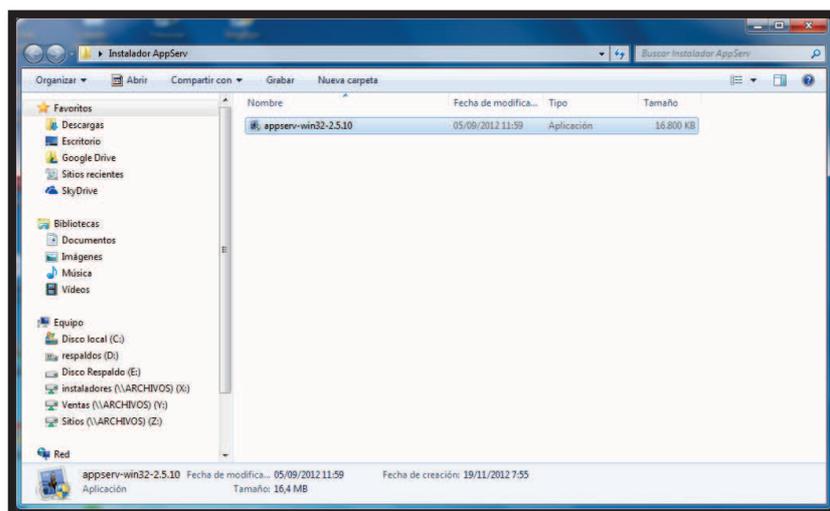


Figura 5. 2 Forma de copiar el instalador appserv-win32-2.5.10.exe en una carpeta en el escritorio

Paso 3

Realizar doble clic izquierdo en el ejecutar el instalador. La cual nos indicara la siguiente ventana y se realiza un Clic izquierdo en la opción **Siguiente**.

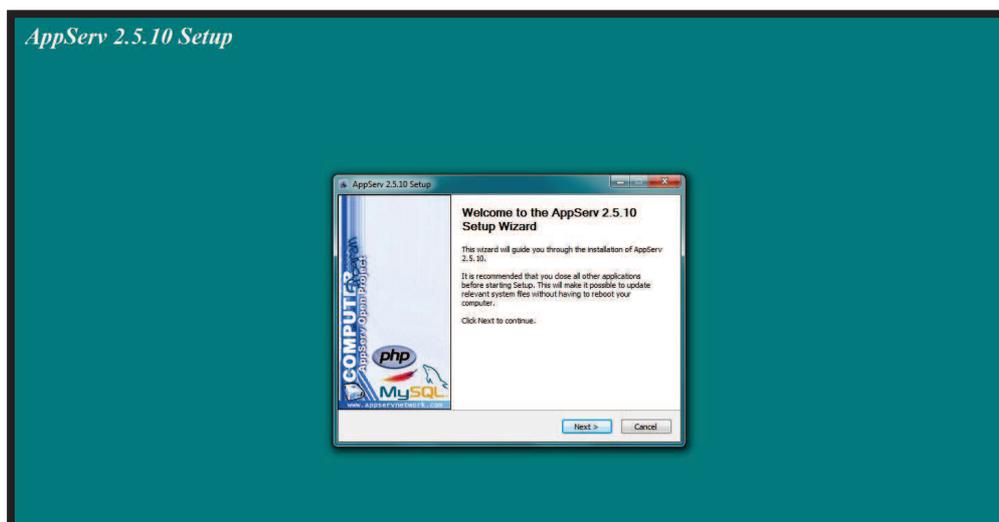


Figura 5. 3 Ventana al ejecutar el instalador AppServ-win32-2.5.10

Paso 4

Se acepta los términos de la licencia.

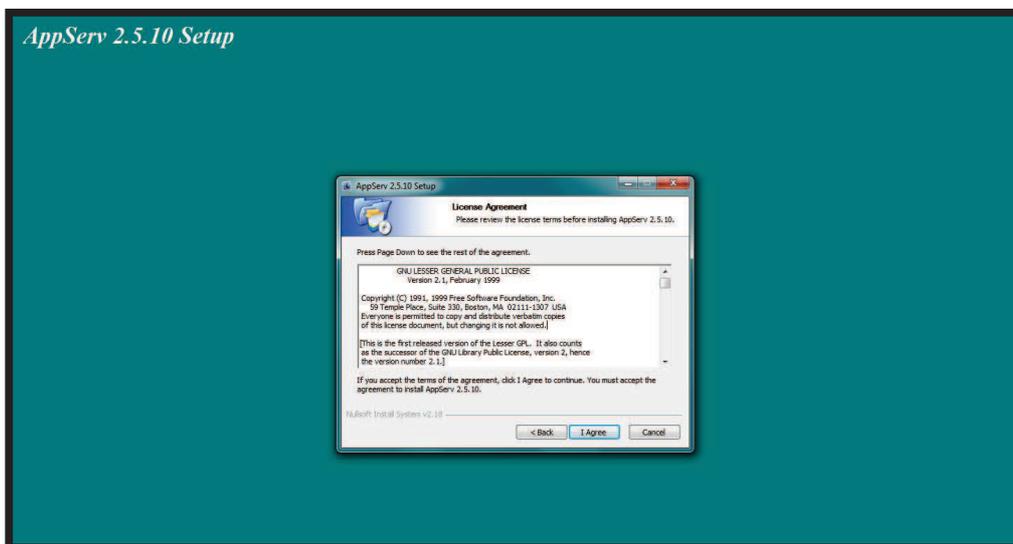


Figura 5. 4 Ventana de términos de licencia

Paso 5

En la ventana siguiente muestra la ruta donde se va a instalar el programa, Podemos cambiar esta ruta si deseamos con la opción browser o examinar y seleccionar el disco duro al cual se va almacenar el mismo, o si el disco de instalación es correcto se realiza un clic izquierdo en Siguiente o next.

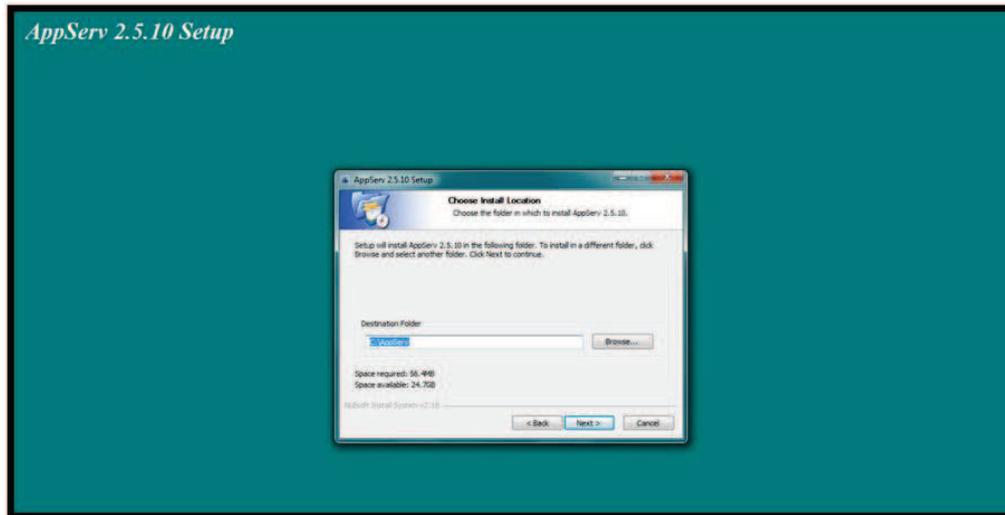


Figura 5. 5 Ventana de ruta de instalación

Paso 6

Se muestra los componentes que se van a instalar, marcamos todos y realizamos un clic izquierdo en Siguiente.

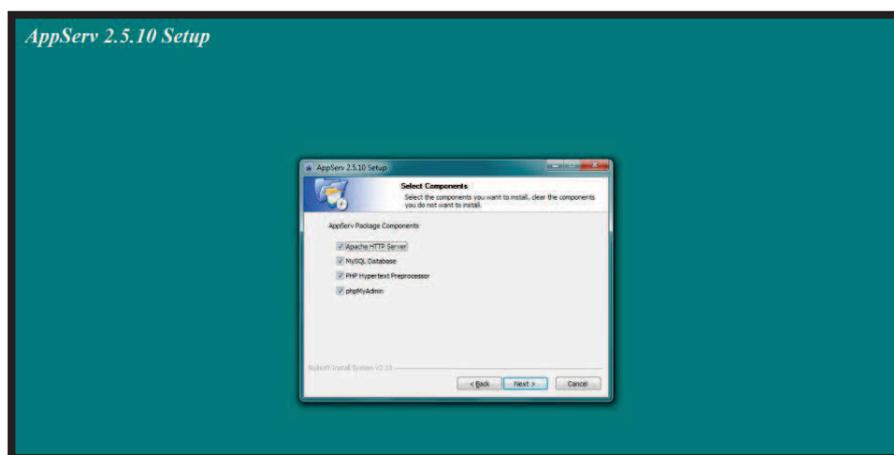


Figura 5. 6 Ventana de componentes a instalar

Paso 7

La siguiente ventana pide que ingresemos información del nombre como llamaremos al servidor.

Ingresamos como **localhost** (Servidor local).

De igual forma pide una dirección de correo donde enviar correo si existe algún problema.

Ejemplo: admin@gmail.com

El puerto dejar por defecto: 80 ya que por lo general el servidor utiliza este puerto.

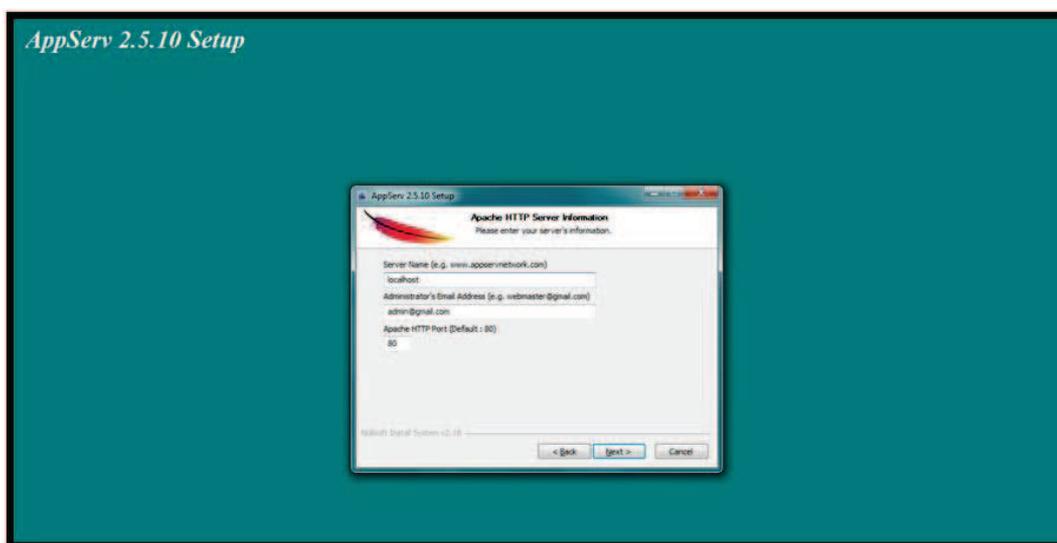


Figura 5. 7 Ventana de ingreso de información al servidor

Paso 8

La siguiente ventana pide información para el ingreso a MySQL que es un motor de Base de Datos con el cual funciona por defecto el servidor.

Usuario: root

Password: root

No cambiar el usuario, clave ya que el sistema se configuro para que funcione con estos datos.

Ingresado los datos anteriores se procede a un clic izquierdo en siguiente.

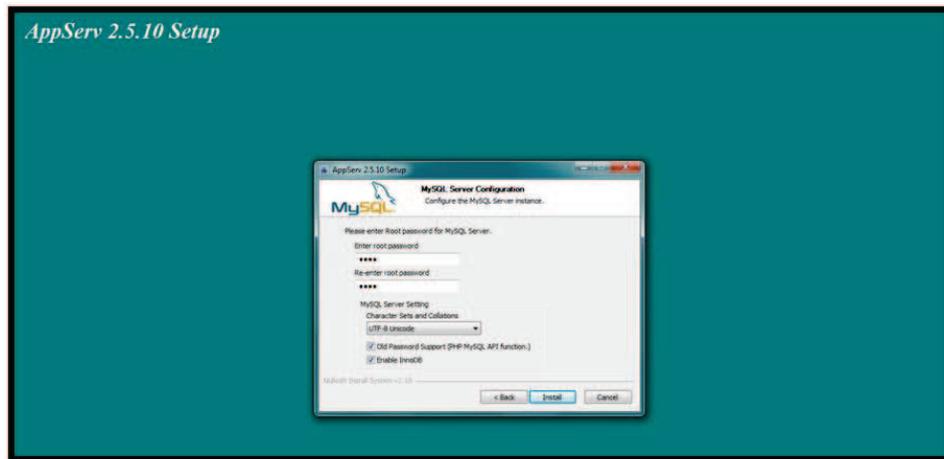


Figura 5. 8 Ventana de información para el ingreso a MySQL

Paso 9

La instalación se realizó correctamente. Dejar que inicie el servidor Apache y MySQL. Realizar un clic izquierdo Finalizar.

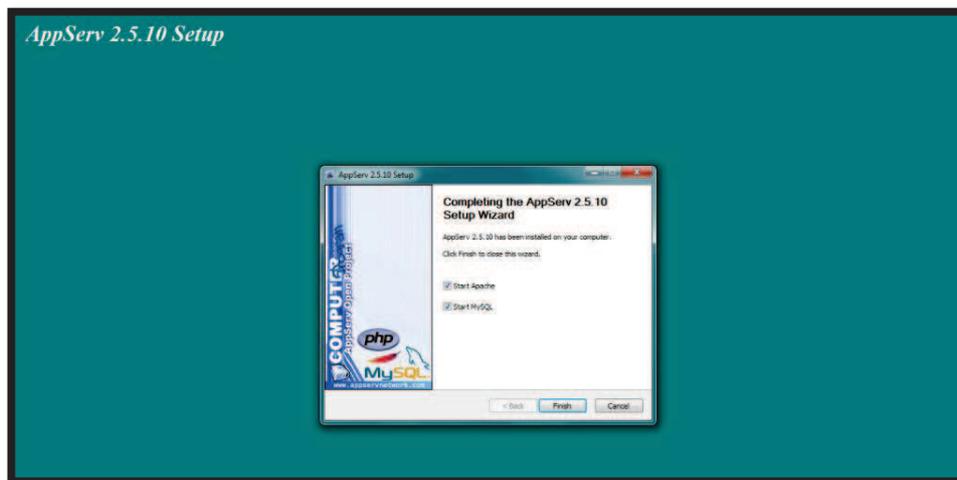


Figura 5. 9 Ventana de instalación se realizó correctamente

5.4 MANUAL DE COMO CREAR LA BASE DE DATOS

Terminada la instalación abrir un navegador de internet y escribir: **localhost**

Podemos ver la siguiente ventana, donde nos brinda información de los paquetes instalados con sus versiones.

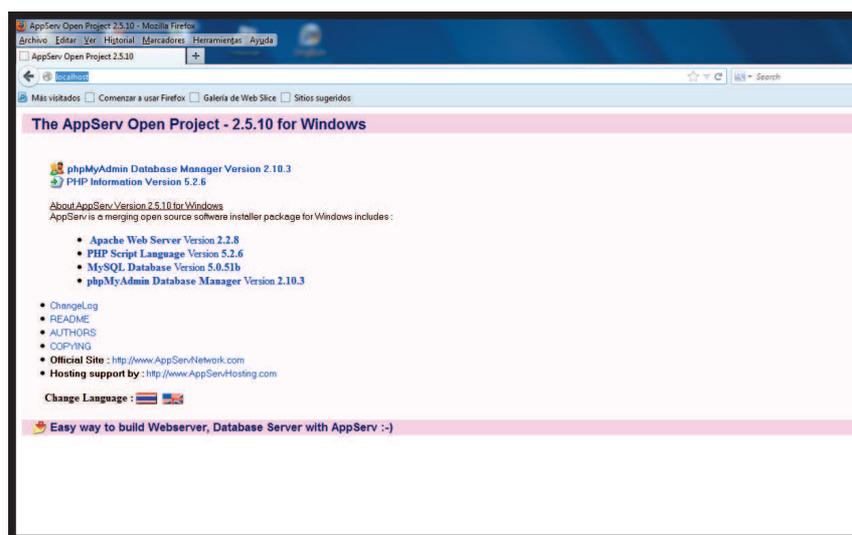


Figura 5. 10 Ventana de navegador de internet Firefox

Paso 1

Para crear la Base de Datos hacer clic en:

 phpMyAdmin Database Manager Version 2.10.3

Donde pide que se ingrese el usuario y la contraseña.

Usuario: root

Password: root

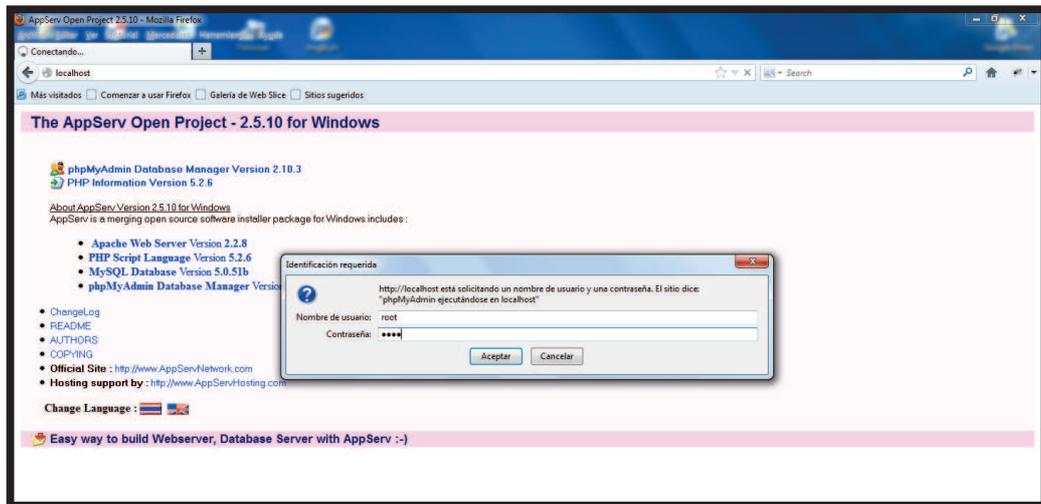


Figura 5. 11 Ventana para crear la base de datos

Paso 2

La siguiente ventana nos muestra la lista de Base de Datos.

Para crear una nueva. Escribir **madequisa** que es el nombre con la cual se creó el sistema. Clic en crear.

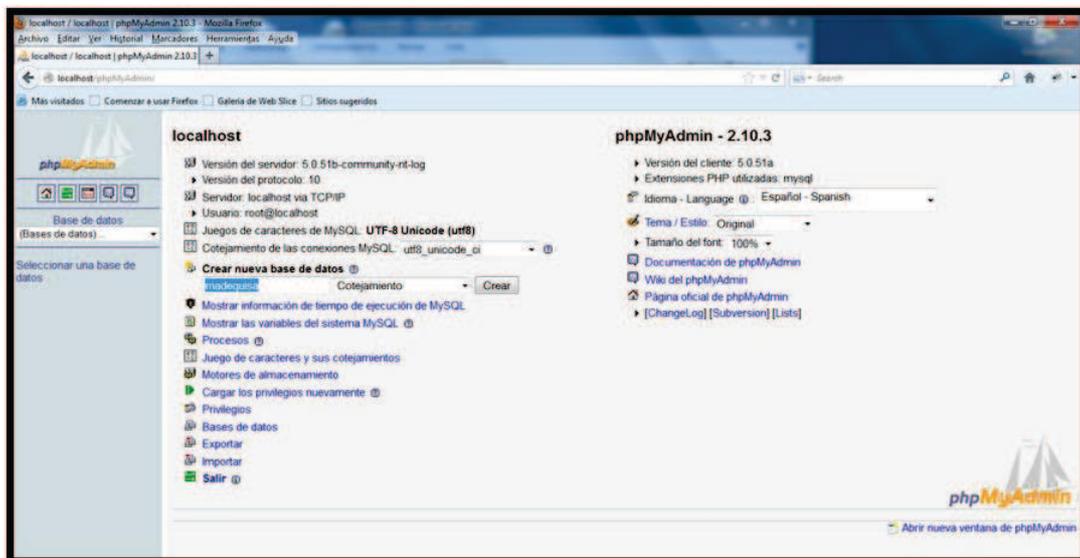


Figura 5. 12 Ventana donde se indica la base de datos

Paso 3

La base se creó correctamente.

Ahora vamos a restaurar las tablas que contiene la misma. Para ello vamos a la pestaña Importar, y opción Continuar.

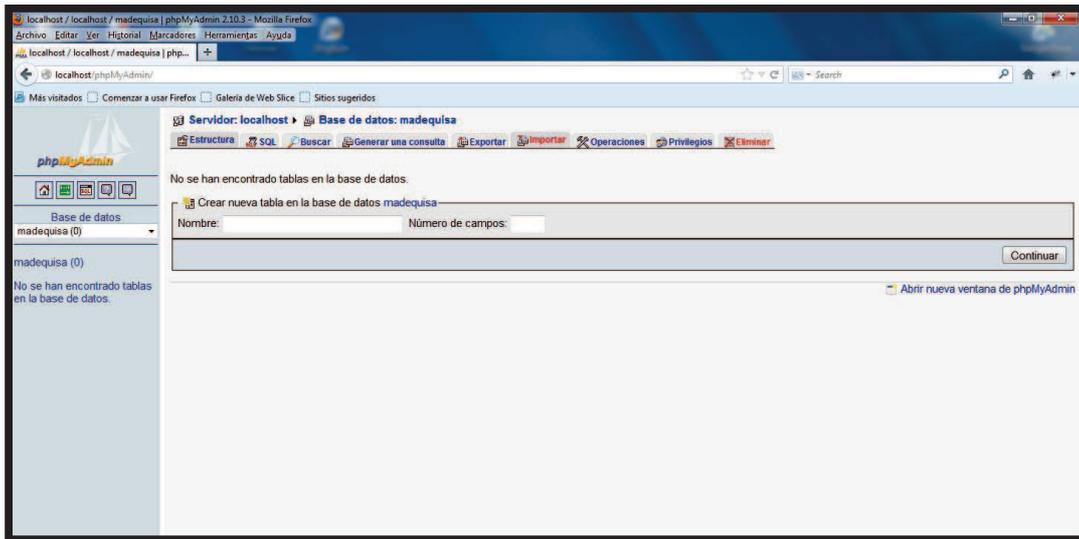


Figura 5. 13 Ventana para restaurar las tablas de la base de datos

Paso 4

Muestra la siguiente ventana donde hacemos clic en Examinar.

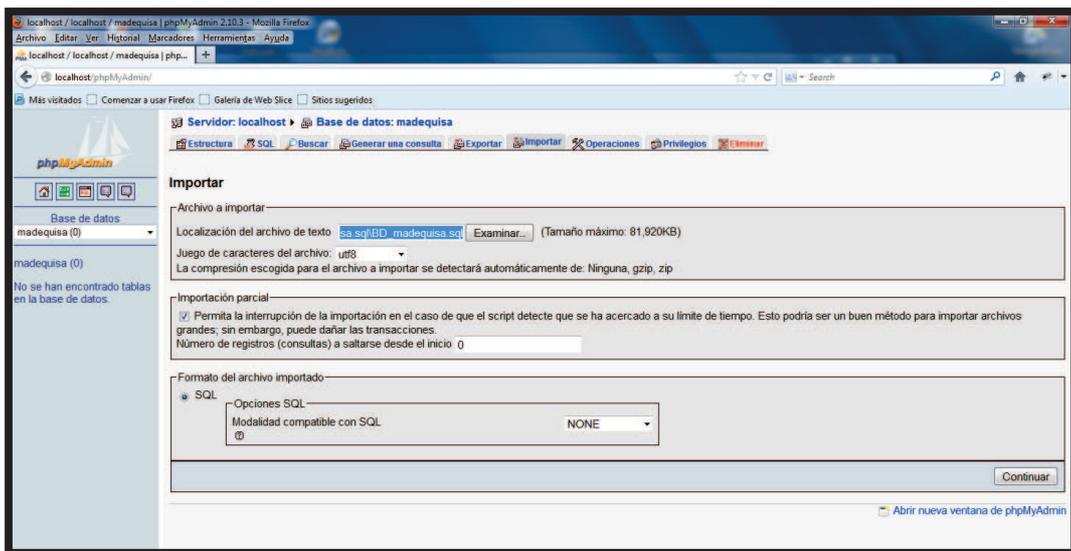


Figura 5. 14 Ventana de localización de la base de datos

Dentro de la carpeta que creamos en el escritorio en la cual se realizó previamente y se guardo la base de datos. Pegar la carpeta que contiene la Base de Datos (madequisa). Abrir hasta obtener un archivo SQL. Así como se muestra en la figura 5.15 y se realiza un clic en Abrir

Paso 5

En la siguiente ventana muestra que la restauración de la base se realizo correctamente.

Podemos ver las tablas que contiene la Base madequisa.

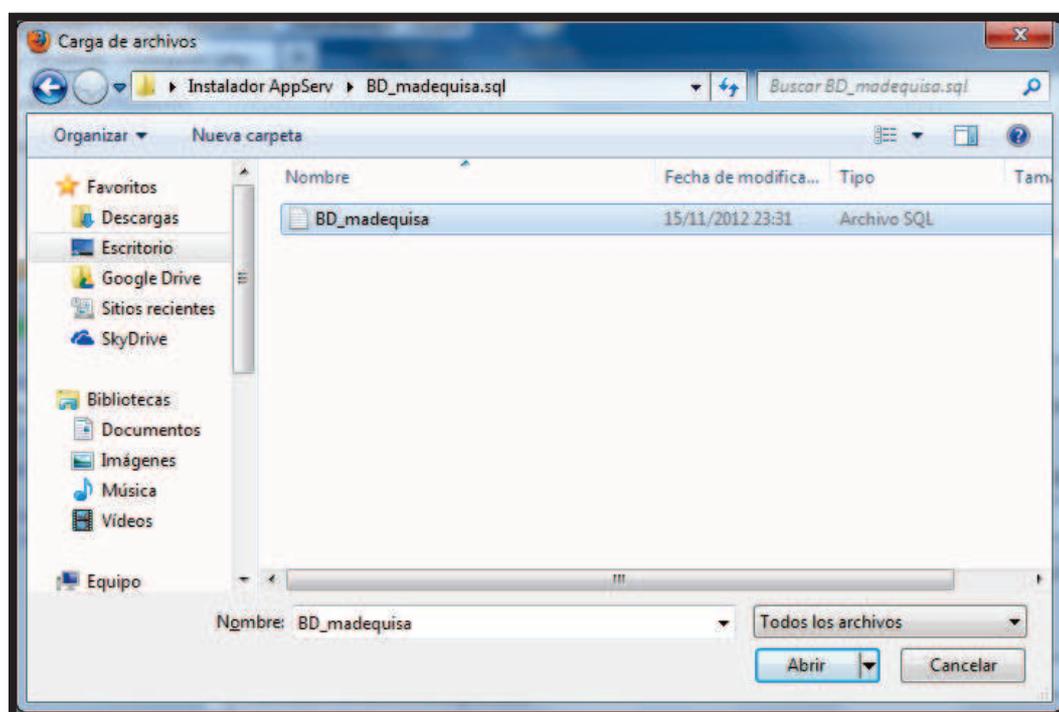


Figura 5. 15 Ventana de ubicación de la base de datos

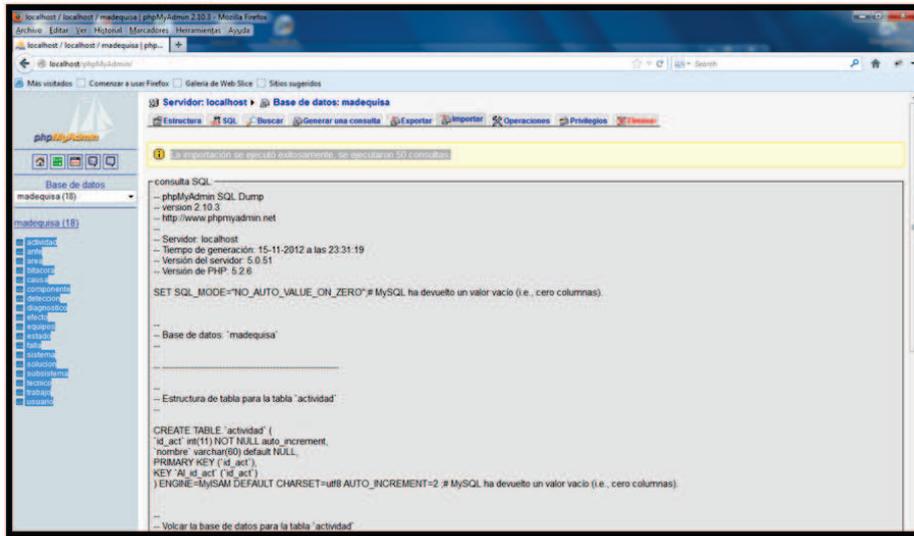


Figura 5. 16 Ventana donde se muestra la información de la base de datos

5.5 MANUAL PARA INGRESAR AL SISTEMA

Paso 1

Copiar la carpeta que contiene el sistema en:

C:\AppServ\www

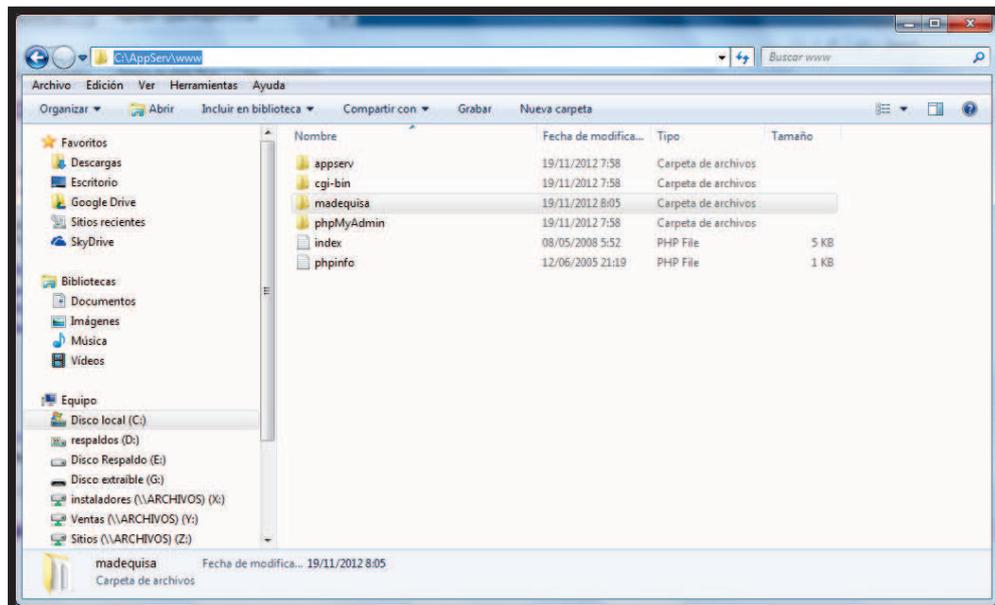


Figura 5. 17 Ventana que contiene el sistema

Paso 2

Abrir un navegador y digitar:

http://localhost/madequisa/

Muestra la ventana principal del Sistema.

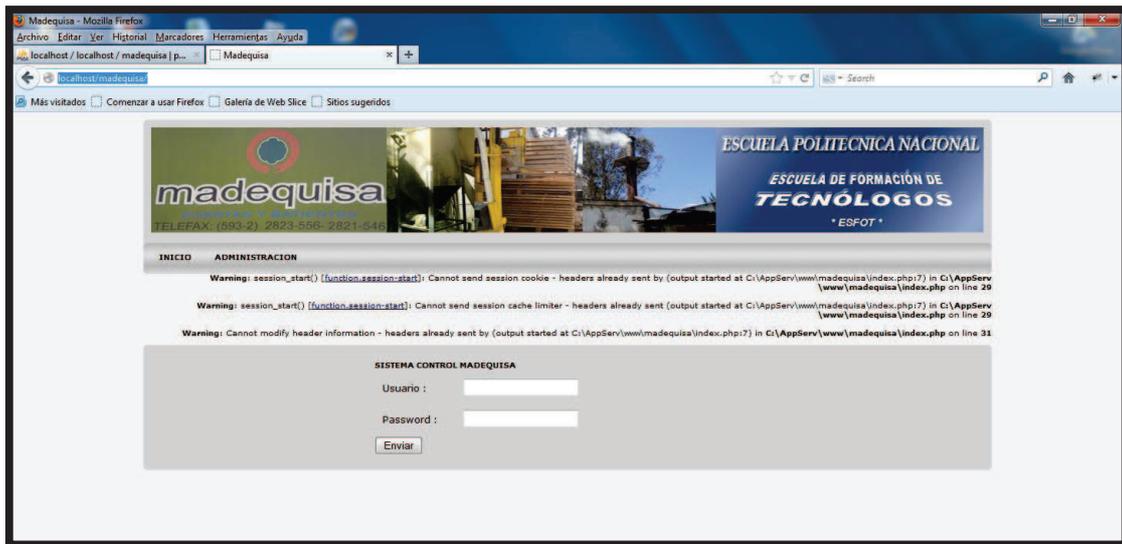


Figura 5. 18 Ventana principal del sistema

Para quitar los mensajes de error que están marcado en azul. Realizar los siguientes pasos.

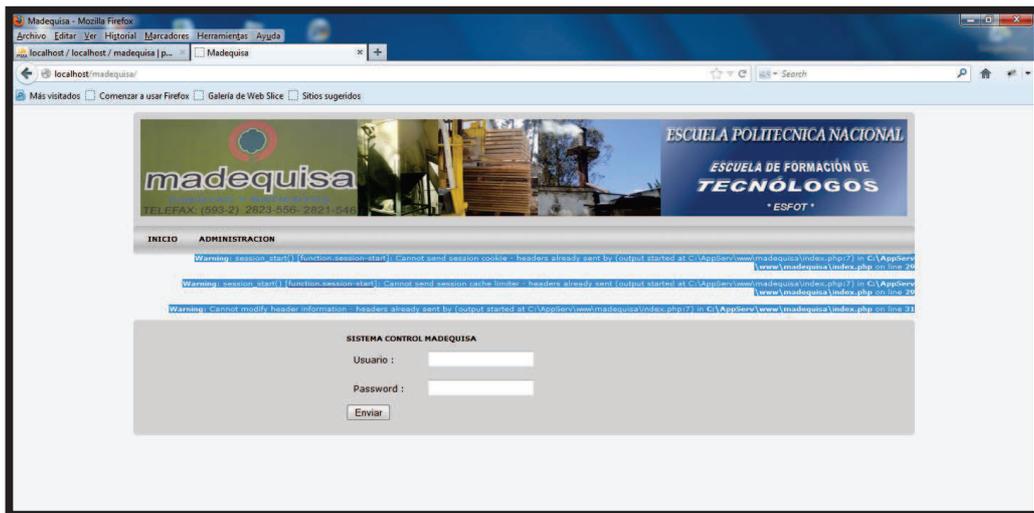


Figura 5. 19 Ventana que muestra mensajes de error

Paso 1

Clic en Inicio/AppServ/PHP Edit php.ini como muestra en la ventana.

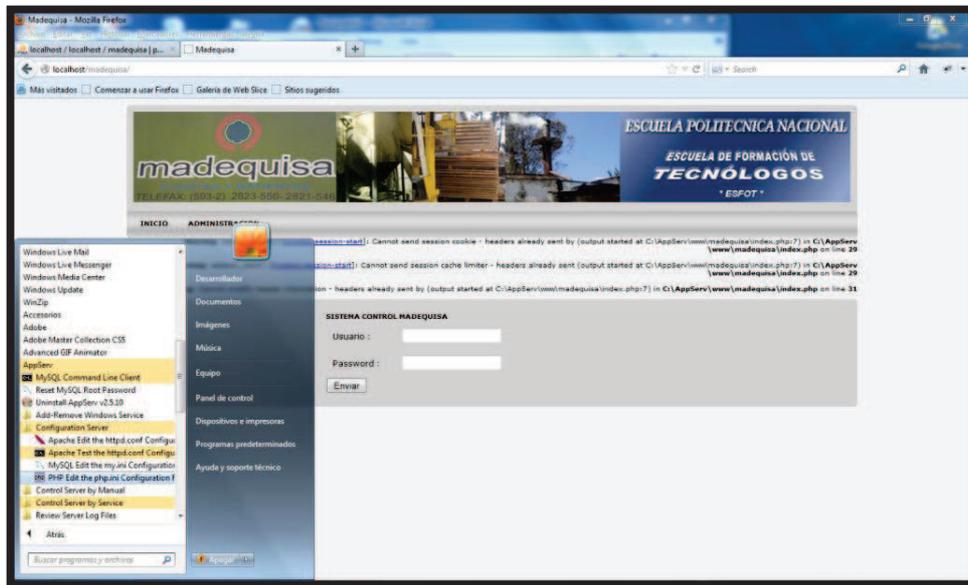


Figura 5. 20 Ventana para eliminar mensajes de error

Paso 2

Muestra el siguiente archivo, donde se debe buscar la siguiente línea:
display_errors = on

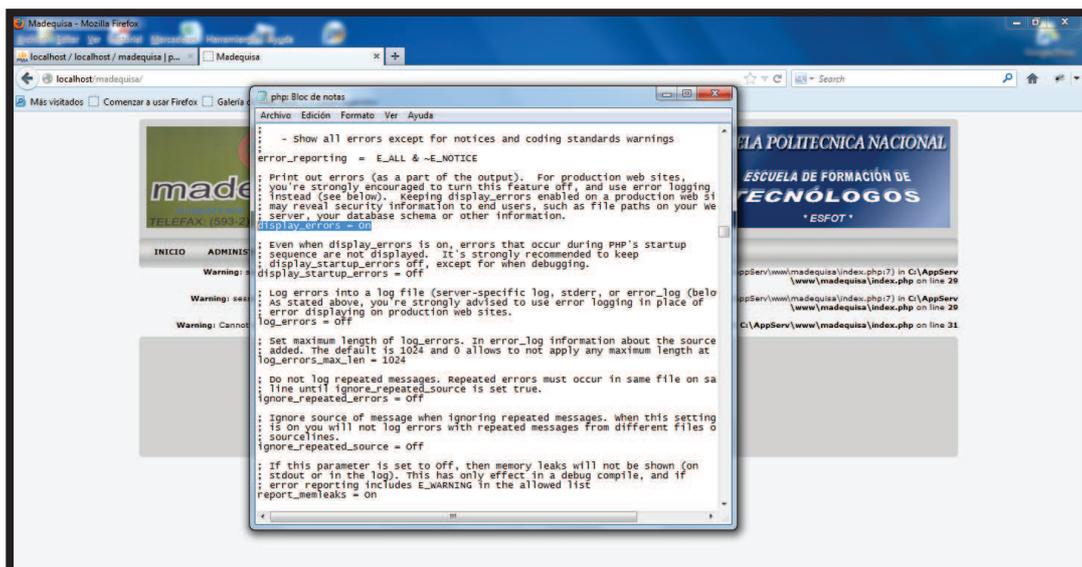


Figura 5. 21 Ventana del archivo de error

Paso 3

Una vez encontrada esta línea de código. Cambiar On por Off así:
display_errors = Off

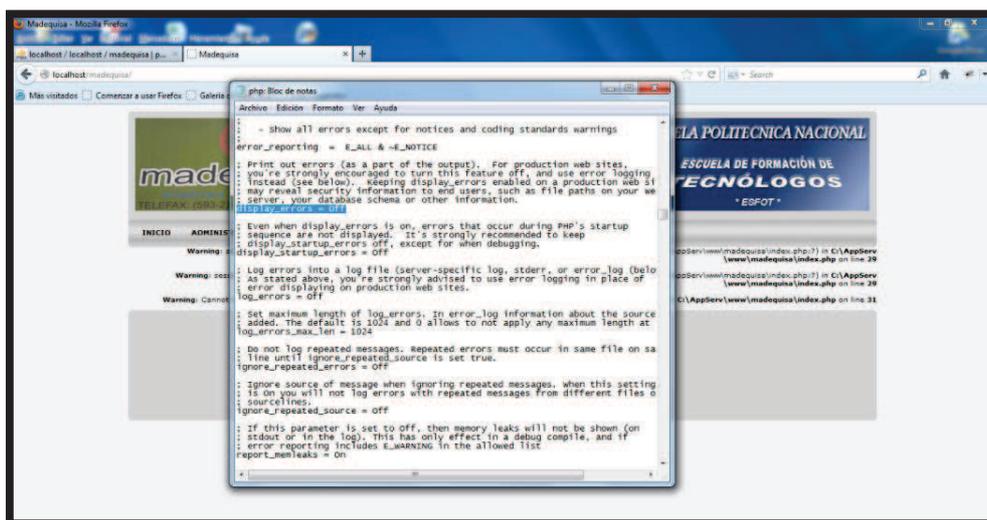


Figura 5. 22 Ventana del archivo de error corregida

Se guarda Guardar la corrección y posteriormente se procede a salir del archivo.

Nota: Para que los cambios tengan efecto es recomendable reiniciar la máquina o servidor.

Volvemos a iniciar un navegador y podemos observar la primera ventana del sistema. La cual ya no tiene los mensajes de error.

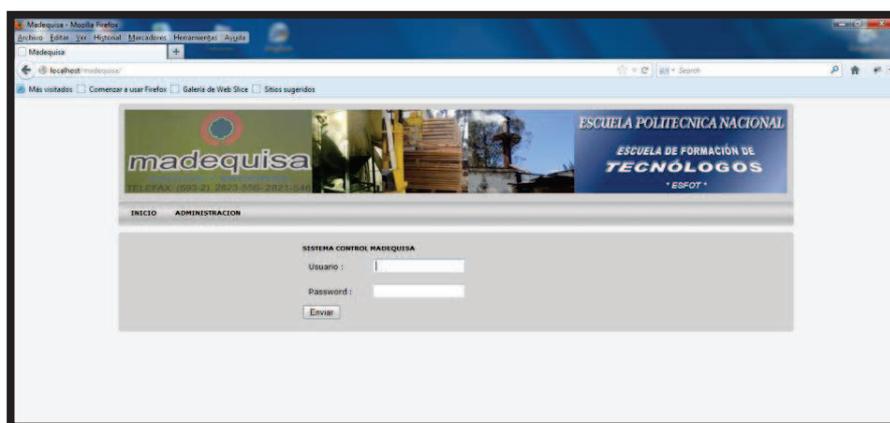


Figura 5. 23 Ventana de ingreso al sistema

5.6 MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA “MADEQUISA”

5.6.1 FORMA DE INGRESO AL SISTEMA

Son los datos con los cuales se entregó el sistema para que el operador pueda ingresar y hacer uso del mismo.

Se debe ingresar:

- El nombre de usuario. (admin)
- El password. (123)

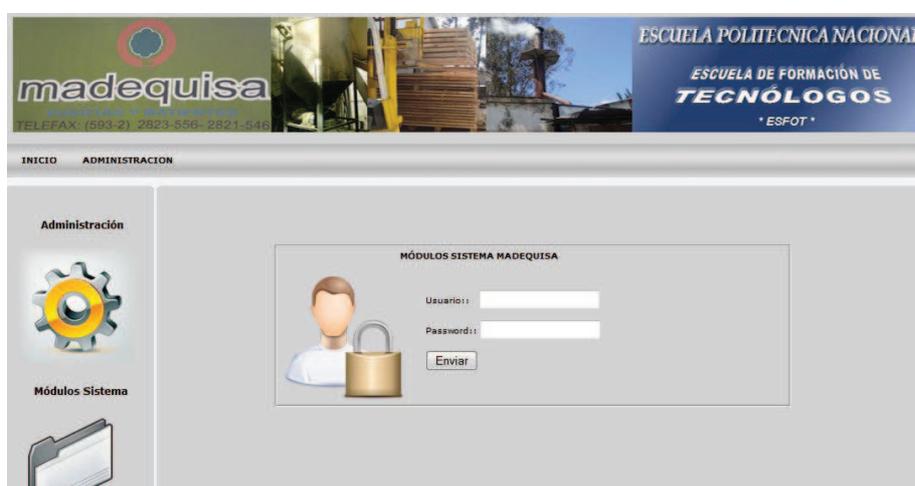


Figura 5. 24 Ventana de ingreso al módulo del sistema

5.6.2 MENÚ PRINCIPAL

En esta ventana muestra los módulos:

- ADMINISTRACIÓN
- MODULOS DEL SISTEMA

El sistema muestra una ventana de ingreso a los diferentes módulos, para ingresar a modificar la información del sistema hacer clic en el icono de administración o módulos del sistema.

- Usuario: administrador
- Password: 123



Figura 5.25 Ventana de menú principal

5.6.2.1 Módulo administración

En la pestaña ADMINISTRACIÓN encontraremos los datos necesarios para que el sistema pueda ser utilizado los cuales tienen que ser ingresados manualmente por el usuario del mismo. Como se muestra a continuación.

Para realizar el ingreso de los datos seguir los siguientes pasos:

1. Clic sobre la pestaña a ingresar. (Nuevo Usuario)
2. Clic sobre el botón Nuevo Usuario, se muestra una ventana para digitar los datos solicitados, hacerlo con mucha precaución ya que de esto dependerá el buen funcionamiento del sistema.
3. Clic en el botón Guardar o cancelar si no deseamos registrar estos datos. Podemos observar que la información digitada se muestra en una lista.
4. En la lista de registros tenemos la opción de Modificar la información haciendo clic en el icono. 

Los datos que nos muestra son los datos ya guardados, podemos realizar la modificaciones requeridas, las cuales se reflejarán en todo el sistema.

5. De igual forma el módulo de administración nos  permite eliminar la información haciendo clic en el siguiente icono.

Nota: Se debe tomar en cuenta que una vez eliminada la información no se podrá recuperar.

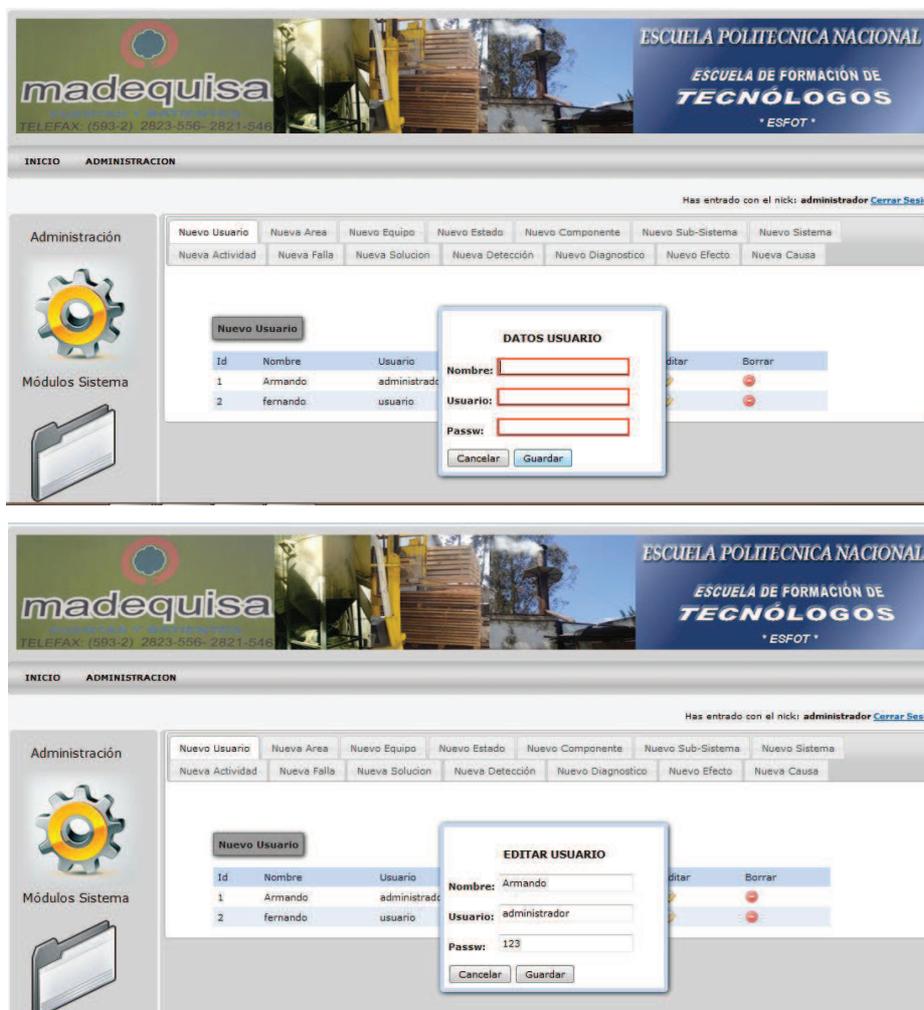


Figura 5. 26 Ventana de ingreso de datos en el menú de administración

Existe información que depende de otra para poder realizar ingresar los datos. Así como muestra la siguiente ventana.

Es recomendable realizar primero el ingreso de la información que no depende de otra.

Información que encontramos en el programa:

- Usuario
- Área
- Sistema
- Subsistema
- Equipo.
- Componente
- Estado
- Función operacional
- Falla (modo en el que se produjo la falla)
- Solución
- Efecto.
- Causa.
- Índice de Gravedad (G)
- Índice de Ocurrencia (O)
- Índice de Detectabilidad (D)
- Numero NPR
- Nuevo NPR
- Acción correctiva

Estas opciones siguientes pertenecen al manual de operación:

- Actividad.
- Detección
- Diagnostico

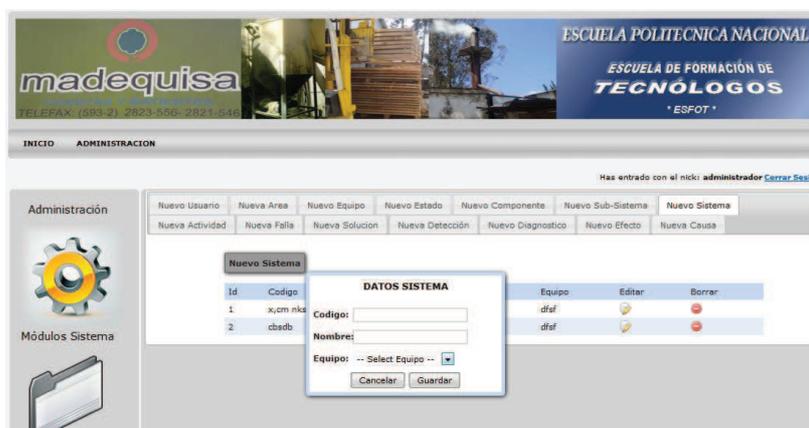


Figura 5. 27 Ventana que indica la información depende de otra para poder realizar ingresar los datos

5.6.2.2 Módulos del sistema

Para el ingreso al módulo registro de información hacer clic sobre el icono módulos del sistema. El cual solicita el ingreso de un usuario y password

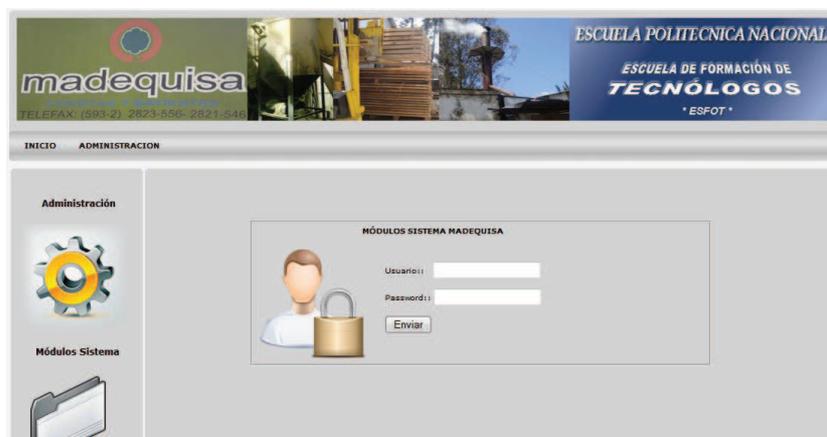


Figura 5. 28 Ventana de los módulos del sistema Madequisa

En este módulo encontramos:

- Orden de trabajo
- Bitácora
- Amfe
- Reporte de orden de bitácora
- Reporte de bitácora
- Reporte Amfe

INGRESO ORDEN DE TRABAJO

Equipo: Estado: F. Recepción:

Actividad: Responsable: F. Entrega:

Realizar: Materiales:

Id	Equipo	Actividad	Estado	T.Realizar	Materiales	F.Recepción	F.Entrega	Responsable
7	Generador de Vag	Revision fallo	Bueno	Revidar, motor	solpete,etc	2012-11-16	2012-11-20	Jaime

Figura 5. 29 Ventana de menú orden de trabajo

5.6.4 MENÚ BITÁCORA

Existen los siguientes campos:

- **Equipo.-** Seleccionar un equipo (Obligatorio)
- **Código Equipo.-** Selecciona automáticamente depende el Equipo. (Obligatorio)
- **Falla.-** Seleccionar tipo falla. (Obligatorio)
- **Diagnostico.-** El operador determina el diagnóstico del equipo. (Obligatorio)
- **Detección.-** Es la forma como el operador detecto una falla o avería. (Obligatorio)
- **Solución.-** Que tipo de solución se determinó. (Obligatorio)
- **Fecha Entrega, recepción.-** Indica las fechas en la cual se produzco la avería. (Obligatorio)

- **Herramientas, insumos, Observaciones.-** Se refiere a que herramientas, insumos que se utilizó y observaciones de la maquinaria realizada el mantenimiento. (Obligatorio)
- **Hora Inicio, Hora Fin.-** Es la hora que existe algún problema, respectivamente. (Obligatorio)
- **Área.-** Esta opción es automática depende del Código del Equipo. (Obligatorio)
- **Encargado del área del proceso productivo.-** Esta opción es automática se llena el la opción administración en usuario previamente.
- **Responsable.-** Es la persona quien realizo el ingreso de la orden de trabajo y la firma. (Obligatorio).
- **Personal que intervino en la labor de mantenimiento.-** Esta opción se puede agregar en observaciones

Realizados los anteriores pasos hacer clic en el botón **Guardar**.

The screenshot shows a web browser window with the URL 'localhost/madequisa/bitacora.php'. The page header includes the 'madequisa' logo and 'ESCUELA POLITECNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACION DE TECNÓLOGOS * ESPOT *'. A navigation menu contains: INICIO, ADMINISTRACION, ORDEN TRABAJO, BITACORA, ANFE, REPORTE ORDEN TRABAJO, REPORTE BITACORA, REPORTE ANFE. A user session notice reads: 'Has entrado con el nick: admin [Cerrar Sesión](#)'. The main content area is titled 'INGRESO DE BITACORA' and contains the following form fields:

- Equipo: -- Select Equipo --
- C. Equipo: -- Select C Equipo --
- H. Inicio: [Text Input]
- H. Fin: [Text Input]
- Falla: -- Select Falla --
- Diagnostico: -- Select Diagnostico --
- Herramientas: [Text Input]
- Area: -- Select Area --
- Detección: -- Select Deteccion --
- Solución: -- Select Solucion --
- Materiales e Insumos: [Text Input]
- Responsable: -- Select Responsabá --
- F. Recepción: 2013-01-29
- F. Entrega: 2013-01-29
- Jefe Area: -- Select Jefe --
- Observaciones: [Text Input]

Buttons: Guardar, Actualizar

Id	Equipo	C. Equipo	C. Area	F. Recepción	H. Inicio	F. Entrega	H. Fin	Falla

Figura 5. 30 Ventana de menú Bitácora

5.6.5 MENÚ AMFE

Existen los siguientes campos:

- **Componente.**- Seleccionar un componente. (Obligatorio)
- **Código componente.**- Selecciona automáticamente depende del Componente. (Obligatorio)
- **Sistema.**- Seleccionar sistema que tiene el equipo. (Obligatorio)
- **Subsistema.**- Seleccionar el subsistema. (Obligatorio)
- **Modo Falla.**- seleccionar falla. (Obligatorio)
- **Código de Falla.**- selecciona automáticamente. (Obligatorio)
- **Efecto.**- seleccionar efecto. (Obligatorio)
- **Causa.**- posible causas que genero el problema. (Obligatorio)
- **Índice de prioridad y riesgo Gravedad (G), Frecuencia u ocurrencia (O), Detectabilidad (D).**- información que determina el operador. (Obligatorio)
- **Numero indica de prioridad y riesgo (NPR).**- Este número depende del índice de prioridad es decir la multiplicación.
- **Estado.**- Estado en el cual se encuentra el Equipo. (Obligatorio)
- **Acciones correctivas.**- Estas acciones van hacer determinadas por el personal encargada de mantenimiento.
- **Función operacional.**- Rangos nominales en el que opera el componerte se debe ingresar al mismo tiempo cuando se introduce el componente. Ejemplo: Bomba Centrífuga (Presión 60 PSI, Caudal 150 litros/min).
- **Facilitador.**- Es la persona quien proporciona el trabajo. (Obligatorio).
- **Auditor.**-persona quien controla el trabajo. (Obligatorio).
- **Nuevo índice de prioridad y riesgo (NPR).**- Es el nuevo valor que depende al realizar las acciones correctivas, este índice tiende a disminuir.

Realizados los anteriores pasos hacer clic en el botón **Guardar**.

Figura 5. 31 Ventana menú AMFE

5.6.6 MENÚ DE REPORTE DEL SISTEMA

El sistema mantiene un tipo de reporte, estos reportes tiene las opciones de:

- EDITAR
- ELIMINAR UN REGISTRO
- BUSCAR POR CODIGO ORDEN
- IMPRIMIR

Para poder realizar la impresión de los reportes. Lo primero que se tiene que realizar es seleccionar la fila que deseamos. Clic en Imprimir.

Se descarga el documento en un formato Excel, al cual podemos realizar las modificaciones respectivas si es necesario.

5.6.6.1 Reporte de Orden de Trabajo

En la ventana podemos observar todo el historial de orden de trabajo que se genero.

El código de orden de trabajo es la columna de ID.

Id	Equipo	Actividad	Estado	Realizar	Materiales	F.Entrega	F.Recepción	Responsable
1	Generador de Vapor	Revision fallo	Bueno	reparacion de motor	aceite, martillo, repu	2012-11-10	2012-11-10	Jaime
3	Generador de Vapor	Revision fallo	Bueno	canteadora	tornillos, banda	2012-11-10	2012-11-15	Jaime
6	Generador de Vapor	Revision fallo	Bueno	Revision, maquinaria	Suelda, coplete	2012-11-20	2012-11-16	Jaime
7	Generador de Vapor	Revision fallo	Bueno	Revidar, motor	soljeta, etc	2012-11-14	2012-11-20	Jaime

Figura 5. 32 Ventana de reporte de orden de trabajo

Para editar la orden de trabajo hacer clic sobre la fila que deseemos, llenar toda la información requerida y procesemos a guardar los cambios.

Id	Equipo	Actividad	Estado	Realizar	Materiales	F.Entrega	F.Recepción	Responsable
1	Generador de Vapor	Revision fallo	Bueno	reparacion de motor	aceite, martillo, repu	2012-11-10	2012-11-10	Jaime
3	Generador de Vapor	Revision fallo	Bueno	canteadora	tornillos, banda	2012-11-10	2012-11-15	Jaime
6	Generador de Vapor	Revision fallo	Bueno	Revision, maquinaria	Suelda, coplete	2012-11-20	2012-11-16	Jaime
7	Generador de Vapor	Revision fallo	Bueno	Revidar, motor	soljeta, etc	2012-11-14	2012-11-20	Jaime

Orden Información

Equipo:

Actividad:

Estado:

Realizar:

Materiales:

F.Recepcion:

F.Entrega:

Responsable:

Save Cancel

Figura 5. 33 Ventana de reporte de orden de trabajo al editar la información

5.6.6.2 Reporte de Bitácora

En la ventana podemos observar todo el historial de bitácora que se ingresó.

CONSULTA DE BITÁCORA

Lista de Bitácora

Editar Bitácora Eliminar Registro Nombre Equipo: Buscar Imprimir

Id	Equipo	C.Eq	C.Are	F.Recepción	H.Inicio	F.Entrega	H.Fin	Falla	Diagnostico	Detección	Solución	Herramientas	Materiales	Observaciones	Responsable
1	Generador de GV	AS		2012-11-16	10:18:31	2012-11-26	14:55:45	erexxx	wewecxxx	sdesdxx	sdowxxx	taladro, martil	Bomba de aire	el equipo....	Jaime

Page 1 of 1

Displaying 1 to NaN of NaN items

Figura 5. 34 Ventana de reporte de bitácora

5.6.6.3 Reporte de Amfe

En la ventana podemos observar todo el historial de Amfe que se ingresó.

CONSULTA TABLA AMFE

Lista Tabla Amfe

Editar Amfe Eliminar Registro Nombre Comp: Buscar Imprimir

Id	Componente	C.Ca	Solar	Subistema	Falla	C.Falla	Amfe Información
1	Bomba Central BC	Alm	Mecanico		afesxx	afesxx	
2	Bomba Central BC	Alm	Electrico		afesxx	afesxx	
3	Bomba Central BC	Alm	Mecanico		afesxx	afesxx	
4	Bomba Central BC	Alm	Mecanico		afesxx	afesxx	

Amfe Información

Componente: Bomba Centrige

C.Componente: BC

Sistema: Alimentación de cont

Subistema: Mecanico

Falla: afesxx

C.Falla: afesxx

Efecto: [unreadable]

Causa: [unreadable]

Id: [unreadable]

O: [unreadable]

D: [unreadable]

SR: [unreadable]

Estado: [unreadable]

Facilitador: Jaime

Autor: Jaime

Page 1 of 4

Displaying 1 to 4 of 4 items

Figura 5. 35 Ventana de reporte AMFE

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El programa de mantenimiento desarrollado para la empresa MADEQUISA CIA.LTDA, es el resultado de un proceso de planificación. Con el objetivo de aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos siguiendo procedimientos seguros para el personal encargado del mantenimiento.
- Esperar hasta que el equipo y la máquina fallen ya no tiene cabida en la actualidad, debido a que se puede incurrir en gastos excesivamente grandes por: Perdidas de producción, credibilidad, tiempos muertos y deficiencias de calidad.
- Debido a la inexistencia de personal de mantenimiento fijo, no se tiene registros de mantenimiento realizados durante los últimos 5 años, no se pudo captar la información de algunas máquinas y/o equipos; lo cual me dificulto en un inicio el desarrollo del plan, por lo cual se acudió a la experiencia de los operadores de la maquinaria.
- El programa de mantenimiento de la empresa MADEQUISA CIA.LTDA es inexistente solo se espera que la maquinaria y equipos fallen para realizar el respectivo mantenimiento.
- Los jefes de área son los responsables de informar y realizar mantenimiento en el caso de paros de emergencia de máquinas y/o equipos siempre y cuando este a su alcance, en caso que de no ser así se procede a llamar asistencia técnica externa.
- AMFE es un procedimiento de gran utilidad para aumentar la confiabilidad, mejorar la calidad, fiabilidad, seguridad y buscar soluciones a los problemas que puedan presentar las dispositivos, unidades y procesos de la maquina antes de que estos ocurran.

- Los cuadros generados mediante las AMFE deben ser modificados cada cierto intervalo de tiempo, a fin de obtener un mejoramiento continuo en todo nivel de la empresa MADEQUISA CIA.LTDA
- El procedimiento realizado para el Generador de Vapor se debe extender a todas las máquinas y/o equipos de la empresa, iniciando con los equipos más importantes a los menos importantes mediante un análisis de priorización.
- La elaboración de bases de datos facilita el almacenamiento y recopilación amplia de información realizada durante las labores de mantenimiento, de igual manera llevar un registro de herramientas utilizadas y personal que la realiza el mantenimiento. El éxito para llevar un adecuado registro de mantenimiento es el ingreso de los datos verdaderos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Contratar personal para que se haga cargo del área de mantenimiento, lo cual facilite llevar un control diario de máquina y/o equipos, y de igual manera un registro de las labores de mantenimiento realizadas.
- Dar a conocer y concienciar al personal de planta el beneficio de implementar un programa de mantenimiento preventivo.
- Pedir y Guardar toda la información del mantenimiento realizado ha asistencia técnica externa y realizar respaldos, al fin de mantener datos de manera óptima y segura.
- A los controles hay que darles un mantenimiento cada tres meses o cuando se observe un funcionamiento deficiente del caldero con el fin de controlar el perfecto funcionamiento de los instrumentos.
- Revisar las entradas de agua como alimentación de combustible se encuentren cerrados cuando se vaya a realizar labores de mantenimiento.
- Tratar de instalar un filtro de agua al ingreso de la bomba centrífuga para evitar la incrustación de sedimentos que puede afecte la operación correcta de los componentes de generador de vapor.
- Utilizar teflón de temperatura en las uniones de la tubería y accesorios, para evitar fugas de agua y pérdidas de presión.
- Realizar una limpieza de los tableros de control una vez por semana debida a la polución existente en el ámbito laboral, la cual afecta la operación correcta de los elementos y dispositivos eléctricos y/o electrónicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. JÁCOME Fernando, (2010), "*Ingeniería de Mantenimiento*", Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
2. MOUBRAY, J. (2004) *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reaiability-centred Maintenance)*, Buenos Aires.
3. BORROTO Anibal, (2005), "*Ahorro de Energía en Sistemas de Vapor*", Editorial Universidad de Cienfuegos, Cuba.
4. TORRES Leandro, (2005), "*Mantenimiento su implementación y Gestión*", Editorial Universitarias, Argentina.
5. <http://es.scribd.com/doc/57110708/13/FUNCIONES-PRINCIPALES-DEL-MANTENIMIENTO>
6. <http://es.scribd.com/doc/58707154/Gestion-Del-Mantenimiento-Lectura>
7. http://es.scribd.com/francisco_ortega_4/d/48133134-Matriz-de-priorizacion
8. [www.forofrio.sevillabt.com/.../calderas%20de%20vapor%20\(...](http://www.forofrio.sevillabt.com/.../calderas%20de%20vapor%20(...) - España
9. <http://es.scribd.com/doc/35019742/ANALISIS-CAUSA-RAIZ>
10. http://www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_crm.htm
11. <http://www.renovetec.com/editorial/mantenimientoindustrial-vol3-predictivo.pdf>
12. http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm
13. <http://es.scribd.com/doc/52623049/13/Caracteristicas-de-las-calderas-pirotubulares>
14. <http://es.scribd.com/doc/6057846/Bombas-Centrifugas>
15. <http://es.scribd.com/doc/22046750/Motorreductores-servomotores-y-sensores>
16. <http://es.scribd.com/doc/40359203/mantenimiento-de-reductores>
17. <http://es.scribd.com/doc/33773846/Grupo-Reductor-y-Diferenciales>
18. <http://es.scribd.com/doc/58258890/ventiladores>
19. <http://es.scribd.com/doc/73512033/27/Valvulas-de-retencion-check-y-de-desahogo-alivio>
20. <http://es.scribd.com/doc/21989434/Guia-Practica-de-Fontaneria>
21. <http://es.scribd.com/doc/7197995/Catalogo-WEG>
22. <http://es.scribd.com/doc/55363430/Acoples-Mecanicos>

ANEXOS

ANEXO 1
DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA MADEQUISA CIA.LTDA

ANEXO 2
PROGRAMAS DE SECADO DE LA MATERIA PRIMA

ANEXO 3
DATOS DE PLACA DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS DEL
GENERADOR DE VAPOR

ANEXO 4
PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA
MADEQUISA CIA.LTDA

ANEXO 5

**ELEMENTOS QUE CONFORMAN RELÉ TÉRMICO,
CONTACTOR Y MOTOR ASINCRÓNICO DE JAULA DE
ARDILLA.**

ANEXO 6
CATALOGO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS
SINAMICS G110 CPM 110 AIN Y CONTROL DE NIVEL
MCDONNELL&MILLER

ANEXO 7
ACCESORIOS Y DIAGRAMA DEL SISTEMA DE
GENERACIÓN DE VAPOR

ANEXO 8
LUBRICACIÓN, MANIPULACION Y DAÑOS DE
RODAMIENTOS