



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LA LÍNEA DE  
PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE FORMALDEHÍDO**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

**Autor(a):** Mendoza Quezada Arturo Alexander

**Tutor(a):** Msc. Segura D'Rouville Juan Joel

QUITO – ECUADOR

2023



**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo Mendoza Quezada Arturo Alexander, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre: “PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE FORMALDEHÍDO”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 16 días del mes de marzo del 2023, firmo conforme:

Autor: Mendoza Quezada Arturo Alexander

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE FORMALDEHÍDO” presentado por Mendoza Quezada Arturo Alexander, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 16 de marzo de 2023

.....  
Msc. Segura D´Rouville Juan Joel

C.I: 1756974968

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 16 de marzo del 2023

## APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE FORMALDEHÍDO, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 16 de marzo de 2023

.....

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

VOCAL

.....

VOCAL

## INDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES .....	v
RESUMEN EJECUTIVO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
Marco Teórico .....	6
Formaldehido .....	6
Mantenimiento .....	6
Evolución del Mantenimiento.....	6
Tipos y estrategias de mantenimiento.....	7
Antecedentes .....	9
Justificación.....	11
Objetivos .....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos específicos. ....	12

CAPÍTULO II: INGENIERÍA DEL PROYECTO .....	13
Diagnóstico de la situación actual de la empresa .....	13
Disponibilidad de equipos rotativos.....	20
Número de prioridad del riesgo .....	24
Evaluación de la gestión del mantenimiento .....	31
Herramientas de ingeniería .....	35
Área de estudio.....	37
Modelo Operativo .....	38
Desarrollo del modelo operativo.....	38
CAPÍTULO III: PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS .....	41
Desarrollo de la propuesta.....	41
Codificación de equipos.....	41
Análisis de criticidad de los equipos.....	43
Selección del modelo de mantenimiento .....	51
Determinar fallos y modos de fallo.....	54
Determinación de acciones .....	80
Plan de mantenimiento.....	106
Resultados esperados.....	138
Análisis de costos .....	142
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	146



Conclusiones .....	146
Recomendaciones.....	148
Bibliografía.....	149
Anexos.....	152

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Descripción de los sistemas GMAC internacionales</i> .....	2
<b>Tabla 2</b> <i>Lista de equipos rotativos</i> .....	13
<b>Tabla 3</b> <i>Tiempos de paro significativos 2021</i> .....	19
<b>Tabla 4.</b> <i>Disponibilidad de equipos rotativos</i> .....	21
<b>Tabla 5.</b> <i>Descripción de fallo y modo de fallo BOMBA METANOL 1/140 psi</i> .....	27
<b>Tabla 6.</b> <i>Determinación de valor para gravedad</i> .....	27
<b>Tabla 7.</b> <i>Determinación de valor para frecuencia</i> .....	28
<b>Tabla 8</b> <i>Determinación de valor para detectabilidad</i> .....	28
<b>Tabla 9</b> <i>Valores NPR actual de los equipos rotativos</i> .....	30
<b>Tabla 10</b> <i>Evaluación de gestión del mantenimiento</i> .....	33
<b>Tabla 11</b> <i>Área de investigación</i> .....	37
<b>Tabla 12</b> <i>Lista de códigos por subsección</i> .....	41
<b>Tabla 13</b> <i>Subsecciones con su codificación</i> .....	42
<b>Tabla 14</b> <i>Codificación de equipos rotativos</i> .....	42
<b>Tabla 15</b> <i>Análisis de seguridad BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i> .....	48
<b>Tabla 16</b> <i>Análisis de producción BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i> .....	48
<b>Tabla 17</b> <i>Análisis de calidad BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i> .....	49

<b>Tabla 18</b> <i>Análisis de costos de mantenimiento BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i> .....	49
<b>Tabla 19.</b> <i>Análisis de criticidad BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i> .....	50
<b>Tabla 20</b> <i>Criticidad equipos rotativos</i> .....	50
<b>Tabla 21</b> <i>Asignación de modelos de mantenimiento</i> .....	53
<b>Tabla 22</b> <i>Proyección de NPR</i> .....	138
<b>Tabla 23</b> <i>Proyección de disponibilidad</i> .....	139
<b>Tabla 24</b> <i>Proyección evaluación COVENIN 2500-93</i> .....	141
<b>Tabla 25.</b> <i>Cálculo de valor por hora mano de obra</i> .....	142
<b>Tabla 26.</b> <i>Proyección de costo de implementación de la propuesta</i> .....	144

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Tipos de mantenimiento presentes en industrias estadounidenses</i> .....	3
<b>Figura 2</b> <i>Variación de las exportaciones petroleras y no petroleras</i> .....	4
<b>Figura 3</b> <i>Lay out planta de formaldehído</i> .....	15
<b>Figura 4</b> <i>Hoja de ruta bomba centrífuga P3</i> .....	16
<b>Figura 5</b> <i>Organigrama del departamento de mantenimiento</i> .....	17
<b>Figura 6</b> <i>Carta de control I-MR de tiempos de paro</i> .....	20
<b>Figura 7</b> <i>Valores referenciales de disponibilidad</i> .....	23
<b>Figura 8</b> <i>Cálculo de NPR para BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i> .....	29
<b>Figura 9</b> <i>Detalle del principio básico 1: Organización de la empresa</i> .....	32
<b>Figura 10</b> <i>Puntuaciones del área I</i> .....	33
<b>Figura 11.</b> <i>Diagrama de causa-efecto</i> .....	35
<b>Figura 12.</b> <i>Modelo operativo de la propuesta metodológica</i> .....	38
<b>Figura 13</b> <i>Matriz de criticidad por seguridad</i> .....	44

<b>Figura 14</b> <i>Matriz de criticidad por producción</i> .....	45
<b>Figura 15</b> <i>Matriz de criticidad por calidad</i> .....	46
<b>Figura 16</b> <i>Matriz de criticidad por costo de reparación</i> .....	47
<b>Figura 17</b> <i>Flujograma para designar modelo de mantenimiento</i> .....	52
<b>Figura 18</b> <i>Modos de fallo BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i> .....	55
<b>Figura 19</b> <i>Modos de fallo BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2</i> .....	56
<b>Figura 20</b> <i>Modos de fallo SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL</i> .....	57
<b>Figura 21</b> <i>Modos de fallo SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</i> .....	58
<b>Figura 22</b> <i>Modos de fallo SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</i> .....	59
<b>Figura 23</b> <i>Modos de fallo BOMBA CONDENSADOS 1</i> .....	60
<b>Figura 24</b> <i>Modos de fallo BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL</i> .....	61
<b>Figura 25</b> <i>Modos de fallo BOMBA HTF/ 15 psi</i> .....	62
<b>Figura 26</b> <i>Modos de fallo BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2</i> .....	63
<b>Figura 27</b> <i>Modos de fallo BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1</i> .....	64
<b>Figura 28</b> <i>Modos de fallo BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0</i> .....	65
<b>Figura 29</b> <i>Modos de fallo BOMBA FORMOL P5/BACK UP</i> .....	66
<b>Figura 30</b> <i>Modos de fallo BOMBA RECICLO - P3</i> .....	67
<b>Figura 31</b> <i>Modos de fallo BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi</i> .....	68
<b>Figura 32</b> <i>Modos de fallo MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1</i> .....	69
<b>Figura 33</b> <i>Modos de fallo MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2</i> .....	70
<b>Figura 34</b> <i>Modos de fallo MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA</i> .....	71
<b>Figura 35</b> <i>Modos de fallo COMPRESOR DE TORNILLO NO.1</i> .....	72
<b>Figura 36</b> <i>Modos de fallo COMPRESOR DE TORNILLO NO.2</i> .....	73

<b>Figura 37</b> <i>Modos de fallo COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL</i> .....	74
<b>Figura 38</b> <i>Modos de fallo AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A</i> .....	75
<b>Figura 39</b> <i>Modos de fallo AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B</i> .....	76
<b>Figura 40</b> <i>Modos de fallo MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C</i> .....	77
<b>Figura 41</b> <i>Modos de fallo AGITATAR TK FORMOL 37% V6A</i> .....	78
<b>Figura 42</b> <i>Modos de fallo AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E</i> .....	79
<b>Figura 43</b> <i>Acciones propuestas BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i> .....	81
<b>Figura 44</b> <i>Acciones propuestas BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2</i> ....	82
<b>Figura 45</b> <i>Acciones propuestas SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL</i> .....	83
<b>Figura 46</b> <i>Acciones propuestas SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</i> .....	84
<b>Figura 47</b> <i>Acciones propuestas SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</i> .....	85
<b>Figura 48</b> <i>Acciones propuestas BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL</i> .....	86
<b>Figura 49</b> <i>Acciones propuestas BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL</i> .....	87
<b>Figura 50</b> <i>Acciones propuestas BOMBA HTF/ 15 psi</i> .....	88
<b>Figura 51</b> <i>Acciones propuestas BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2</i> .....	89
<b>Figura 52</b> <i>Acciones propuestas BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1</i> .....	90
<b>Figura 53</b> <i>Acciones propuestas BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0</i> .....	91
<b>Figura 54</b> <i>Acciones propuestas BOMBA FORMOL P5/BACK UP</i> .....	92
<b>Figura 55</b> <i>Acciones propuestas BOMBA RECICLO - P3</i> .....	93
<b>Figura 56</b> <i>Acciones propuestas BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi</i> .....	94
<b>Figura 57</b> <i>Acciones propuestas MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1</i> .....	95
<b>Figura 58</b> <i>Acciones propuestas MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2</i> .....	96
<b>Figura 59</b> <i>Acciones propuestas MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA</i> .....	97

<b>Figura 60</b>	<i>Acciones propuestas COMPRESOR DE TORNILLO NO.1</i> .....	98
<b>Figura 61</b>	<i>Acciones propuestas COMPRESOR DE TORNILLO NO.2</i> .....	99
<b>Figura 62</b>	<i>Acciones propuestas COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL</i> .....	100
<b>Figura 63</b>	<i>Acciones propuestas AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A</i> .....	101
<b>Figura 64</b>	<i>Acciones propuestas AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B</i> .....	102
<b>Figura 65</b>	<i>Acciones propuestas MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C</i> .....	103
<b>Figura 66</b>	<i>Acciones propuestas AGITADOR TK FORMOL 37% V6A</i> .....	104
<b>Figura 67</b>	<i>Acciones propuestas AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E</i> ....	105
<b>Figura 68</b>	<i>Gama diaria Alimentación de metanol</i> .....	107
<b>Figura 69</b>	<i>Gama diaria Alimentación de aire</i> .....	108
<b>Figura 70</b>	<i>Gama diaria Recirculación de condensado</i> .....	109
<b>Figura 71</b>	<i>Gama diaria Absorción</i> .....	110
<b>Figura 72</b>	<i>Gama diaria Reciclo</i> .....	111
<b>Figura 73</b>	<i>Gama diaria Adición de acurea/agua</i> .....	112
<b>Figura 74</b>	<i>Gama diaria Aire comprimido</i> .....	113
<b>Figura 75</b>	<i>Gama diaria Tanques de almacenamiento</i> .....	114
<b>Figura 76</b>	<i>Gama trimestral Alimentación de metanol</i> .....	115
<b>Figura 77</b>	<i>Gama trimestral Alimentación de aire</i> .....	116
<b>Figura 78</b>	<i>Gama trimestral Recirculación de condensado</i> .....	117
<b>Figura 79</b>	<i>Gama trimestral Absorción</i> .....	118
<b>Figura 80</b>	<i>Gama trimestral Reciclo</i> .....	119
<b>Figura 81</b>	<i>Gama trimestral Adición de acurea/agua</i> .....	120
<b>Figura 82</b>	<i>Gama trimestral Aire comprimido</i> .....	121

<b>Figura 83</b> <i>Gama trimestral Tanques almacenamiento</i> .....	122
<b>Figura 84</b> <i>Gama anual Alimentación de metanol</i> .....	123
<b>Figura 85</b> <i>Gama anual Alimentación de aire</i> .....	124
<b>Figura 86</b> <i>Gama anual Recirculación de condensado</i> .....	125
<b>Figura 87</b> <i>Gama anual Fluido térmico</i> .....	126
<b>Figura 88</b> <i>Gama anual Absorción</i> .....	127
<b>Figura 89</b> <i>Gama anual Reciclo</i> .....	128
<b>Figura 90</b> <i>Gama anual Adición acurea/agua</i> .....	129
<b>Figura 91</b> <i>Gama anual Aire comprimido</i> .....	130
<b>Figura 92</b> <i>Gama anual Tanques de almacenamiento</i> .....	131
<b>Figura 93</b> <i>Gama quincenal Aire comprimido</i> .....	132
<b>Figura 94</b> <i>Gama mensual Aire comprimido</i> .....	133
<b>Figura 95</b> <i>Gama semestral Aire comprimido</i> .....	134
<b>Figura 96</b> <i>Gama mensual Fluido térmico</i> .....	135
<b>Figura 97</b> <i>Gama semestral Fluido térmico</i> .....	136
<b>Figura 98</b> <i>Cronograma propuesto para implementación de gamas</i> .....	137
<b>Figura 99</b> <i>Cronograma valorizado</i> .....	145

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A</b> <i>Análisis de criticidad equipos rotativos planta de formaldehído</i> .....	152
<b>Anexo B</b> <i>Asignación modelo de mantenimiento a los equipos</i> .....	152
<b>Anexo C</b> <i>Pestaña de fallos y modos de fallo</i> .....	153
<b>Anexo D.</b> <i>Pestaña de cálculo de costos</i> .....	153
<b>Anexo E</b> <i>Hoja de ruta actual BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL.</i> 154	

<b>Anexo F</b>	<i>Hoja de ruta actual COMPRESOR DE TORNILLO NO.1</i>	154
<b>Anexo G</b>	<i>Hoja de ruta actual COMPRESOR DE TORNILLO NO.2</i>	155
<b>Anexo H</b>	<i>Hoja de ruta actual BOMBA FORMOL P5/BACK UP</i>	155
<b>Anexo I</b>	<i>Hoja de ruta actual COMPRESOR DE TORNILLO NO.3</i>	156
<b>Anexo J</b>	<i>Hoja de ruta actual SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL</i>	156
<b>Anexo K</b>	<i>Hoja de ruta actual SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</i>	157
<b>Anexo L</b>	<i>Hoja de ruta actual BOMBA METANOL 1/ 140 psi</i>	157
<b>Anexo M</b>	<i>Hoja de ruta actual AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A</i>	158
<b>Anexo N</b>	<i>Hoja de ruta actual MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C</i>	158
<b>Anexo O</b>	<i>Hoja de ruta actual BOMBA HTF/ 15 psi</i>	159
<b>Anexo P</b>	<i>Hoja de ruta actual BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1</i>	159
<b>Anexo Q</b>	<i>Hoja de ruta actual BOMBA RECICLO - P3</i>	160
<b>Anexo R</b>	<i>Hoja de ruta actual MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1</i>	160
<b>Anexo S</b>	<i>Recomendaciones del manual BOMBA HTF/ 15 psi</i>	161
<b>Anexo T</b>	<i>Recomendaciones del manual MOTO REDUCTOR V4C</i>	161
<b>Anexo U</b>	<i>Recomendaciones del manual AGITADOR V4A</i>	162
<b>Anexo V</b>	<i>Recomendaciones del manual BOMBA RECICLO - P3</i>	162
<b>Anexo W</b>	<i>Recomendaciones del manual SOPLADOR #1 AERSER</i>	163
<b>Anexo X</b>	<i>Recomendaciones del manual BOMBA ABSORCION COLUMNA T2-P2</i>	164
<b>Anexo Y</b>	<i>Recomendaciones del manual BOMBA CONDENSADOS 1</i>	165

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:** PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE FORMALDEHÍDO.

**AUTOR:** Mendoza Quezada Arturo Alexander

**TUTOR:** Msc. Segura D'Rouville Juan Joel

**RESUMEN EJECUTIVO**

La industria de productos químicos, dedicada a la producción de Formaldehído ubicada en la ciudad de Quito carece de un plan de mantenimiento adecuado para los equipos rotativos de la línea de producción. Por tal razón, se plantea desarrollar una propuesta de Plan de Mantenimiento basado en la metodología del RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) para los equipos rotativos de la misma, de manera que el departamento encargado de dicha actividad pueda disponer de una herramienta que le permita aumentar la disponibilidad y la confiabilidad del equipamiento, reduciendo de esta manera el tiempo improductivo por mantenimiento no programado y en consecuencia disminuyendo los costos del mismo, con un incremento bajo en las horas de mantenimiento programado. El desarrollo de la propuesta consistió en realizar un análisis de criticidad para los equipos rotativos, a cada uno se le asignó un modelo de mantenimiento adecuado, posteriormente se determinaron y cuantificaron los fallos y modos de fallo calculando el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) para definir operaciones de mantenimiento que permitan reducir el valor del mismo. Finalmente, se estructuraron dichas operaciones en una propuesta de Plan de Mantenimiento conformado por gamas: diarias, trimestrales, anuales y gamas de frecuencia especial.

**Palabras clave:** criticidad, mantenimiento, NPR, RCM.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**THEME:** MAINTENANCE MANAGEMENT PLAN FOR EQUIPMENT OF PRODUCTION LINE IN A FORMALDEHYDE PLANT.

**AUTHOR:** Mendoza Quezada Arturo Alexander

**TUTOR:** Msc. Segura D'Rouville Juan Joel

**ABSTRACT**

The chemical industry, dedicated to producing Formaldehyde located in the city of Quito, needs a proper maintenance plan for the rotary equipment of the production line. For this reason, it is planned to develop a proposal for Maintenance Plan based on the RCM (Reliability-Centered Maintenance) methodology for its rotating equipment so that the department responsible for this activity can have a tool that allows it to increase the availability and reliability of the equipment; thus reducing the unproductive time for unplanned maintenance and consequently reducing the costs of the same, with a low increase in scheduled maintenance hours. The development of the proposal consisted of performing a criticality analysis for rotating equipment; each was assigned an appropriate maintenance model, and later failures and failure modes were determined and quantified by calculating the Priority Risk Number (NPR) to define maintenance operations that reduce the value of the same. Finally, these operations were structured in a proposal for a Maintenance Plan consisting of daily, quarterly, annual, and particular frequency ranges.

**Keywords:** criticality, maintenance, NPR, RCM

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La Industria Química posee una importancia estratégica para el desarrollo sostenible de las economías nacionales. La Organización Internacional del Trabajo estima que, a nivel mundial, las industrias químicas, farmacéutica, del caucho y de neumáticos actualmente brindan empleo aproximadamente a 20 millones de personas. El panorama de la producción y el consumo de productos químicos ha cambiado rápidamente debido a la competencia mundial. Este aumento de la competitividad y a la vez de incertidumbre ha impulsado una reestructuración de los procesos, provocando consecuencias importantes para los ingresos y las condiciones de trabajo en general. (OIT, 2021)

Las transformaciones que se llevan a cabo en los procesos de la industria química pueden llegar a ser muy críticas, las fallas en este tipo de industria pueden afectar severamente a la calidad del producto, aumentar los costos de producción o los riesgos medioambientales y para el personal.

Para que estas transformaciones se realicen con la efectividad esperada es importante un adecuado manejo de las variables que intervienen en la operación y sus parámetros, esta es una de las motivaciones para emprender el desarrollo de herramientas de optimización que permitan abordar los complejos problemas de operación y diseño. (Acosta Solares, 2021)

Bajo esta perspectiva, se vuelve fundamental para las organizaciones contar con un plan de mantenimiento que comprenda acciones técnicas, organizativas y económicas que contribuyan para garantizar y mejorar los indicadores de diseño de los activos fijos como son: vida útil, fiabilidad, rendimiento y calidad para lograr la producción eficiente de bienes y servicios. Internacionalmente, se ha vuelto cada vez más recurrente el uso de herramientas de software especializadas para la gestión de mantenimiento, tales como: CMMS (Computerized Maintenance Management System o sistema de gestión del mantenimiento asistido por computadora), GMAO

o GMAC (Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador o Computadora), en la tabla 1 se puede observar ejemplos de aplicación de los distintos sistemas computarizados. (Vargas-Vargas, 2017).

**Tabla 1**

*Descripción de los sistemas GMAC internacionales*

<b>NOMBRE DEL SISTEMA</b>	<b>FIRMA</b>	<b>PAÍS</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESPLIEGUE</b>
Maintenance Pro	Innovative Maintenance Systems	EE.UU	CMMS, FMS	Aplicación clienteservidor
MP Software	Técnica Aplicada Internacional S.A.	México	CMMS	Cliente-servidor (red empresarial). Hospedaje en la nube (Mpcloud). MPmobile solicitudes de mantenimiento
DirectLine	Megamation Systems	EE.UU.	CMMS/EAM	Basado en Web
MicroMain Maintenance Software	MicroMain Corporation	EE.UU	CMMS/EAM, FMS, CPS	Cliente servidor (redes locales), SaaS (en la nube)
Maintenance Assistant	Maintenance Assistant Incorporated	EE.UU.	CMMS	SaaS (en la nube)
ManWinWin	ManWinWin Software	EE.UU.	CMMS	Cliente servidor (redes locales), SaaS (en la nube)
Maintenance EDGE	FacilityDude	EE.UU.	CMMS	Basado en la web

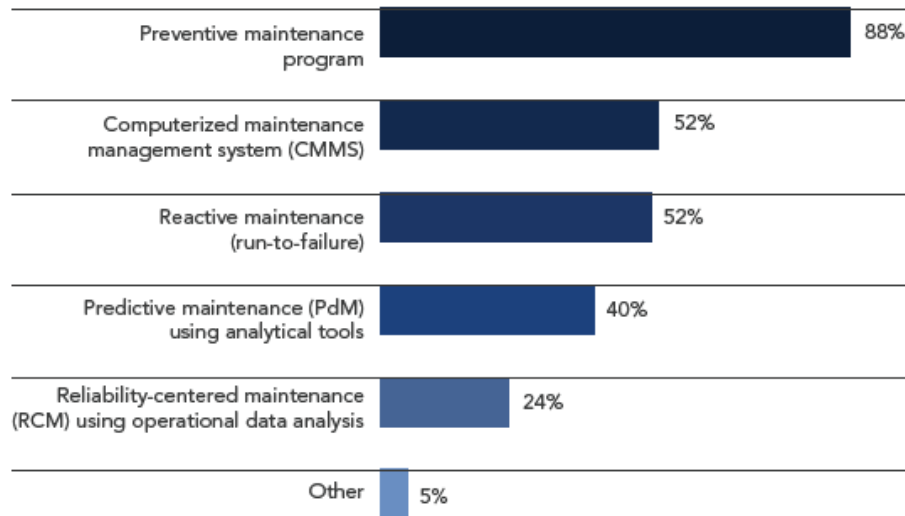
*Nota.* Adaptado de “Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento” (p. 11), por I. Vargas, 2017, *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2).

En el continente americano la referencia en cuanto a estrategias y tecnologías de mantenimiento son las industrias de Estados Unidos, de acuerdo con un estudio realizado en el país norteamericano por las compañías CFE Media Technology y Advanced Technology Services (ATS), publicado por la revista *Plant Engineering*, el 88% de las plantas de producción basan sus programas de mantenimiento principalmente en técnicas preventivas, mientras que un 24%

cuentan ya con metodologías avanzadas como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, RCM por sus siglas en inglés. En la figura 1 se exponen los datos correspondientes al estudio. (AMANDA MCLEMAN, 2021)

**Figura 1**

*Tipos de mantenimiento presentes en industrias estadounidenses*



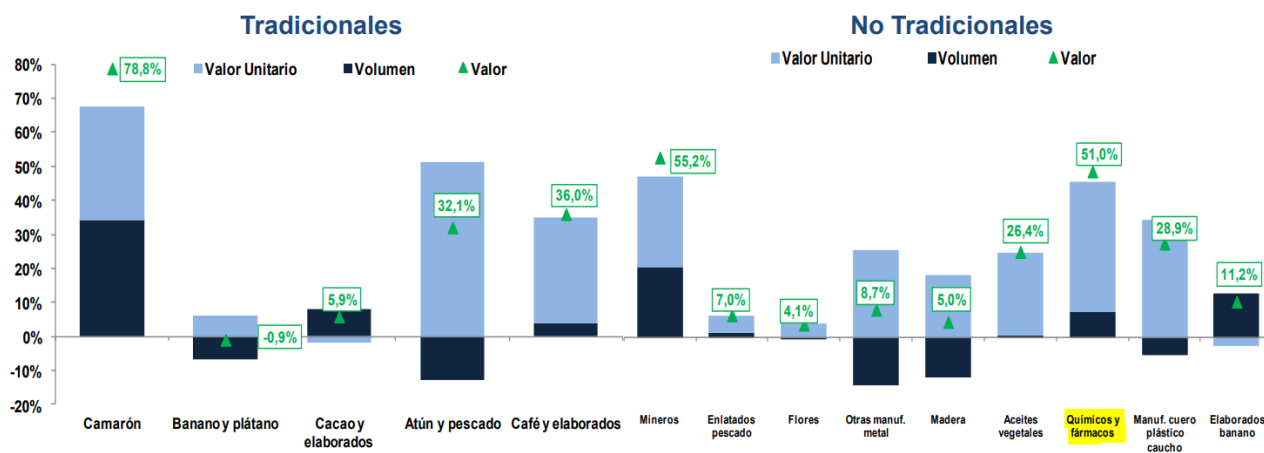
*Nota.* Reproducido de: “The maintenance function, like manufacturing itself, is a rapidly changing environment”, por: AMANDA MCLEMAN, 2021, *Plant Engineering*.

A nivel nacional, la industria de manufactura química ha crecido notablemente en los últimos años, sin embargo, no siempre se puede evidenciar una evolución equivalente de los sistemas o planes de mantenimiento para sus líneas de producción, la mayor parte del tiempo este aspecto fundamental para el correcto desempeño de la instalación no recibe la importancia requerida.

En la siguiente figura se puede observar los valores correspondientes a exportaciones del Ecuador en el periodo enero – abril 2021 / enero – abril 2022

**Figura 2**

*Variación de las exportaciones petroleras y no petroleras*



*Nota.* Reproducido de: “Evolución de la Balanza Comercial por Productos”, por BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 2022.

A pesar de presentar un valor bajo en cuanto a incremento de volumen, el crecimiento en valor unitario del sector químico y farmacéutico es considerable, de manera que se encuentra entre los tres sectores con mayor porcentaje para el periodo analizado, representando un aporte importante para las exportaciones del país, considerando que se trata de un sector relativamente pequeño.

En la ciudad de Quito se encuentran ubicadas un número considerable de industrias manufactureras, distribuidas mayormente en dos parques industriales: Carcelén ubicado en el norte de la ciudad y Turubamba, localizado al sur. Generalmente en las empresas, los sistemas de gestión y planes de mantenimiento son elaborados a partir de las recomendaciones del fabricante, cuando se dispone de las mismas, estas incluyen tareas de inspección, ajuste y lubricación. A lo largo de los años para muchos equipos y sistemas esta metodología ha demostrado un grado aceptable de efectividad, sin embargo, la alta competitividad y exigencias que deben cumplir las organizaciones

prácticamente obligan a buscar nuevas estrategias que permitan mantener tal grado de efectividad y a la vez lograr una eficiencia que resulte rentable, aprovechando al máximo los recursos.

La empresa bajo estudio actualmente pertenece a un grupo multinacional con matriz en Holanda, que adquirió sus derechos en 2001 a otra empresa internacional, la cual inicio operaciones en 1977 en nuestro país con el objetivo de cubrir la demanda de productos químicos derivados del Formaldehído, que para entonces se encontraba en pleno crecimiento, dando paso a la instalación y puesta en marcha de la primera planta productora de Formaldehído en el Ecuador. La planta se encuentra ubicada en el parque industrial Turubamba, en el sur de la ciudad de Quito. (Vaca, 2017)

La planta productora que se menciona como la primera en el país, funcionó hasta el año 2008, siendo reemplazada por una planta semiautomática que permite obtener Formaldehído a 48% de concentración mediante una serie de procesos físicos y reacciones químicas bastante complejas y peligrosas, adicionalmente se produce también concentrado de urea-formaldehido, denominado UFC.

Fue diseñada por una empresa europea para la compañía transnacional que se posiciona como uno de los principales productores de este compuesto químico a nivel latino americano, en su mayoría se destina al consumo interno, convirtiéndose en materia prima para la elaboración de resinas y recubrimientos para madera, se comercializa también en pequeñas cantidades y diferentes concentraciones para otras industrias químicas a nivel local.

## **Marco Teórico**

### ***Formaldehído***

El Formaldehído se presenta como un gas inflamable, incoloro y de fácil polimerización a temperatura ambiente. Comercialmente la forma más común disponible es una solución acuosa al 30-50% de concentración. Se trata de un compuesto fácilmente soluble en agua, alcoholes y otros solventes polares, pero tiene un bajo grado de solubilidad en fluidos no polares. Una de las aplicaciones más comunes del formaldehído es en la fabricación de resinas de urea-formaldehído y melamina-formaldehído. La espuma de urea-formaldehído se utiliza para aislar edificios. (World Health Organization, 1989)

### ***Mantenimiento***

Desde el punto de vista centrado en el proceso productivo, el mantenimiento constituye un proceso de apoyo, es decir no constituye en sí mismo un fin concreto, sino que contribuye a un propósito mayor. Dentro de los sistemas productivos se considera como un proceso de apoyo que generalmente no recibe la importancia que merece sino hasta que se presentan afectaciones que demuestran sus falencias.

En la actualidad resulta prácticamente imposible para una organización tener una alta competitividad si no se cuenta con un proceso de mantenimiento correctamente estructurado que contribuya efectivamente a lograr los objetivos de producción. (Gallará y Pontelli, 2020)

### ***Evolución del Mantenimiento***

A lo largo del siglo XIX, el proceso industrial vivió una gran evolución, en la cual la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. Cuando empezó la revolución industrial, las reparaciones de los equipos de las líneas de producción eran ejecutadas por los mismos operarios. Los primeros departamentos de mantenimiento surgieron cuando la complejidad de las maquinas

se elevó y en consecuencia la dedicación a tareas de reparación aumentó considerablemente, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Durante estas épocas las tareas eran básicamente correctivas, de manera que el personal dedicaba todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos y/o sistemas.

A partir de la segunda guerra mundial aparece el concepto de “fiabilidad”, esto se refiere a que los departamentos de mantenimiento no se enfocan únicamente en solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo prevenirlas, es decir, actuar para que no se produzcan. Esta modalidad involucra una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: se incluye personal que no está directamente relacionado en la ejecución de la tareas, cuya función es analizar qué actividades de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas, el incremento de personal genera aumento en los costos de mantenimiento, pero se busca evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados para contribuir a una operación elevada y confiable, aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM es un tipo de gestión de mantenimiento que se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección, se puede decir que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica. (Garrido, 2010)

### ***Tipos y estrategias de mantenimiento***

Entre tipos tradicionales de mantenimiento expuestos por (Gallarà y Pontelli, 2020) tenemos:

#### **Mantenimiento a rotura**

Su misión es intervenir luego de presentarse una parada en la maquinaria para reestablecer su servicio de manera inmediata, tiene como principal característica la desorganización. Al ser una



actividad reactiva, representa costos elevados tanto en la propia reparación como en mano de obra ociosa y retraso en la producción.

### **Mantenimiento preventivo**

Constituye el pilar fundamental de todo departamento de mantenimiento que se considere profesional y serio, generalmente cuando hablamos de mantenimiento preventivo nos referimos a una de sus tipologías, el Mantenimiento basado en el tiempo o TBM por sus siglas en inglés, que se basa en una planificación, elaboración de estándares y revisiones sistémicas en puntos críticos de los equipos con el fin de minimizar los tiempos de paradas en los mismos.

### **Mantenimiento predictivo**

Se puede encuadrar también dentro del mantenimiento programado, consiste en la predicción de fallas a través de señales o “síntomas” emitidos por la maquinaria y se efectúa por medio de instrumentos y ensayos de cierta complejidad que han sido desarrollados por procedimientos tecnológicos y siguiendo procedimientos normalizados.

Existen otros tipos o estrategias de mantenimiento, entre los presentados por (Velmurugan y Dhingra, 2021) encontramos:

### **Mantenimiento productivo total (TPM)**

Esta táctica de mantenimiento integra el proceso de manufactura con el mantenimiento de activos, tradicionalmente el mantenimiento ha sido tratado como un proceso separado de la operación, esta estrategia aborda el mantenimiento de activos como parte del proceso productivo y su objetivo es reducir las pérdidas de producción debidas a mantenimiento de equipos, por ejemplo, maximizar la disponibilidad evitando interrupciones.

## **Mantenimiento Centrado en la fiabilidad (RCM)**

Es una metodología que comprende el análisis sistemático, objetivo y documentado de los equipos e instalaciones industriales, se basa en clasificar los equipos de acuerdo a su criticidad para el proceso, analizar los fallos potenciales que puede tener una instalación, sus consecuencias y la forma de evitarlos, dando prioridad a los componentes críticos. Resulta de gran utilidad para el desarrollo u optimización de un plan de mantenimiento preventivo eficiente.

### **Antecedentes**

El presente proyecto se desarrollará en una empresa productora y comercializadora de Formaldehído, resinas urea-formol y adhesivos PVA que son utilizados como materia prima en los procesos de otras industrias, principalmente la industria maderera.

Se trata de una planta que opera continuamente (24 horas, 7 días a la semana), por lo cual una falla en cualquiera de sus equipos o sistemas críticos involucra una parada de emergencia y para volver a las condiciones de funcionamiento normal se requiere una serie de operaciones que llevan un tiempo estimado de 30 minutos aproximadamente hasta que se estabilice por completo y se pueda reanudar la producción.

En algunos casos, cuando las interrupciones se prolongan más de 2 horas, se pierde la temperatura del fluido térmico, entonces es necesario realizar un precalentamiento mediante resistencias eléctricas, lo que conlleva al menos 2 horas adicionales de paralización, dando lugar a pérdidas económicas considerables.

Bajo estas circunstancias, se instalaron equipos de respaldo en los sistemas de mayor criticidad, reduciendo así los apagados de planta, sin embargo, han existido situaciones en las que el equipo de respaldo también presenta fallas. Si bien es cierto, se han reducido los paros no programados con la adquisición e instalación de equipos de respaldo, también se han presentado

fallos en estos equipos, ya sea por falta de actividades de mantenimiento preventivo que contribuyan eficazmente a su conservación o por demasiado tiempo de inactividad, además, en ocasiones aunque la planta sigue en funcionamiento con el equipo de respaldo, la falla en el equipo principal es muy severa, de manera que su tiempo de reparación termina siendo muy elevado, afectando a la disponibilidad del equipamiento.

En la actualidad, el mantenimiento de la planta se maneja bajo un plan de actividades preventivas (inspecciones, limpieza, ajuste, lubricación) basadas en los manuales del fabricante de los equipos, que ha servido para mantener un porcentaje de disponibilidad y un tiempo de paros no programados “aceptable”, pero como se sabe, la competitividad que se maneja hoy en día hace que ese término no sea suficiente.

A nivel nacional no se ha identificado una normativa o legislación específica para regir las actividades relacionadas al mantenimiento en la industria química, sin embargo, podemos recurrir a referencias internacionales como UNE-EN 13306: Mantenimiento-Terminología del mantenimiento; EN 13460 Mantenimiento-Documentos para el mantenimiento. Por otro lado, la organización en la que se desarrollará el proyecto cuenta con certificación de la norma ISO 9001, la cual requiere que toda infraestructura y/o equipo debe tener una ficha en la que se establezcan sus características, las operaciones de mantenimiento a ejecutar por cada una de ellas y su frecuencia, para garantizar que se conserven en condiciones óptimas de tal manera la calidad del producto no se vea afectada por fallas en la maquinaria.

## **Justificación**

El presente estudio se considera de una gran **importancia** para la organización, pues la misma podrá contar con un plan de mantenimiento adecuado para la línea de producción de formaldehído, el cual le permitirá garantizar de forma continua y segura sus operaciones, ocasionando una mayor eficiencia en el proceso productivo.

La línea de producción de formaldehído percibirá un gran **impacto** con la presente propuesta, pues podrá contar por primera vez con un plan de mantenimiento correspondiente a técnicas de tercera generación, lo cual permitirá mejorar la disponibilidad de los equipos rotativos, que tienen un rol fundamental dentro del proceso productivo.

Para la organización, la presente propuesta representa una clara **utilidad**, pues contribuirá a incrementar la continuidad de las operaciones del proceso productivo, ayudará a reducir las interrupciones debido a fallas en el equipamiento rotativo, disminuyendo de esta manera las pérdidas económicas y reprocesos.

En el presente estudio se consideran como los principales **beneficiarios**, al personal correspondiente al Departamento de Mantenimiento, pues los mismos podrán contar con una herramienta de tercera generación, que les permita realizar un mantenimiento acorde a las necesidades del proceso productivo, de manera que puedan utilizar adecuadamente su tiempo laboral en tareas que efectivamente representarán un aporte a la disponibilidad del equipamiento.

La realización de la propuesta metodológica presenta una gran **factibilidad**, pues el investigador puede acceder a la información técnica especializada correspondiente al equipamiento de la línea de producción de Formaldehído, necesaria para la confección de un plan de mantenimiento de tercera generación para la instalación.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Proponer un plan de mantenimiento dirigido a los equipos de la línea de producción correspondiente a una planta de Formaldehído, mediante una metodología basada en RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad), para contribuir a una adecuada disponibilidad del equipamiento instalado en la misma.

### ***Objetivos específicos.***

- ✓ Investigar la situación actual de la actividad correspondiente al mantenimiento en la línea de producción de Formaldehído, mediante una revisión documental de la misma para obtener información acerca de su ejecución en la empresa.
- ✓ Identificar la criticidad presente en los equipos de la línea de producción de Formaldehído, mediante la utilización de matrices de severidad – frecuencia, para jerarquizar su presencia en la línea de producción.
- ✓ Elaborar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, mediante el análisis de los fallos potenciales que puedan originarse en los equipos rotativos, determinando las causas y sus posibles soluciones, con el fin de brindar una herramienta de gestión al área de mantenimiento correspondiente a la línea de formaldehído.

## CAPÍTULO II: INGENIERÍA DEL PROYECTO

### Diagnóstico de la situación actual de la empresa

De acuerdo con el software SAP utilizado en la organización, existen 309 “equipos” pertenecientes a la planta productora de formaldehído y cargados en su centro de costo, entre ellos se ha considerado diques, elementos de protección contra descargas atmosféricas, extractores, entre otros que conforman una lista demasiado extensa, la línea de producción de la planta está conformada por 197 equipos actualmente, dentro de esta numerosa lista se ha considerado elementos que no constituyen equipos por sí mismos como válvulas de alivio, manómetros, termómetros, etc. Un total de 39 ítems corresponden a equipos rotativos, en la tabla 2 se detallan los equipos que serán objeto de estudio en la presente propuesta metodológica, con su respectiva ubicación técnica. Adicionalmente, en la figura 3, se puede visualizar el lay out de la planta productora de Formaldehído.

**Tabla 2**

*Lista de equipos rotativos*

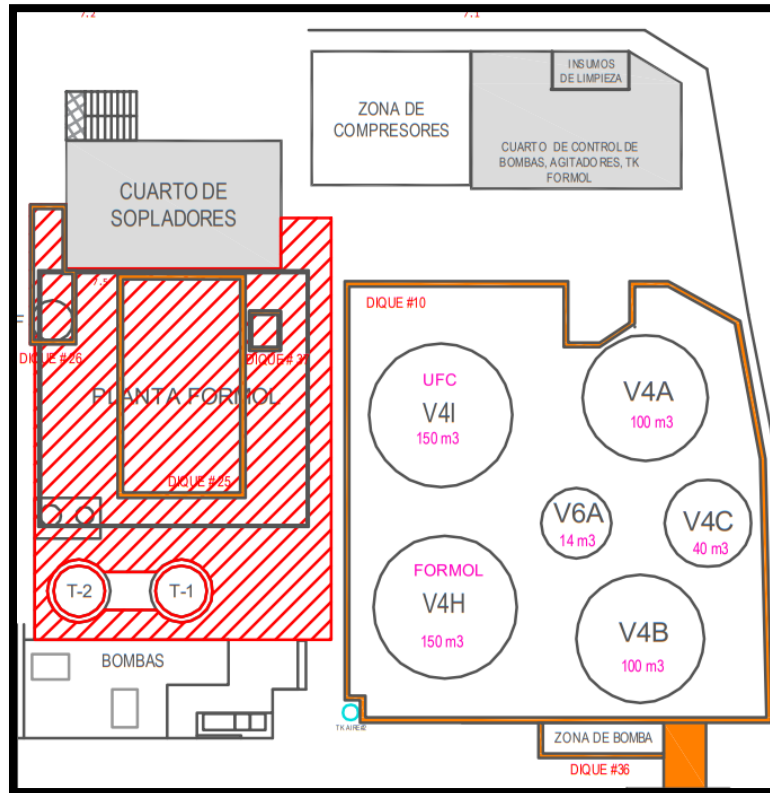
DENOMINACIÓN	UBICACIÓN TÉCNICA
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTOR CONDENSADO # 3 NUEVA /P FORMOL	AN-I2-FO-FOR1-ZODE-BOMB
MOTOR COMPRESOR TORNILLO / #1	AN-I2-FO-CTCO
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	AN-I2-FO-CTCO
MOTOR COMPRESOR TORNILLO NO.2	AN-I2-FO-CTCO
COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	AN-I2-FO-CTCO
BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4A	AN-I2-FO-CTBL-FIHE
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	AN-I2-FO-CTBL-FIHE
AGITATAR TK FORMOL 37% V6A	AN-I2-FO-TQAF
COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	AN-I2-FO-CTCO
SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	AN-I2-FO-CTBL
MOTOR SOPLADOR #1 AERSER PLANTA FORMOL	AN-I2-FO-CTBL

DENOMINACIÓN	UBICACIÓN TÉCNICA
MOTOR SOPLADOR #2 AERSER PLANTA FORMOL	AN-I2-FO-CTBL
SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	AN-I2-FO-CTBL
MOTOR SOPLADOR #3 AERSER/ P FORMOL	AN-I2-FO-CTBL
SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	AN-I2-FO-CTBL
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	AN-I2-FO-FOR1-ZODE-BOMB
MOTOR BOMBA METANOL MULTIETAPA #1	AN-I2-FO-FOR1-ZODE-BOMB
BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTOR BOMBA METANOL MULTIETAPA #2	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTOR/VARIADOR BOMBA ACUREA 1 GRUDFOSS	AN-I2-FO-FOR1
MOTOR/VARIADOR BOMBA ACUREA 2 GRUNDFOS	AN-I2-FO-FOR1
MOTOR/VARIADOR BOMBAAGUA GRUDFOS	AN-I2-FO-FOR1
BOMBA HTF/ 15 psi	AN-I2-FO-FOR1-ZODE-BOMB
MOTOR BOMBA HTF	AN-I2-FO-FOR1-ZODE-BOMB
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	AN-I2-FO-TAME-BOMB
MOTOR BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FOR	AN-I2-FO-FOR1-ZODE-BOMB
BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTOR BOMBA COLUMNA T1 - P1	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTOR BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTOR BOMBA PROD FINAL A TANQUES - P0	AN-I2-FO-FOR1-ZODE-BOMB
BOMBA RECICLO - P3	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTOR BOMBA RECICLO - P3	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTOR BOMBA RECICLO - P4	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	AN-I2-FO-FOR1-ZABE-BOMB

*Nota.* Adaptado de Sistema SAP de planta

### Figura 3

#### Lay out planta de formaldehído



*Nota.* Reproducido de Documentación de planta

Se trabajará con estos equipos debido a que por ser rotativos están compuestos por una mayor cantidad de elementos que pueden presentar averías y en consecuencia su probabilidad de falla durante la operación de la línea de producción es mucho más elevada frente a los equipos estacionarios como recipientes y torres de absorción que, bajo un buen diseño deberían completar su vida útil junto con la planta productora como tal, evidentemente bajo condiciones normales de operación.

El proceso de mantenimiento representa un pilar fundamental para la empresa productora de formaldehído, a pesar de ello no se han desarrollado estrategias adecuadas para su evolución como corresponde a una industria crítica como lo es la química.



El mantenimiento que reciben los equipos rotativos actualmente es de tipo preventivo y correctivo, en el primer caso se basa mayormente en actividades de limpieza, ajuste y lubricación, siguiendo las recomendaciones del fabricante cuando están disponibles o en base a experiencias previas con equipos de características similares, estas operaciones se encuentran cargadas en un software SAP que arroja semanalmente una lista de tareas a ejecutar, en la figura 4 se puede apreciar un ejemplo de programa de mantenimiento para una bomba centrífuga con las operaciones a ejecutar y su respectiva frecuencia, los programas disponibles de los demás equipos serán agregados como anexos.

**Figura 4**

*Hoja de ruta bomba centrífuga P3*

Equipo	8532	BOMBA RECICLO - P3													
GrHRuta	1721	BOMBA RECICLO - P3		ContGrpoHR 1											
Resumen oper.paquetes mant.prev.															
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18			
0010		REVISAR RODAMIENTOS LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0020		REVISAR SELLO MECANICO FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0030		REVISAR ACOUPLE ALINEACION AJUSTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0040		REVISAR ESTADO CAUCHO Y PRISIONEROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0050		REVISAR PRESION TRABAJO/40 PSI A 50PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0060		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0070		REVISAR /SEÑALIZACION DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

*Nota.* Reproducido de Sistema SAP de planta

En cuanto al correctivo se desarrolla de manera similar que, en cualquier otra organización, los equipos de mayor criticidad para el proceso productivo cuentan con respaldo que permite realizar las reparaciones sin interrumpir la producción, no obstante, en algunas ocasiones el propio equipo de respaldo ha presentado inconvenientes o las fallas coinciden en más de un equipo.

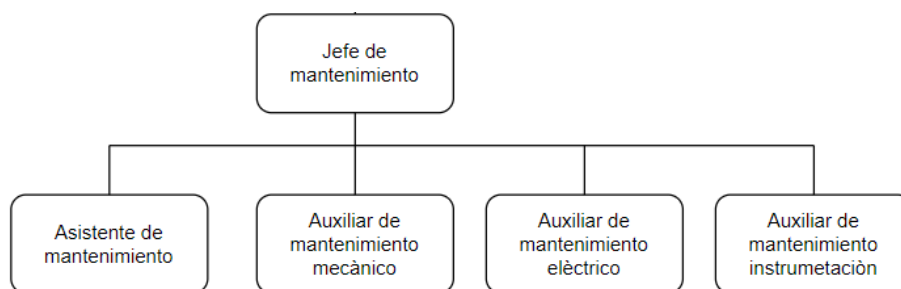
Adicionalmente, se están aplicando algunas técnicas de mantenimiento predictivo como análisis vibracional y termografía, que han servido como guía para la planificación de las intervenciones, pero de una manera poco estructurada.

La ejecución de actividades de mantenimiento es realizada por personal contratista, que labora por horas, lo cual representa un costo importante al no disponer de un programa de actividades efectivas que permitan obtener la máxima confiabilidad posible, aprovechando correctamente los recursos disponibles.

La estructura actual del proceso se encuentra conformada por: Jefe de departamento, Asistente de mantenimiento, Auxiliar mecánico, Auxiliar eléctrico y Auxiliar de instrumentación, los 3 últimos son los encargados de verificar en campo que las actividades desarrolladas por el personal contratista cumplan con lo requerido por la organización, al tener un gran número de actividades que validar, este control puede estar sujeto a desviaciones que ocasionan inconvenientes en el proceso productivo, ya que se tiene un alto número de actividades y frecuencias que no necesariamente contribuyen a mantener o aumentar la confiabilidad de los equipos. En la siguiente figura se presenta el organigrama del departamento de mantenimiento actual en la planta productora de formaldehído:

**Figura 5**

*Organigrama del departamento de mantenimiento*



*Nota.* Adaptado de Documentación de planta

Como estudio previo para respaldar el presente proyecto de propuesta metodológica se puede citar a (Vaca, 2017) quien realizó un trabajo práctico denominado “ANÁLISIS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA RESINA EN LA EMPRESA INTERQUIMEC S.A. 2017, EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO”, en el cual pudo determinar que el personal operario de mantenimiento de dicha organización dedicaba la mayor parte de su tiempo a tareas de limpieza. De esta manera se tiene un punto de partida para desarrollar una propuesta que identifique las actividades esenciales para la correcta conservación de los equipos y que deben ser desarrolladas por personal técnico de mantenimiento.

Se pudo acceder a los datos registrados por personal operativo de la planta productora de Formaldehído se ha obtenido los valores de tiempos de paro por fallas en los equipos del año 2021, los mismos que se presentan a continuación en la tabla 3.

**Tabla 3***Tiempos de paro significativos 2021*

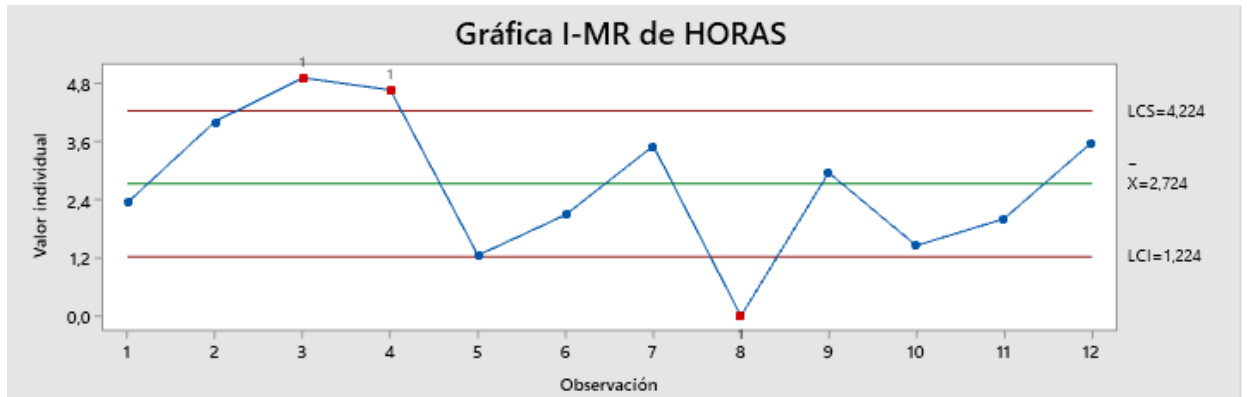
<b>PERIODO</b>	<b>MES</b>	<b>TOTAL PARO</b>	<b>TOTAL ESTABILIZACIÓN</b>	<b>MINUTOS</b>	<b>HORAS</b>
1	enero	1:40	0:40	140	2,33
2	febrero	1:24	1:50	240	4,00
3	marzo	0:10	0:45	294	4,90
4	abril	3:00	0:40	279	4,65
5	mayo	0:30	0:45	75	1,25
6	Junio	1:30	0:35	125	2,08
7	julio	2:40	0:50	210	3,50
8	agosto	0:00	0:00	0	0
9	septiembre	2:24	0:33	177	2,95
10	octubre	0:52	0:35	87	1,45
11	noviembre	1:20	0:40	120	2
12	diciembre	2:54	0:40	214	3,57

*Nota.* Adaptado de: Registros de operación de la planta

Con los valores registrados, utilizando el software Minitab, se ha realizado de manera rápida un análisis estadístico de los datos obtenidos mediante una carta de control I-MR, que se presenta en la figura 6.

**Figura 6**

*Carta de control I-MR de tiempos de paro*



*Nota.* Los valores se encuentran en horas

El valor de media obtenido es de 2,724 horas, que corresponde al tiempo promedio de paro en cada mes, mientras que el límite superior es de 4,224 horas, valor que ha sido superado en el periodo 3 y 4, correspondientes al mes de marzo y abril. En el mes de mayo (periodo 5) también se registra un valor fuera de los límites de control, en este caso del inferior, sin embargo, para objeto de esta investigación y propuesta no resulta relevante.

### ***Disponibilidad de equipos rotativos***

Los valores de horas improductivas reflejados en la gráfica de control elaborada pueden resultar poco representativos, en comparación con la totalidad de las horas de producción de la planta, sin embargo, es importante señalar que existen casos en los que la falla de los equipos no se refleja en estos indicadores por el hecho de contar con equipos de respaldo que permiten continuar con la operación.

Bajo el enfoque hacia el proceso de mantenimiento como tal, que se pretende brindar en la presente propuesta, es necesario analizar esas interrupciones de equipos rotativos para determinar su disponibilidad.

Para calcular la disponibilidad se utilizará la fórmula propuesta por (Garrido, 2010)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

Por ejemplo, para el caso del equipo COMPRESOR DE TORNILLO NO.2, durante el periodo marzo 2021- marzo 2022 se registra 712 horas de parada por mantenimiento considerando correctivos, preventivos y las horas correspondientes a 2 semanas de paro programado que se tiene en la planta para cambio de catalizadores junto con actividades de limpieza y mantenimiento general programado, de acuerdo con lo registrado en la bitácora del personal de mantenimiento.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{8640 - 712}{8640}$$

$$\text{Disponibilidad} = 91,76\%$$

El valor de horas totales corresponde a una operación continua de 24 horas los todos los días durante 12 meses. Realizando el mismo procedimiento con los equipos rotativos que presentaron interrupciones considerables durante el periodo mencionado, se obtuvo los valores presentados en la tabla 4.

**Tabla 4.**

*Disponibilidad de equipos rotativos*

<b>EQUIPO</b>	<b>HORAS PARO NO PROGRAMADO</b>	<b>HORAS PARO PROGRAMADO</b>	<b>HORAS TOTALES</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	0	348	8640	95,97%
BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2	168	348	8640	94,03%
SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	0	351	8640	95,94%
SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	0	351	8640	95,94%

<b>EQUIPO</b>	<b>HORAS PARO NO PROGRAMADO</b>	<b>HORAS PARO PROGRAMADO</b>	<b>HORAS TOTALES</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	0	351	8640	95,94%
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	420	348	8640	91,11%
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	0	348	8640	95,97%
BOMBA HTF/ 15 psi	48	12	336	82,14%
BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	456	348	8640	90,69%
BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	372	348	8640	91,67%
BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	0	348	8640	95,97%
BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2	0	342	8640	96,04%
BOMBA RECICLO - P3	0	348	8640	95,97%
BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	0	348	8640	95,97%
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	312	348	8640	92,36%
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	0	348	8640	95,97%
MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	0	348	8640	95,97%
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	336	352	8640	92,04%
COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	0	352	8640	95,93%
COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	0	352	8640	95,93%

<b>EQUIPO</b>	<b>HORAS PARO NO PROGRAMADO</b>	<b>HORAS PARO PROGRAMADO</b>	<b>HORAS TOTALES</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	384	368	8640	91,30%
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	336	368	8640	91,85%
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	324	352	8640	92,18%
AGITADOR TK FORMOL 37% V6A	0	344	8640	96,02%
AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	0	352	8640	95,93%
<b>DISPONIBILIDAD TOTAL</b>				<b>93,95%</b>

El valor promedio o disponibilidad total resultante es elevado, pues generalmente se obtienen porcentajes por debajo del 90%, no obstante, se debe tener en cuenta que se trata de una industria con una criticidad muy alta como lo es la de procesos químicos y considerando lo expresado por (Emerson Process Management, 2003), presentado en la figura 7, se puede evidenciar que la disponibilidad total se encuentra por debajo del 95%, valor determinado para posicionar a la planta con una disponibilidad alta.

### Figura 7

*Valores referenciales de disponibilidad*

<b>Tipo de proceso</b>	<b>Cuartile</b>			
	Peor	3 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup>	Mejor
Continuo	< 78%	78 - 84%	85 -91%	> 91%
Lote	< 72%	72 - 80%	81 -90%	> 90%
Química, Refinería, Energía	< 85%	85 - 90%	91 -95%	> 95%
Papel	< 83%	83 - 86%	87 -94%	> 94%

*Nota.* Reproducido de: *Mejorando la disponibilidad con la arquitectura de planta digital*

*PlantWeb*, por Emerson Process Management, 2003



### ***Número de prioridad del riesgo***

Otro indicador mediante el cual se puede evidenciar la situación actual del mantenimiento ejecutado en la línea de producción es el Número de Prioridad del Riesgo (NPR), que se obtiene multiplicando el factor asignado a la gravedad o impacto del fallo por otro relacionado con la probabilidad o frecuencia de que esto ocurra, y por un tercero, la detectabilidad del fallo, es decir que tan predecible poder ser el fallo antes de que se presente, luego de realizar las operaciones para cada modo de fallo se deberá actuar sobre aquellos que superen determinado valor. Para calcular este indicador, se utilizará la fórmula expresada por (Cintas, 1995).

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

**NPR**= Numero de prioridad del riesgo

**F**= Frecuencia en la cual puede ocurrir el fallo

**G**= Gravedad o impacto potencial del fallo

**D**= Detectabilidad del fallo

El valor numérico para cada uno de estos 3 factores se encuentra en una escala de 1 a 10, para este caso se utilizó los rangos mencionados por (Gardella González, 2011).

#### **Gravedad**

Valor 1: Las consecuencias del fallo son despreciables. Ninguna trascendencia para la seguridad y afines, producción y calidad. Eventualmente pueden tener alguna mínima consecuencia para el coste directo del Mantenimiento.

Valor 2 y 3: No hay consecuencias para seguridad y afines, producción y calidad; puede tener alguna consecuencia baja o moderada para los costes directos del mantenimiento.

Valor 4, 5 o 6: Los efectos tienen consecuencia importante en los costes directos del mantenimiento y una pequeña influencia adversa en la producción y/o calidad, pudiendo causar

paradas cortas no programadas, ciertas mermas o rechazo de calidad. Pueden causar pequeños fallos secundarios ocultos de poca importancia. Ninguna influencia en la seguridad y medio ambiente.

Valor 7 y 8: Importante impacto del efecto de fallo en la producción y/o calidad y/o elevados costes directos de mantenimiento. También se consideran en este rango importantes fallos en cadena ocultos. Se consideran también pequeños o moderados efectos negativos para la seguridad y afines.

Valor 9 y 10: Se trata de graves consecuencias para seguridad y afines. También entran interrupciones muy costosas por concepto de impacto en la producción y/o calidad.

### **Frecuencia de fallo**

En la mayoría de los casos ocurridos se aplica la estimación por experiencia.

Valor 1: Tasa de fallos: menos de 1 en más de 10 años.

Valor 2: Tasa de fallos: entre 1 y 3 en más de 10 años.

Valor 3: Tasa de fallos: entre 1 y 3 en 10 años.

Valor 4: Tasa de fallos: entre 1 y 3 en 5 años.

Valor 5: Tasa de fallos: entre 1 y 3 en 2 años.

Valor 6: Tasa de fallos: entre 1 y 3 por año.

Valor 7: Tasa de fallos: entre 1 y 3 cada seis meses.

Valor 8: Tasa de fallos: entre 1 y 3 cada dos meses.

Valor 9: Tasa de fallos: entre 1 y 3 cada semana.

Valor 10: Tasa de fallos: entre 1 y 3 por día.

## **Detectabilidad**

Valor 1: No hay ninguna duda de que el fallo será detectado de inmediato, por cualquier persona y sin ambigüedad.

Valor 2: La detección es prácticamente certera. Probablemente habrá que verla algún técnico u operario especializado.

Valor 3, 4, 5: La detección es razonablemente fiable. Hay que aplicar algún método, técnica o instrumento y/o tardar algún tiempo en diagnosticar definitivamente.

Valor 6, 7, 8: La detección entraña riesgos de no acertar, se necesitan medios y tiempo relativamente largo para diagnosticar el fallo.

Valor 9 y 10: La detección es extremadamente difícil, o prácticamente inviable en las condiciones tecnológicas actuales.

Utilizando los criterios anteriormente descritos, se procedió a determinar y valorar los fallos y modos de fallo correspondientes a los equipos rotativos de la línea de producción. Para desarrollar esta actividad fue necesario solicitar la participación del personal de mantenimiento y producción de la planta, puesto que son ellos quienes pueden identificar con claridad los fallos y modos de fallo al interactuar de manera constante con los equipos, el personal que intervino en esta actividad fue:

- ✓ Operador de planta
- ✓ Auxiliar de mantenimiento electromecánico
- ✓ Auxiliar de mantenimiento instrumentación
- ✓ Asistente de mantenimiento
- ✓ Auxiliar de mantenimiento mecánico

El valor de NPR para cada modo de fallo se obtuvo asignando su respectiva valoración en cada uno de los factores. Por ejemplo, para la bomba BOMBA METANOL 1/ 140 psi, se identifica en primer lugar el fallo y modo de fallo descritos en la tabla 5.

**Tabla 5.**

*Descripción de fallo y modo de fallo BOMBA METANOL 1/140 psi*

<b>Denominación</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	La bomba no levanta suficiente presión	Desgaste de impulsores

La valoración asignada por la mayoría dentro del grupo de trabajo consultado en cuanto a gravedad fue de 8, debido a que una presión baja provocaría el ingreso deficiente de metanol a la línea de producción, con la posibilidad de ocasionar un apagado de planta por falla en alimentación de metanol. En la siguiente tabla se detalla la definición del valor para este factor.

**Tabla 6.**

*Determinación de valor para gravedad*

<b>VALORACION GRAVEDAD</b>	<b>INTEGRANTES A FAVOR</b>
8	3
7	2

La frecuencia fue puntuada con 4, pues de acuerdo con la apreciación de la mayoría en el equipo, es un fallo que puede presentarse entre 1 y 3 veces en un periodo de 5 años en este tipo de bombas. Se puede apreciar el aporte de los integrantes en la tabla 7.

**Tabla 7.**

*Determinación de valor para frecuencia*

<b>VALORACION FRECUENCIA</b>	<b>INTEGRANTES A FAVOR</b>
5	1
4	4

El valor asignado a la detectabilidad del fallo fue de 8, considerado que se trata de componentes internos del equipo que no se pueden inspeccionar con facilidad y la acción preventiva actual es una verificación mensual de la presión de descarga. El detalle para la determinación de este valor se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 8**

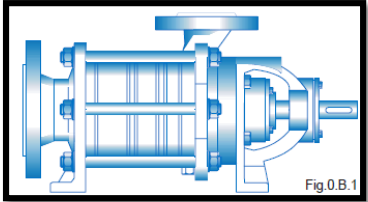
*Determinación de valor para detectabilidad*

<b>VALORACION DETECTABILIDAD</b>	<b>INTEGRANTES A FAVOR</b>
8	3
7	2

Con los valores asignados a los tres factores se procedió a obtener el NPR, que en este caso es de 263. De la misma manera se realizó la cuantificación de los demás fallos con sus modos de fallo identificados y se obtiene finalmente un promedio del equipo, tal como se puede apreciar en la figura 8.

**Figura 8**

*Cálculo de NPR para BOMBA METANOL 1/ 140 psi*

Sub-sección de planta/línea	Código Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
	AM-BM-01	BOMBA METANOL 1/ 140 psi	La bomba no levanta suficiente presión	Desgaste de impulsores	Verificación mensual de presión en manómetro	8	4	8	256
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento en los impulsores	Ninguna	8	6	8	384
			La bomba genera ruido o vibración excesiva	Falta de lubricación en rodamientos	Ninguna, rodamientos sellados	7	4	5	140
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento por rodamientos averiados	Ninguna, rodamientos sellados	8	4	8	256
			Fugas de metanol por la bomba	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico	Revisión mensual de fugas	7	6	5	210
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras semestral	8	6	8	384
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación trimestral de rodamientos	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL BOMBA METANOL 1/ 140 psi</b>								<b>263</b>	

*Nota.* Imagen del equipo Reproducida de: *CEHA SIDE CHANNEL PUMP OPERATING INSTRUCTIONS* (p.1), por: S.A. Sterling Fluid Systems, 2003.

Siguiendo el mismo procedimiento, con la participación del mismo equipo de trabajo (en lo que se refiere a roles) se calculó el NPR actual para cada equipo rotativo dentro de la línea de producción de la planta de formaldehído, los resultados se presentan en la tabla 9.

**Tabla 9***Valores NPR actual de los equipos rotativos*

<b>EQUIPO</b>	<b>NPR ACTUAL</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	263
BOMBA METANOL MULTITAPA METANOL #2	263
SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	251
SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	251
SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	251
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	270
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	270
BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	272
BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	271
BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	271
BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2	271
BOMBA RECICLO - P3	317
BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	280
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	280
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	284
MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	284
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	286
COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	278
COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	278
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	278
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	305
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	305
AGITATAR TK FORMOL 37% V6A	291
AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	291
BOMBA HTF/ 15 psi	270
<b>NPR ACTUAL EQUIPOS ROTATIVOS</b>	<b>277</b>

El valor de NPR global considerando los equipos rotativos de la línea de producción es de 277; este valor nos brinda una referencia de la situación actual del riesgo presente en los equipos evaluados, teniendo en cuenta que se trata de equipos involucrados en procesos críticos, la tendencia que se debe seguir es reducir al máximo posible este valor.

En el capítulo 3 se presentará a detalle los fallos y modos de fallos para cada equipo como parte del desarrollo de la propuesta.

### ***Evaluación de la gestión del mantenimiento***

Con el fin de obtener una perspectiva de la gestión del proceso de mantenimiento en la planta de formaldehído, se utilizó la norma COVENIN 2500-93, correspondiente a la normativa venezolana para evaluación de los sistemas de mantenimiento en la industria. Se trata de un método cuantitativo para determinar la capacidad de gestión de la organización en lo que se refiere al mantenimiento de activos, considerando los siguientes factores:

- ✓ Organización de la empresa.
- ✓ Organización de la función de mantenimiento.
- ✓ Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento.
- ✓ Competencia del personal.

La evaluación se realiza en 12 áreas, que cuentan con un número determinado de puntos, correspondientes al 100%, estos puntos se encuentran distribuidos entre cada uno de sus literales o “principios básicos”, de acuerdo con la situación de la empresa se deberá ir descontando una cierta cantidad de puntos a cada literal (deméritos) que pueden tomar un valor entre 1 y la cantidad total correspondiente al literal.

Para obtener la puntuación final del principio básico, se debe sumar los puntajes resultantes de cada literal una vez descontados todos los deméritos aplicables, esta suma de puntos se compara



con el total obtenible para el principio básico evaluado y de esta manera se determina el porcentaje de cumplimiento de este.

Por ejemplo, el área I corresponde a: Organización de la empresa, el puntaje máximo obtenible para esta área es de 150 puntos y se distribuye en 3 principios básicos, cada uno de ellos se puede aplicar diferentes deméritos de acuerdo con la situación de la empresa, en la siguiente figura se puede apreciar los puntajes correspondientes al principio básico 1: Funciones y responsabilidades.

**Figura 9**

*Detalle del principio básico 1: Organización de la empresa*

AREA I: ORGANIZACION DE LA EMPRESA	
<b>I.1 Funciones y Responsabilidades. Principios</b>	
<b>Principio Básico</b>	
La empresa posee un organigrama general y por departamentos. Se tienen definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades estructurales de la organización (guardando la relación con su tamaño y complejidad en producción).	60
<b>Deméritos</b>	
<b>I.1.1</b> La empresa no posee organigramas acordes con su estructura o no están actualizados; tanto a nivel general, como a nivel de departamentos.	20
<b>I.1.2</b> Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades, no están especificadas por escrito, o presentan falta de claridad.	20
<b>I.1.3</b> La definición de funciones y la asignación de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados	20

*Nota.* Reproducido de: “COVENIN 2500-93: Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria”, por COVENIN, N. V., 1993.

Considerando la situación actual de la organización, se aplicó un demerito de 10 puntos por falta de claridad en alguna asignación de responsabilidades en algunos niveles, lo que corresponde a 10 puntos menos en el literal 1.2, de la misma manera se procedió con los siguientes 2 literales para obtener la valoración del primer principio básico que se presenta en la figura 10.

**Figura 10***Puntuaciones del área I*

A	B	C	D										E	F	G				
			PUNTOS	D(D1+D2+...+Dn)												TOTAL DEMÉRITOS	PUNTOS	%	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9							10
I. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	1. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	60		10										10	50	83%			
	2. AUTORIDAD Y AUTONOMÍA	40												0	40	100%			
	3. SISTEMA DE INFORMACIÓN	50	5											5	45	90%			
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL OBTENIDO											135	90%				

Una vez aplicados los deméritos correspondientes a cada literal, se obtiene un valor de 135 puntos para esta área, comparando el puntaje obtenido con la cantidad de puntos disponibles, se determina un porcentaje de 90% que corresponde al cumplimiento en la organización bajo evaluación.

Se procedió de la misma manera con las 11 áreas restantes que comprende esta normativa, en la siguiente tabla se presenta el resumen con los resultados en porcentaje de cumplimiento para cada una de las áreas.

**Tabla 10***Evaluación de gestión del mantenimiento*

ÁREA	PUNTAJE (%)
I. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	90%
II. ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	80%
III. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	66%
IV. MANTENIMIENTO RUTINARIO	56%
V. MANTENIMIENTO PROGRAMADO	62%
VI. MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	76%
VII. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	82%
VIII. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	54%
IX. MANTENIMIENTO POR AVERÍA	81%
X. PERSONAL DE MANTENIMIENTO	83%
XI. APOYO LOGÍSTICO	90%
XII. RECURSOS	79%
<b>PROMEDIO GESTION DE MANTENIMIENTO</b>	<b>74,8%</b>

El promedio general de la gestión de mantenimiento actual en la planta productora de formaldehído es de 74.8%, con lo cual podemos ubicar a la organización dentro de la categoría de “entendimiento”, de acuerdo con la escala de medición establecida por (Villamizar, 2007):

- ✓ 91-100% / Excelencia: Existe una Gestión de Mantenimiento Clase Mundial con las Mejores Prácticas Operacionales.
- ✓ 81-90% / Competencia: Existe una Gestión de Mantenimiento con tendencia a Clase Mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Es un sistema muy bueno con nivel de Operaciones Efectivas.
- ✓ 71-80% / Entendimiento: Existe una Gestión de Mantenimiento Básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de Mantenimiento Clase Mundial.
- ✓ 51-70% / Conciencia: Existe una Gestión de Mantenimiento Básica, pero se desconocen las mejores prácticas de Mantenimiento Clase Mundial o de las Filosofías de Mantenimiento existente. En promedio y con oportunidades para mejorar.
- ✓ 0-50% / Inocencia: No existe una Gestión de Mantenimiento Básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades para mejorar.

El resultado de la evaluación no resulta alarmante, sin embargo, se debe tener en cuenta que se trata de una planta productora filial de una organización multinacional, la cual busca siempre apuntar a los mejores estándares en todos sus procesos, incluyendo la gestión del mantenimiento, por tal motivo se evidencia la necesidad de mejorar la valoración de la misma, para conseguir posicionarse al menos en la siguiente categoría superior.

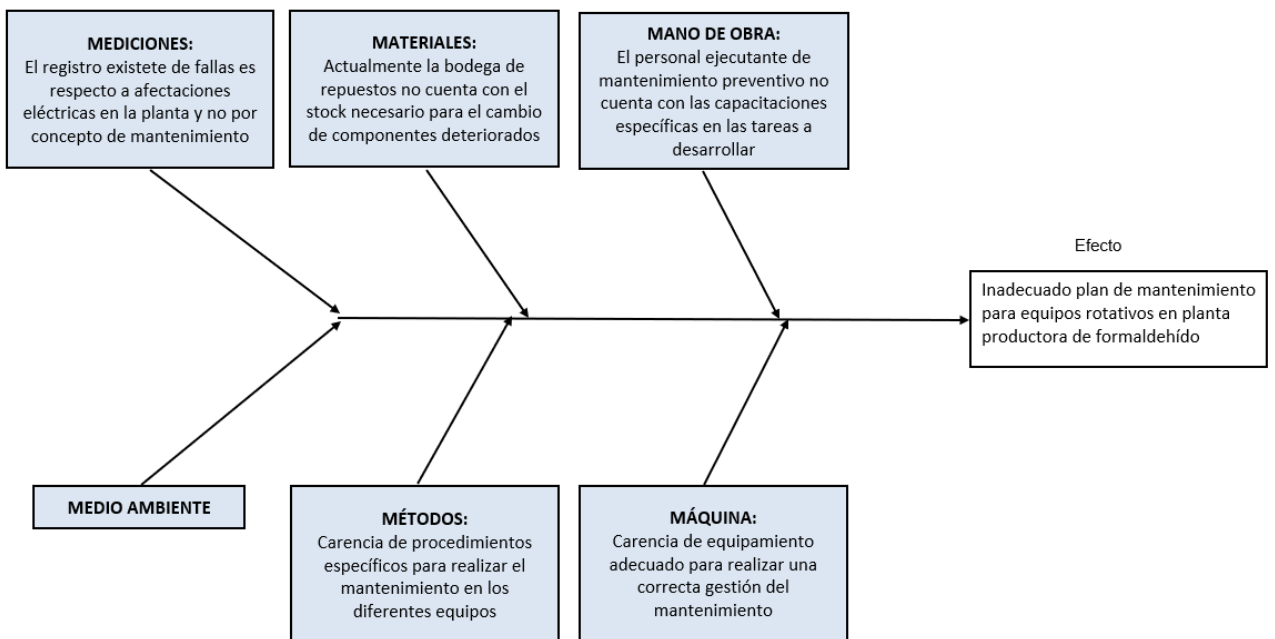
Para lograr elevar el porcentaje de cumplimiento global, se debe trabajar en las áreas que presentan los menores puntajes: MANTENIMIENTO RUTINARIO, MANTENIMIENTO PROGRAMADO y MANTENIMIENTO PREVENTIVO. Una de las utilidades de la metodología RCM, es precisamente contribuir de manera significativa a estas tres áreas.

**Herramientas de ingeniería**

Para el análisis de la problemática se ha recurrido a una herramienta de ingeniería apropiada para este fin y tema de estudio como lo es el diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa, en la figura 11 se expone el análisis realizado.

**Figura 11.**

*Diagrama de causa-efecto*



En el análisis realizado mediante el diagrama Ishikawa se puede determinar que existe una deficiencia desde las mediciones, no de parámetros de funcionamiento, sino de indicadores que demuestran la efectividad de la gestión del mantenimiento, puesto que existen periodos en los cuales, a pesar de no registrarse interrupciones por fallas de equipos, si se presentan

mantenimientos correctivos. En cuanto a los métodos es claro que las tareas de mantenimiento que se han determinado a base de experiencias con otros equipos similares tienen una incidencia directa sobre la problemática. En la mano de obra también se evidencia deficiencias por falta de formación y capacitación específica que les permita ejecutar sus actividades de manera correcta y eficiente. Los materiales representan una causa directa para la problemática, pues al no disponer de todos los repuestos y suministros necesarios para realizar los trabajos de mantenimiento se generan tiempos de espera más largos en las reparaciones o en su defecto se debe enviar el equipo a un taller externo lo cual eleva significativamente su costo de reparación.

Adicionalmente, es importante mencionar la falta de equipamiento en el taller de mantenimiento de la planta, si bien las máquinas herramientas como torno y fresadora requieren una inversión considerable y personal especializado para su utilización, existen instrumentos de uso relativamente sencillo como torquímetros, prensa hidráulica adecuada y equipos de alineación de poleas y ejes que se podría adquirir para mejorar la efectividad y la eficiencia en la gestión del mantenimiento. Finalmente, en el aspecto de medio ambiente no se ha identificado ninguna causa que afecte directamente a la gestión del mantenimiento en los equipos de la planta productora de formaldehído.

## Área de estudio

**Tabla 11**

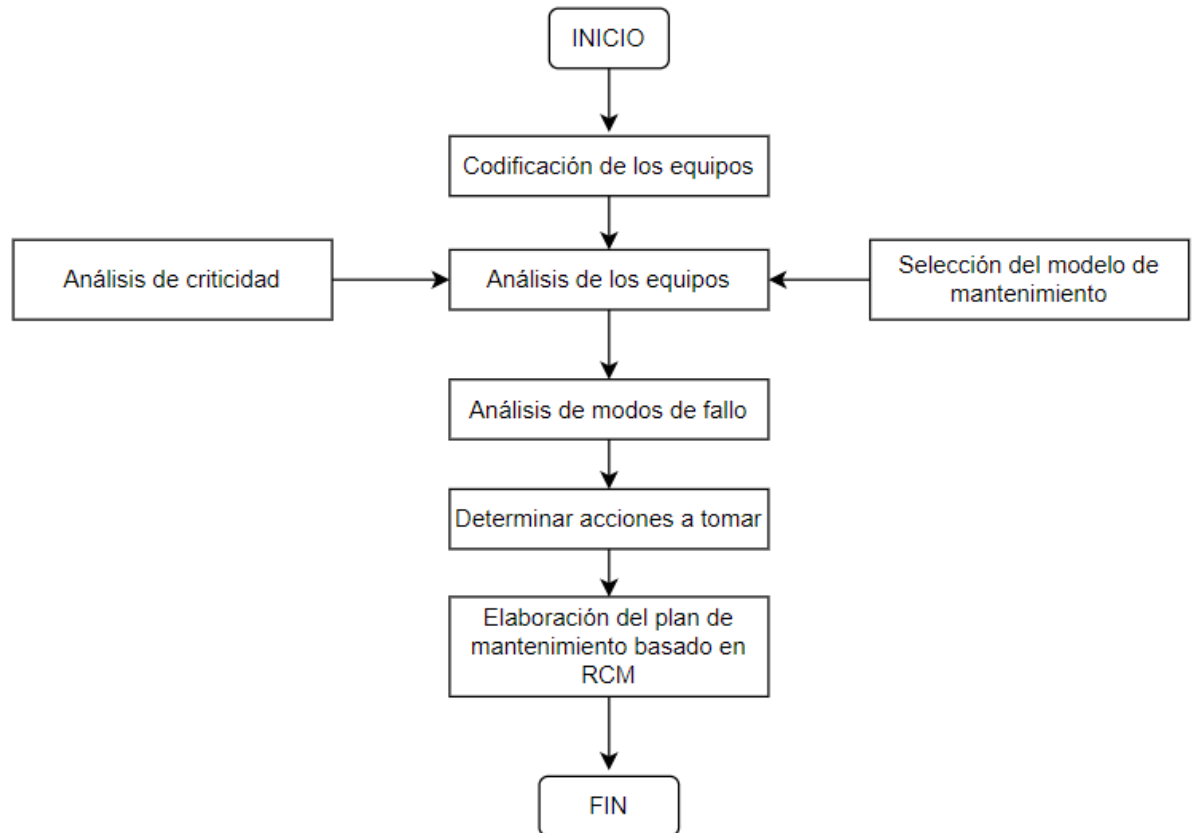
*Área de investigación*

<b>Dominio</b>	Tecnología y Sociedad
<b>Línea de investigación</b>	Sistemas Industriales
<b>Sub línea de investigación</b>	Producción, análisis, diseño, simulación, logística, validación, P+L1, mantenimiento y mejora de sistemas productivos combinando calidad, costo y tiempos de entrega oportunos.
<b>Campo</b>	Ingeniería Industrial
<b>Área</b>	Mantenimiento
<b>Aspectos</b>	Mantenimiento basado en la confiabilidad
<b>Objeto de estudio</b>	Equipos rotativos de planta productora de Formaldehído ubicada en la ciudad de Quito
<b>Período</b>	enero 2021- enero 2022

## Modelo Operativo

Figura 12.

*Modelo operativo de la propuesta metodológica*



### *Desarrollo del modelo operativo*

La propuesta será desarrollada mediante la técnica sugerida por (Garrido, 2010), la cual consiste en una metodología basada en RCM, que presenta algunas diferencias, no muy grandes, con el RCM tradicional, siempre tendiendo a simplificarla y hacerla más fácilmente comprensible y aplicable.

### **Codificación de los equipos**

Consiste en identificar a cada uno de los equipos rotativos de la línea de producción con un código único que permita referirse al mismo en las órdenes de trabajo, se pueda ubicar con facilidad en planos y brinda la posibilidad de generar registros históricos. A través, de sistemas de codificación significativa que se correlaciona con el equipo, de esta manera se puede identificar a cada equipo de manera clara y específica dentro de la línea de producción.

### **Análisis de los equipos**

Para desarrollar un plan de gestión efectivo es muy importante determinar la criticidad de cada equipo que conforma la línea de producción en la planta de formaldehído, de esta manera se podrá direccionar de manera oportuna los recursos necesarios hacia aquellos equipos que resulten ser de mayor importancia, en este caso se aplicarán matrices de severidad y frecuencia establecidas por la organización para la evaluación de riesgos en sus operaciones. Se debe considerar cuatro aspectos para determinar la criticidad de cada equipo: seguridad, producción, calidad y costo de reparación.

A partir de la criticidad obtenida en el análisis anterior, se podrá determinar qué modelo de mantenimiento es el adecuado para cada equipo de la línea de producción de formaldehído. De manera general, los ítems que presentan mayor criticidad ameritan un modelo de mantenimiento del tipo programado que requiere una inversión considerable para su implementación y seguimiento, por otro lado, los equipos con el menor grado de criticidad se pueden manejar bajo un modelo de mantenimiento correctivo.

### **Fallos y modos de fallo**

Según (Garrido, 2010), existen dos tipos de fallos que pueden presentarse en los equipos: los fallos funcionales y los técnicos.



Un fallo funcional se caracteriza por impedir que el equipo pueda desempeñar su función dentro de la operación normal del sistema, para categorizar un fallo como “funcional” basta con determinar la función del equipo o componente y determinar si será impedida de realizarse, por ejemplo, en un ventilador de una torre de enfriamiento, la ruptura del elemento de acople impedirá que este cumpla con su función de extraer el calor del agua de enfriamiento.

Por otro lado, los fallos técnicos se presentan como una condición anormal del funcionamiento de equipo, pero no impiden que cumpla su labor dentro del sistema, en el mismo caso del ventilador, podemos mencionar como un fallo técnico una temperatura elevada del motor eléctrico que lo acciona.

### **Determinación de acciones a tomar**

Consiste en asignar acciones encaminadas a evitar o amortiguar los efectos de cada fallo identificado en el paso anterior, según (Garrido, 2010) se pueden implementar medidas de 4 tipos:

- ✓ Tareas de mantenimiento
- ✓ Mejoras y/o modificaciones de la instalación
- ✓ Cambios en los procedimientos de operación
- ✓ Cambios en los procedimientos de mantenimiento

### **Elaboración del plan de mantenimiento**

El último segmento corresponde a la estructuración de las acciones propuestas para cada equipo dentro de un plan que comprende rutas o “gamas” de mantenimiento, estos documentos muestran de manera detallada las actividades a realizarse en el equipo de manera diaria, semanal, mensual o anual según sea el caso y el personal encargado de ejecutar dicha actividad.

## CAPÍTULO III: PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

### Desarrollo de la propuesta

#### *Codificación de equipos*

La operación inicial fundamental para el desarrollo de la propuesta es agrupar el elemento motriz conductor (motor eléctrico) con el elemento conducido (bomba, soplador, agitador, etc) esto permitirá realizar un mejor análisis de todo el conjunto como tal para encontrar los puntos que requieren mayor atención y poder establecer medidas de control efectivas.

Además, se procedió a ordenar los equipos de acuerdo con su función dentro de la línea de producción, de esta manera empezamos con las bombas de materia prima (metanol) y el listado finaliza con los agitadores de producto terminado.

La codificación de los equipos se realizó utilizando el sistema significativo, es decir, se asignaron caracteres alfanuméricos conformados por 3 grupos a cada equipo, el primer grupo corresponde a su ubicación dentro de la línea de producción, para ello se dividió la misma en subsistemas que se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 12**

*Lista de códigos por subsección*

SUBSECCIÓN	CÓDIGO
Alimentación de Metanol	AM
Alimentación de Aire	AA
Recirculación de Condensado	RC
Fluido Térmico	FT
Absorción	AB
Reciclo	RE
Dosificación Agua/Acurea	DA
Aire Comprimido	AC
Tanques de Almacenamiento	TA

El segundo grupo de caracteres se asignó de acuerdo con el tipo de equipo rotativo, en la tabla 13 se detallan los códigos utilizados con respecto a este diferenciador.

**Tabla 13**

*Subsecciones con su codificación*

<b>TIPO DE EQUIPO</b>	<b>CÓDIGO</b>
Bomba Multietapa	BM
Soplador de Lóbulos	SL
Bomba Centrífuga	BC
Compresor de Tornillo	CT
Agitador Vertical	AV

Finalmente, el tercer conjunto de caracteres corresponde a la posición numérica dentro de la subsección o en base a identificadores propios de la línea de producción, de esta manera se obtuvieron los códigos para los 25 equipos rotativos, los mismos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 14**

*Codificación de equipos rotativos*

<b>EQUIPO</b>	<b>CÓDIGO</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	AM-BM-01
BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2	AM-BM-02
SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	AA-SL-01
SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	AA-SL-02
SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	AA-SL-03
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	RC-BM-01
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	RC-BM-03
BOMBA HTF/ 15 psi	FT-BC-01
BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	AB-BC-P2
BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	AB-BC-P1
BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	AB-BC-P0
BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2	AB-BC-P5
BOMBA RECICLO - P3	RE-BC-P3
BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	RE-BC-P4
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	DA-BM-01
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	DA-BM-02
MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	DA-BM-03
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	AC-CT-01

<b>EQUIPO</b>	<b>CÓDIGO</b>
COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	AC-CT-02
COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	AC-CT-03
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	TA-AV-V4A
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	TA-AV-V4B
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	TA-AV-V4C
AGITATAR TK FORMOL 37% V6A	TA-AV-V6A
AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	TA-AH-V4E

### *Análisis de criticidad de los equipos*

En cuanto a las categorías de criticidad para los equipos, según (Garrido, 2010) se pueden establecer los siguientes niveles:

A) Equipos críticos: Dentro de esta categoría se encuentran aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta de manera significativa al funcionamiento y resultados esperados de la empresa.

B) Equipos importantes: Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento tiene una afectación para la organización, pero se podría asumir sus consecuencias.

C) Equipos prescindibles: Esta categoría corresponde a los equipos con una incidencia muy baja en los resultados.

El análisis de criticidad se realizó mediante matrices para cada uno de los factores: seguridad, producción, calidad y costo de reparación. Estas matrices fueron desarrolladas por ingeniería global de la organización multinacional y adaptadas por personal competente de planta a la realidad de la misma. En las figuras 13 a 16 se muestran las matrices utilizadas.

**Figura 13**

*Matriz de criticidad por seguridad*

SEVERIDAD	PERSONAS	MEDIO AMBIENTE	ACTIVOS	REPUTACIÓN	SEGURIDAD FÍSICA
S5	1 Fatalidad externa / varias fatalidades en el sitio	Afectación catastrófica fuera del sitio	Pérdidas mayores a 25 millones USD	Atención de medios internacionales	Atención internacional
S4	1 Fatalidad / varias lesiones graves	Derrame fuera del sitio con limpieza de larga duración	Pérdidas menores a 25 millones USD	Atención de medios nacionales / investigación oficial	Asalto fatal
S3	Lesión grave	Derrame leve fuera del sitio o Derrame dentro del sitio con limpieza de larga duración	Pérdidas menores a 5 millones USD	Atención de medios locales / investigación oficial	Sabotaje
S2	Lesión reportable	Derrame dentro sitio con limpieza menor	Pérdidas menores a 5 millon USD	Reclamos externos	Robo
S1	Primeros auxilios	Reguero dentro del sitio	Pérdidas menores a 100K USD	Ninguno	Invasión

*Nota.* Reproducido de: Documentación de planta

Esta matriz ha sido desarrollada por la organización para la evaluación de riesgos en cuanto a seguridad y se maneja a nivel corporativo, de manera que constituye la mejor herramienta que se puede utilizar para analizar el impacto que puede tener la falla de algún equipo sobre la seguridad de personas, medio ambiente, activos en inclusive reputación y seguridad física en caso de ser aplicable.

La matriz cuenta con cinco categorías de severidad, en lo referente a personas se tiene desde S1 que corresponde a tratamiento de primeros auxilios hasta S5 que involucra fatalidad fuera del sitio o varias fatalidades dentro. Además, se considera el aspecto ambiental, perdidas de activos, afectaciones a la reputación de la empresa y eventos relacionados con la seguridad física.

Para la valoración de la criticidad se considera como equipos A (críticos) aquellos cuya falla puede ocasionar un escenario de severidad S5 o S4 en cualquiera de las categorías, Si la falla

del equipo ocasiona un escenario S3 o inferior, entonces se considera como B (importante) y en caso de no existir ninguna afectación se designa como C (prescindible).

**Figura 14**

*Matriz de criticidad por producción*

FRECUENCIA	IMPACTO					
	Pérdida de velocidad	Parada con reinicio rápido	Parada menor a 1 día	Parada menor a 1 semana	Parada menor a 1 mes	Parada mayor a 1 mes
Semanal o menor	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Mensual o menor	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red
Semestral o menor	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
Una vez cada 3 años o menos	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red
Una vez cada 10 años o menos	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Menos de una vez cada 10	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

*Nota.* Reproducido de: Documentación de planta

La criticidad por producción se categoriza de acuerdo con la consecuencia que tendría la falla del equipo a la línea productora en su funcionamiento como tal, considerando la frecuencia en que pueda suceder la falla, los escenarios van desde una disminución en la velocidad de producción, hasta una interrupción mayor a un mes.

Dependiendo la zona de ubicación en la que se encuentre la severidad y frecuencia considerada, se asignará al equipo su nivel de criticidad. La zona roja corresponde a equipos A, en la zona amarilla se ubica los equipos B y en caso de ubicarse en la zona verde, se asigna categoría C al equipo evaluado.

Se podría trabajar con valores en cada celda para tener una cuantificación de la criticidad, sin embargo para ello se requiere información confidencial de la organización como los valores por hora no producida (que es directamente proporcional al valor del producto en el mercado), estos datos no son accesibles, sin embargo no afectan al desarrollo central de la propuesta pues el objetivo es ubicar cada equipo dentro de la categoría correspondiente para luego continuar con el análisis donde no interfiere de manera directa el valor de la criticidad, solamente su categoría.

**Figura 15**

*Matriz de criticidad por calidad*

FRECUENCIA	IMPACTO					
	Costo menor a 1k USD, sin afectación al cliente	Costo menor a 10k USD, sin afectación al cliente	Costo menor a 100k USD o queja del cliente	Costo menor a 500k USD o reclamo del cliente	Costo mayor a 500k USD, pérdida del cliente	Costo mayor a 2000k USD, pérdida del negocio
Semanal o menor	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Mensual o menor	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red
Semestral o menor	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
Una vez cada 3 años o menos	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red
Una vez cada 10 años o menos	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Menos de una vez cada 10	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

*Nota.* Reproducido de Documentación de planta

La calidad del producto también puede verse afectada seriamente por la falla de algunos equipos, para determinar la criticidad por este concepto, se utiliza una matriz similar a la anterior, los impactos posibles pueden ser desde pérdidas menores a 1000 USD sin afectación al cliente, hasta una pérdida mayor a 2000000 USD o la pérdida del negocio, las frecuencias se mantienen.

De igual manera que en el análisis de producción, la zona donde se ubique el impacto y frecuencia determinará la criticidad del equipo.

**Figura 16**

*Matriz de criticidad por costo de reparación*

FRECUENCIA	IMPACTO					
	Costo menor a 1k USD	Costo menor a 10k USD	Costo menor a 100k	Costo menor a 500k USD	Costo mayor a 500k USD	Costo mayor a 2000k USD
Semanal o menor	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Mensual o menor	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red
Semestral o menor	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
Una vez cada 3 años o menos	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red
Una vez cada 10 años o menos	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Menos de una vez cada 10 años	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

*Nota.* Reproducido de Documentación de planta

El cuarto aspecto para evaluar la criticidad de los equipos corresponde al costo de reparación en caso de presentarse la falla del equipo, las frecuencias se mantienen con respecto a las matrices de producción y calidad, el impacto más bajo que se considera es un costo de reparación menor a 1000 USD y en el otro extremo tenemos un costo mayor a 2000000 USD por reparación del equipo.

La designación de criticidad se efectúa de igual forma que en las otras matrices, cada zona delimitada con un color corresponde a una criticidad diferente del equipo.



El análisis de criticidad se realizó con el apoyo del operador de la planta productora de formaldehído, quien ha trabajado en este puesto desde el arranque de la planta en 2008, de manera que cuenta con la experiencia necesaria para esta labor.

Se inició con la BOMBA METANOL 1/ 140 psi, este equipo cumple la función de alimentar Metanol a la línea de producción, es decir con esta bomba se inicia el proceso.

Se considera primero el aspecto de seguridad, al tratarse de un equipo que trabaja con material altamente inflamable, se puede presentar un escenario S4 de acuerdo con la figura 13, en caso de una fuga no controlada, en consecuencia, corresponde una categoría tipo A en seguridad. En la siguiente tabla se presenta la criticidad del equipo según su afectación a seguridad.

**Tabla 15**

*Análisis de seguridad BOMBA METANOL 1/ 140 psi*

<b>EQUIPO</b>	<b>SEGURIDAD</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	A

A continuación, se realiza el análisis de afectación a producción, esta bomba alimenta la materia prima principal para la línea de producción, utilizando la matriz de la figura 14 podemos ubicarla dentro de la categoría B. En la tabla 16 se puede apreciar la criticidad asignada considerando la afectación a producción.

**Tabla 16**

*Análisis de producción BOMBA METANOL 1/ 140 psi*

<b>EQUIPO</b>	<b>PRODUCCION</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	B

En cuanto a la calidad del producto, no se identifica mayores afectaciones por una falla funcional en este equipo, de manera que mediante la figura 15 podemos categorizarla como tipo C para calidad. En la siguiente tabla se presenta la criticidad según su impacto potencial a la calidad.

**Tabla 17**

*Análisis de calidad BOMBA METANOL 1/ 140 psi*

<b>EQUIPO</b>	<b>CALIDAD</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	C

Finalmente, se evalúa los costos por mantenimiento o reparación del equipo, de acuerdo con los criterios presentados en la matriz de la figura 16, el equipo no representa un costo elevado de reparación en caso de falla, es por ello que se ubica dentro de la categoría C para este rubro. En la siguiente tabla se detalla la criticidad del equipo con respecto a su costo de mantenimiento.

**Tabla 18**

*Análisis de costos de mantenimiento BOMBA METANOL 1/ 140 psi*

<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO DE MTTO</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	C

Según lo recomendado por (Garrido García, 2010, p. 26) se debe asignar la criticidad mayor encontrada en cualquiera de las 4 categorías, por ejemplo para este caso el equipo resulta ser CRITICO por seguridad, ya que se trata de una bomba que trabaja con material altamente inflamable, la criticidad también es alta en cuanto al aspecto de producción pues ante una falla de este equipo, se produce una falta de alimentación de materia prima que desemboca en una interrupción de la producción, la calidad y el costo de reparación tienen valores bajos en el análisis de este equipo. En la tabla 19 se expone el detalle de la criticidad para el equipo BOMBA METANOL 1/ 140 psi.

**Tabla 19.***Análisis de criticidad BOMBA METANOL 1/ 140 psi*

<b>EQUIPO</b>	<b>SEGURIDAD</b>	<b>PRODUCCION</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>COSTO MTTO</b>	<b>CRITICIDAD</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	A	B	C	C	A

En la siguiente tabla se realiza un resumen de la clasificación de los equipos de acuerdo con su criticidad para el desarrollo de la propuesta.

**Tabla 20***Criticidad equipos rotativos*

<b>EQUIPO</b>	<b>CRITICIDAD</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	A
BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2	A
SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	B
SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	B
SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	B
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	B
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	B
BOMBA HTF/ 15 psi	B
BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	A
BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	A
BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	A
BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2	A
BOMBA RECICLO - P3	B
BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	B
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	B
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	B
MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	B
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	B
COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	B
COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	B

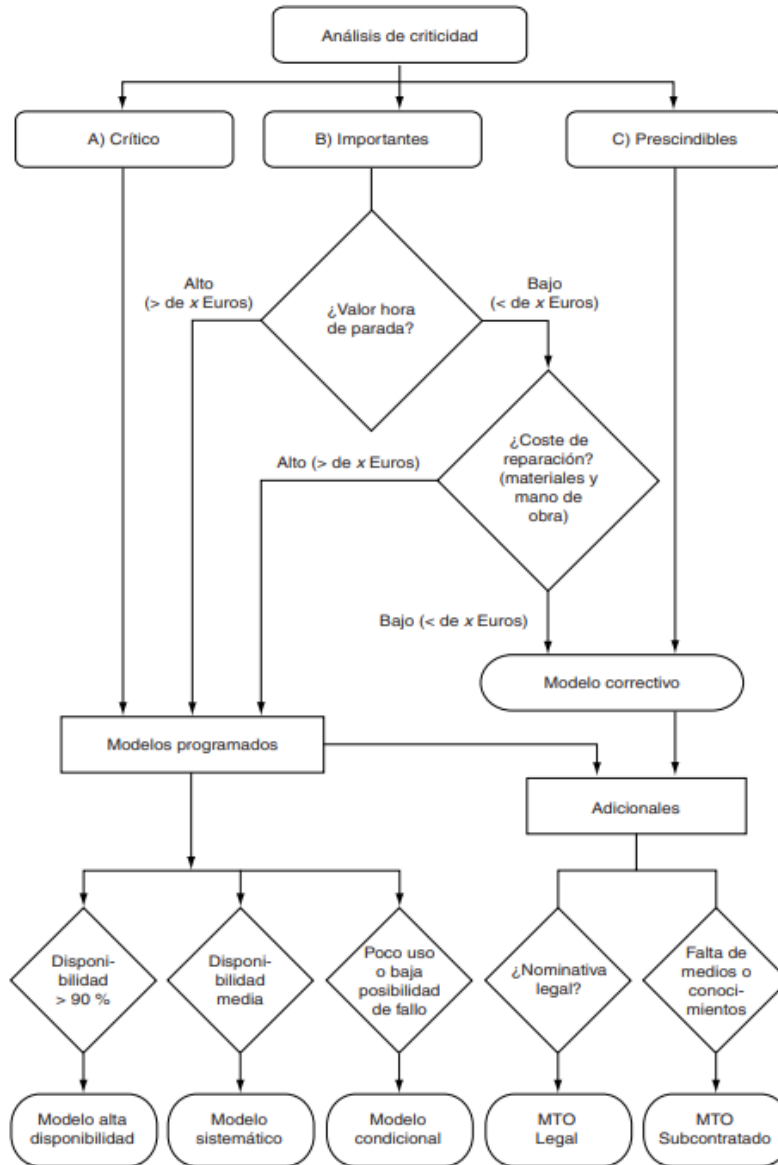
<b>EQUIPO</b>	<b>CRITICIDAD</b>
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	B
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	B
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	B
AGITADOR TK FORMOL 37% V6A	B
AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	C

### *Selección del modelo de mantenimiento*

Una vez determinada la criticidad del equipo, se puede seleccionar el modelo de mantenimiento aplicable, para ello se utilizará como guía el flujograma que propone (Garrido, 2010), presentado en la figura 17, en el cual se asigna el modelo considerando la criticidad, el costo de parada, el costo de reparación, disponibilidad requerida y requerimientos legales en los que sea aplicable.

**Figura 17**

*Flujograma para designar modelo de mantenimiento*



*Nota.* Reproducido de *Organización y gestión integral de mantenimiento* (p.30), por S.G.

Garrido, 2010, Ediciones Diaz de santos.

En el caso de equipos críticos, el diagrama de flujo nos direcciona hacia los modelos programados, la definición de cual se debe aplicar depende de la disponibilidad requerida del equipo. Si revisamos el flujo de los equipos B (importantes), observamos que no se asigna

directamente un modelo, se debe antes realizar un análisis más detallado acerca de los costos que desencadenaría una falla del equipo, considerando en primera instancia el valor por tiempo de parada, si el fallo del equipo representa un alto valor por tiempo de parada, el flujo se direcciona hacia uno de los modelos programados; si el valor no es representativo, es necesario entonces evaluar el costo que tendría la reparación del equipo, si representa un monto de unidades monetarias, se debe asignar un modelo programado, caso contrario, se puede trabajar bajo un modelo de mantenimiento correctivo.

Aplicando el diagrama de flujo para la BOMBA METANOL 1/ 140 psi, obtenemos como modelo de mantenimiento adecuado para esta bomba el de alta disponibilidad, puesto que se trata de un equipo crítico tipo A, cuya disponibilidad requerida es mayor al 90%.

El mismo análisis fue realizado para el resto de los equipos, con el apoyo de personal del departamento de mantenimiento de la planta productora de formaldehído, el mismo que se encuentra conformado por profesionales en el área técnica de electromecánica que cuentan con varios años de experiencia en la organización, los resultados obtenidos se reflejan en la tabla 21.

**Tabla 21**

*Asignación de modelos de mantenimiento*

<b>EQUIPO</b>	<b>MODELO DE MANTENIMIENTO</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	Alta disponibilidad
BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2	Alta disponibilidad
SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	Alta disponibilidad
SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	Alta disponibilidad
SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	Alta disponibilidad
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	Modelo sistemático
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	Modelo sistemático
BOMBA HTF/ 15 psi	Modelo sistemático
BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	Alta disponibilidad
BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	Alta disponibilidad

<b>EQUIPO</b>	<b>MODELO DE MANTENIMIENTO</b>
BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	Alta disponibilidad
BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2	Modelo sistemático
BOMBA RECICLO - P3	Alta disponibilidad
BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	Alta disponibilidad
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	Modelo sistemático
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	Modelo sistemático
MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	Modelo sistemático
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	Modelo sistemático
COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	Modelo sistemático
COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	Modelo sistemático
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	Modelo sistemático
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	Modelo sistemático
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	Modelo sistemático
AGITATAR TK FORMOL 37% V6A	Modelo condicional
AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	Modelo condicional

### ***Determinar fallos y modos de fallo***

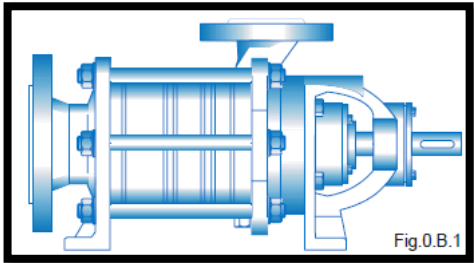
El siguiente paso corresponde a determinar los fallos y modos de fallo que se pueden presentar en los equipos rotativos, para desarrollarlo se utilizará una adaptación del formato elaborado por (Garrido, 2010), incorporando el valor de NPR para cada modo de fallo, de esta manera se obtendrá una valoración cuantitativa de los mismos.

La categorización de NPR se asignó mediante los valores establecidos por la organización, para lo cual se determinó que los valores entre 0 y 200 constituyen un riesgo bajo y no requieren una acción, al menos dentro de un corto plazo. En el caso de NPR dentro de 201 a 320 se consideran de riesgo medio, es decir, no requieren una intervención inmediata, pero se debe realizar seguimiento sobre estos modos de fallo con el fin de establecer tendencias. Finalmente, para valores mayores a 320 se consideran de alto riesgo.

En las figuras 18 a 42 se presentan los análisis de fallo realizados para cada uno de los equipos rotativos bajo estudio.

**Figura 18**

*Modos de fallo BOMBA METANOL 1/ 140 psi*

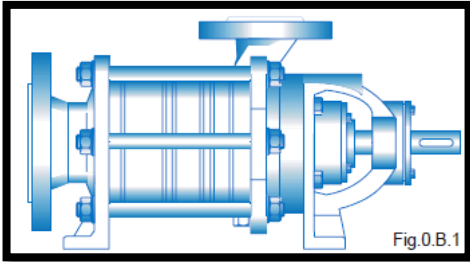
Sub-sección de planta/línea	Código Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Alimentación de metanol	AM-BM-01	BOMBA METANOL 1/ 140 psi	La bomba no levanta suficiente presión	Desgaste de impulsores	Verificación mensual de presión en manómetro	8	4	8	256
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento en los impulsores	Ninguna	8	6	8	384
			La bomba genera ruido o vibración excesiva	Falta de lubricación en rodamientos	Ninguna, rodamientos sellados	7	4	5	140
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento por rodamientos averiados	Ninguna, rodamientos sellados	8	4	8	256
			Fugas de metanol por la bomba	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico	Revisión mensual de fugas	7	6	5	210
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras semestral	8	6	8	384
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación trimestral de rodamientos	7	6	5	210
	<b>NPR ACTUAL BOMBA METANOL 1/ 140 psi</b>								

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CEHA SIDE CHANNEL PUMP OPERATING INSTRUCTIONS* (p.1), por: S.A. Sterling Fluid Systems, 2003.



**Figura 19**

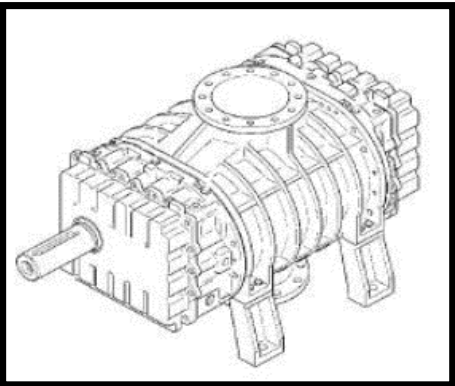
*Modos de fallo BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2*

Sub-sección de planta/línea	Código Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Alimentación metanol	AM-BM-02	BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2	La bomba no levanta suficiente presión	Desgaste de impulsores	Verificación mensual de presión en manómetro	8	4	8	256
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento en los impulsores	Ninguna	8	6	8	384
			La bomba genera ruido o vibración excesiva	Falta de lubricación en rodamientos	Ninguna, rodamientos sellados	7	4	5	140
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento por rodamientos averiados	Ninguna, rodamientos sellados	8	4	8	256
			Fugas de metanol por la bomba	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico	Revisión mensual de fugas	7	6	5	210
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras semestral	8	6	8	384
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación trimestral de rodamientos	7	6	5	210
	<b>NPR ACTUAL BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2</b>								

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CEHA SIDE CHANNEL PUMP OPERATING INSTRUCTIONS* (p.1), por: S.A. Sterling Fluid Systems, 2003.

**Figura 20**

*Modos de fallo SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Alimentación de aire	AA-SL-01	SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	El soplador se detiene	Atascamiento en lóbulos por partículas extrañas	Revisión de rotación libre anual	8	5	8	320
			El soplador entrega menor cantidad de aire al proceso	Desgaste de lóbulos	Verificación de presión mensual	7	4	6	168
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación mensual de nivel de aceite	8	6	6	288
			Fugas de lubricante	Retenedores/empaques desgastados	Revisión mensual de fugas	7	6	4	168
			El equipo se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Verificación de corriente y ajuste de borneras semestral	8	6	6	288
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación de rodamientos cada 3000 horas	6	6	5	180
			El equipo se detiene	Perdida de acoplamiento por ruptura de poleas	Verificación de poleas y reajuste de prisioneros semestral	8	6	8	384
			Vibración elevada	Desalineación de poleas o desgaste de canales	Análisis vibracional mensual	7	6	5	210
	<b>NPR ACTUAL SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL</b>								

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *Installation, assembly and operating instructions for rotary piston blower stage* (p.1), por: AERZENERMASCHINENFABRIK, 2012.

**Figura 21**

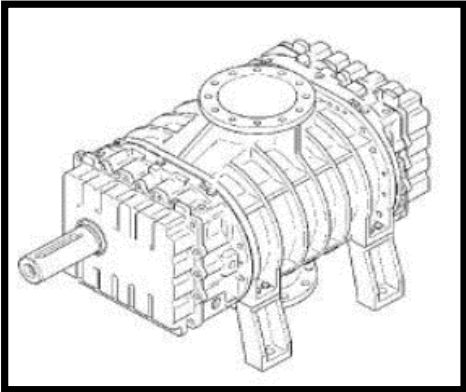
*Modos de fallo SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Alimentación de aire	AA-SL-02	SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	El soplador se detiene	Atascamiento en lóbulos por partículas extrañas	Revisión de rotación libre anual	8	5	8	320
			El soplador entrega menor cantidad de aire al proceso	Desgaste de lóbulos	Verificación de presión mensual	7	4	6	168
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación mensual de nivel de aceite	8	6	6	288
			Fugas de lubricante	Retenedores/empaques desgastados	Revisión mensual de fugas	7	6	4	168
			El equipo se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Verificación de corriente y ajuste de bornas semestral	8	6	6	288
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación de rodamientos cada 3000 horas	6	6	5	180
			El equipo se detiene	Perdida de acoplamiento por ruptura de poleas	Verificación de poleas y reajuste de prisioneros semestral	8	6	8	384
			Vibración elevada	Desalineación de poleas o desgaste de canales	Análisis vibracional mensual	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</b>									<b>251</b>

Nota. Imagen del equipo reproducida de *Installation, assembly and operating instructions for rotary piston blower stage* (p.1), por: AERZENERMASCHINENFABRIK, 2012.

**Figura 22**

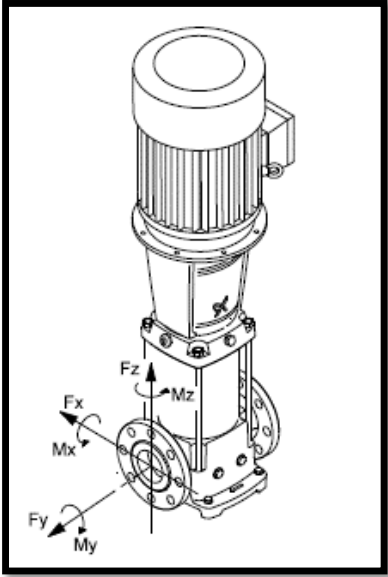
*Modos de fallo SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Alimentación de aire	AA-SL-03	SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	El soplador se detiene	Atascamiento en lóbulos por partículas extrañas	Verificación de rotación libre anual	8	5	8	320
			El soplador entrega menor cantidad de aire al proceso	Desgaste de lóbulos	Verificación de presión mensual	7	4	6	168
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación mensual de nivel de aceite	8	6	6	288
			Fugas de lubricante	Retenedores/empaques desgastados	Revisión mensual de fugas	7	6	4	168
			El equipo se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Verificación de corriente y ajuste de borneras semestral	8	6	6	288
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación de rodamientos cada 3000 horas	6	6	5	180
			El equipo se detiene	Perdida de acoplamiento por ruptura de poleas	Verificación de poleas y reajuste de prisioneros semestral	8	6	8	384
			Vibración elevada	Desalineación de poleas o desgaste de canales	Análisis vibracional mensual	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</b>									<b>251</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *Installation, assembly and operating instructions for rotary piston blower stage (p.1)*, por: AERZENERMASCHINENFABRIK, 2012.

**Figura 23**

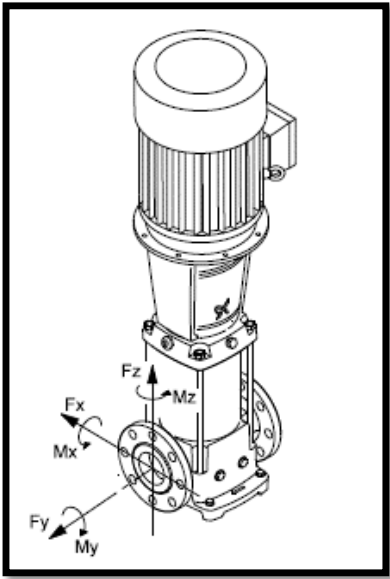
*Modos de fallo BOMBA CONDENSADOS 1*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Acciones preventivas	Estado Actual			
						G	F	D	NPR
Recirculación condensados	RC-BM-01	BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	La bomba no levanta presión requerida	Desgaste de impulsores	Verificación mensual de presión en manómetro de descarga	7	5	7	245
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Ninguna	8	5	9	360
			Vibración elevada	Rodamientos deteriorados (sellados)	Revisión trimestral de rodamientos (ruido)	7	5	8	280
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ninguna	7	5	7	245
				Desbalanceo	Ninguna	7	5	8	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Ninguna	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas cada 2 meses	7	5	8	280
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Ninguna	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL</b>									<b>270</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento* (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.

**Figura 24**


*Modos de fallo BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Recirculación condensados	RC-BM-03	BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	La bomba no levanta presión requerida	Desgaste de impulsores	Verificación mensual de presión en manómetro de descarga	7	5	7	245
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Ninguna	8	5	9	360
	Vibración elevada			Rodamientos deteriorados (sellados)	Revisión trimestral de rodamientos (ruido)	7	5	8	280
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ninguna	7	5	7	245
				Desbalanceo	Ninguna	7	5	8	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Ninguna	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas cada 2 meses	7	5	8	280
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Ninguna	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL</b>									<b>270</b>

Nota. Imagen del equipo reproducida de CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.

**Figura 25**

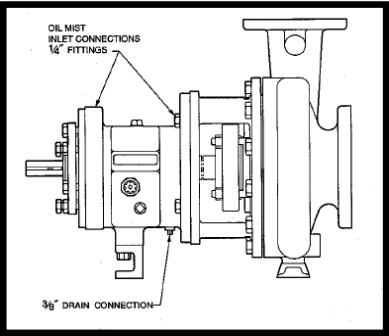
*Modos de fallo BOMBA HTF/ 15 psi*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Recirculación de fluido térmico	FT-BC-01	BOMBA HTF/ 15 psi	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor cerrado	Verificación trimestral de presión de descarga	8	5	7	280
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Ninguna	8	4	8	256
			Vibración sobre el límite permisible	Rodamientos deteriorados	Lubricación semestral de rodamientos (grasa)	7	5	8	280
				Desalineación motor-bomba	Verificación cada 6 meses	7	5	8	280
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ninguna	7	5	7	245
				Desbalanceo	Ninguna	7	5	8	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (grasa)	Lubricación semestral de rodamientos (grasa)	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión semestral de fugas.	8	5	9	360
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras semestral, revisión de bobinados anual	8	5	7	280
				Rodamientos del motor deteriorados	Revisión anual de rodamientos	7	6	5	210
	<b>NPR ACTUAL BOMBA HTF/ 15 psi</b>								

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *ZTND Operating instructions* (p.1), por: Sterling Fluid Systems BV, 2009.

**Figura 26**

*Modos de fallo BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Recirculación en torres de absorción	AR-BC-P2	BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor semiabierto, pérdida de tolerancia	Verificación mensual de presión de descarga	8	5	5	200
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Ninguna	9	5	8	360
			Vibración elevada del equipo	Rodamientos deteriorados	Revisión de aceite semanal	7	5	7	245
				Desalineación motor-bomba	Verificación trimestral de alineación	7	5	8	280
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Reajuste de pernos trimestral	7	5	6	210
				Desbalanceo	Ninguna	7	5	8	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (aceite)	Revisión de aceite semanal	7	6	7	294
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión semanal de fugas, sello de repuesto disponible en planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras	8	6	8	384
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación trimestral de rodamientos	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2</b>									<b>271</b>

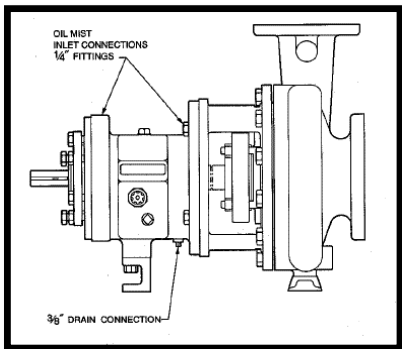
*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD*

*PROCESS PUMP SERIES 8196* (p.37), por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.



**Figura 27**

*Modos de fallo BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1*

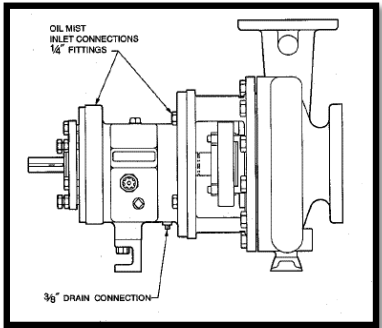
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Recirculación en torres de absorción	AR-BC-P1	BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1	La bomba no levanta presión o caudal requerido	Desgaste de impulsor semiabierto, pérdida de tolerancia	Verificación mensual de presión de descarga	8	5	5	200
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Ninguna	9	5	8	360
			Vibración elevada del equipo	Rodamientos deteriorados	Revisión de aceite mensual	7	5	7	245
				Desalineación motor-bomba	Verificación trimestral de alineación	7	5	8	280
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ninguna	7	5	6	210
				Desbalanceo	Ninguna	7	5	8	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (aceite)	Revisión de aceite mensual	7	6	7	294
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión mensual de fugas, sello de repuesto disponible en planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras	8	6	8	384
		Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación trimestral de rodamientos	7	6	5	210	
<b>NPR ACTUAL BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1</b>									<b>271</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD*

*PROCESS PUMP SERIES 8196* (p.37), por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.

**Figura 28**

*Modos de fallo BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0*

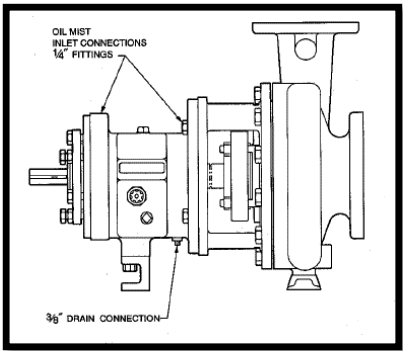
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Recirculación en torres de absorción	AR-BC-P0	BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor semiabierto, pérdida de tolerancia	Verificación mensual de presión de descarga	8	5	5	200
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Ninguna	9	5	8	360
			Vibración elevada del equipo	Rodamientos deteriorados	Revisión de aceite semanal	7	5	7	245
				Desalineación motor-bomba	Verificación trimestral de alineación	7	5	8	280
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Reajuste de pernos trimestral	7	5	6	210
				Desbalanceo	Ninguna	7	5	8	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (aceite)	Revisión de aceite semanal	7	6	7	294
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión semanal de fugas, sello de repuesto disponible en planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras	8	6	8	384
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación trimestral de rodamientos	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0</b>									<b>271</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD*

*PROCESS PUMP SERIES 8196* (p.37), por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.

**Figura 29**

*Modos de fallo BOMBA FORMOL P5/BACK UP*

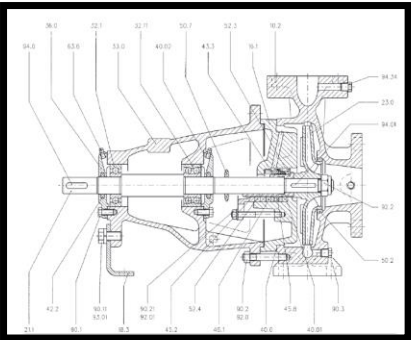
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Modo de fallo	Causa raíz	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Recirculación en torres de absorción	AB-BC-P5	BOMBA FORMOL P5/BACK UP	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor semiabierto, pérdida de tolerancia	Verificación anual de presión de descarga	7	5	8	280
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Ninguna	8	6	8	384
				Pérdida de acoplamiento	Revisión de acople anual	8	5	7	280
			Vibración elevada del equipo	Rodamientos deteriorados	Revisión de aceite semestral	7	5	8	280
				Desalineación motor-bomba	Verificación de alineación anual	7	6	7	294
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ninguna	7	5	8	280
				Desbalanceo	Ninguna	7	6	8	336
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (aceite)	Revisión de aceite semestral	7	6	7	294
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión quincenal de fugas, sello de repuesto disponible en planta	8	6	7	336
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras	8	6	8	384
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación trimestral de rodamientos	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL BOMBA FORMOL P5/BACK UP</b>									<b>305</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD*

*PROCESS PUMP SERIES 8196* (p.37), por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.

**Figura 30**

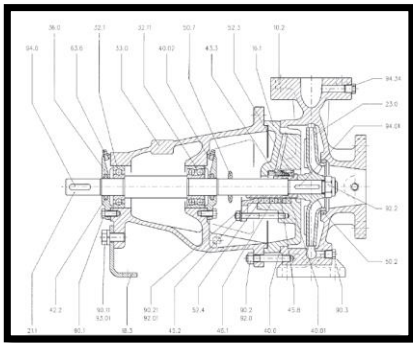
*Modos de fallo BOMBA RECICLO - P3*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
RECICLO	RE-BC-P3	BOMBA RECICLO - P3	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor cerrado	Verificación mensual de presión de descarga	8	5	7	280
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Ninguna	8	5	8	320
			Vibración elevada	Rodamientos deteriorados	Lubricación trimestral de rodamientos (grasa)	7	6	8	336
				Desalineación motor-bomba	Verificación cada 6 meses	7	5	8	280
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ninguna	7	5	6	210
				Desbalanceo	Ninguna	7	5	8	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (grasa)	Lubricación trimestral de rodamientos (grasa)	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión mensual de fugas, sello de repuesto disponible en planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral	8	6	8	384
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos del motor deteriorados	Ninguna, rodamientos sellados	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL BOMBA RECICLO - P3</b>									<b>280</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *HALBERG NOWA Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento* (p.24), por: SIHI pumps Colombia, 2010.

**Figura 31**

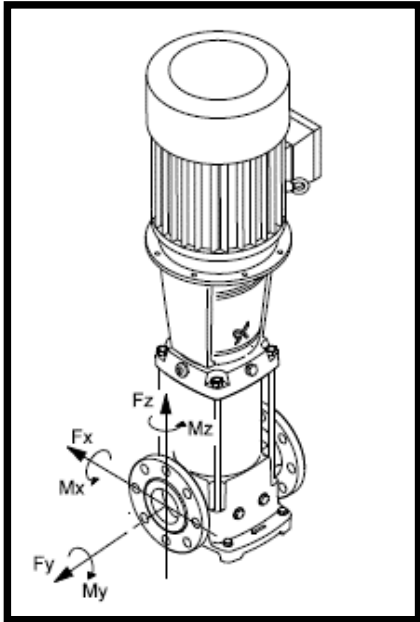
*Modos de fallo BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
RECICLO	RE-BC-P4	BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor cerrado	Verificación mensual de presión de descarga	8	5	7	280
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Ninguna	8	5	8	320
			Vibración elevada	Rodamientos deteriorados	Lubricación trimestral de rodamientos (grasa)	7	6	8	336
				Desalineación motor-bomba	Verificación cada 6 meses	7	5	8	280
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ninguna	7	5	6	210
				Desbalanceo	Ninguna	7	5	8	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (grasa)	Lubricación trimestral de rodamientos (grasa)	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión mensual de fugas, sello de repuesto disponible en planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral	8	6	8	384
		Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos del motor deteriorados	Ninguna, rodamientos sellados	7	6	5	210	
<b>NPR ACTUAL BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi</b>									<b>280</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *HALBERG NOWA Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento* (p.24), por: SIHI pumps Colombia, 2010.

**Figura 32**

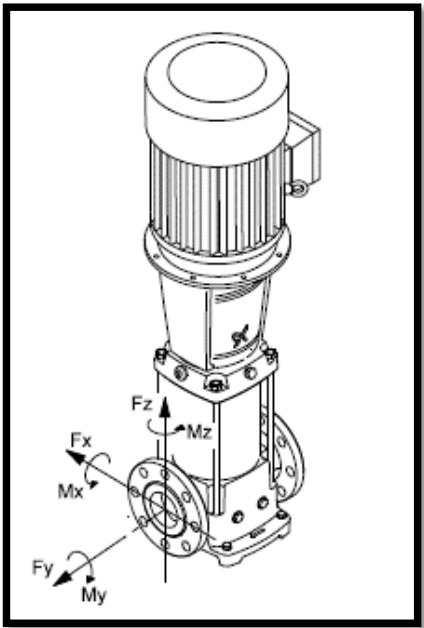
*Modos de fallo MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Adición acurea	DA-BM-01	MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	Caudal de adición bajo	Desgaste de impulsores	Ninguna	7	4	8	224
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Ninguna	8	5	9	360
			Vibración sobre el límite permisible	Rodamientos deteriorados (sellados)	Ninguna	8	6	8	384
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Ninguna	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Ninguna	7	5	8	280
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente mensual, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinados	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Revisión/cambio de rodamientos anual	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1</b>									<b>284</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento* (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.

**Figura 33**

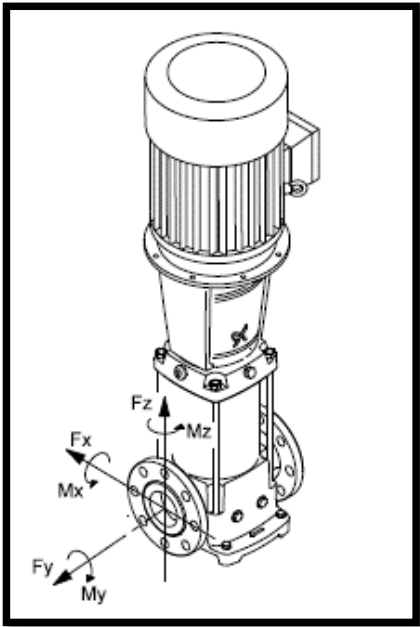
*Modos de fallo MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Adición acurea	DA-BM-02	MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	Caudal de adición bajo	Desgaste de impulsores	Ninguna	7	4	8	224
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Ninguna	8	5	9	360
			Vibración sobre el límite permisible	Rodamientos deteriorados (sellados)	Ninguna	8	6	8	384
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Ninguna	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Ninguna	7	5	8	280
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente mensual, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinados	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Revisión/cambio de rodamientos anual	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2</b>									<b>284</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento* (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.

**Figura 34**

*Modos de fallo MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA*

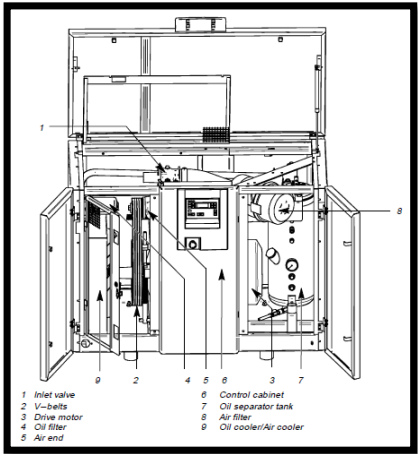
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Adición acurea	DA-BM-03	MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	Caudal de adición bajo	Desgaste de impulsores	Ninguna	7	4	8	224
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Ninguna	8	5	9	360
			Vibración sobre el límite permisible	Rodamientos deteriorados (sellados)	Ninguna	8	6	8	384
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Ninguna	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Ninguna	7	5	8	280
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente mensual, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinados	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Revisión/cambio de rodamientos anual	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA</b>									<b>284</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento* (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.



**Figura 35**

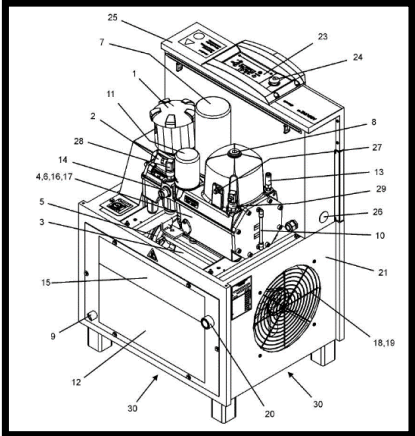
*Modos de fallo COMPRESOR DE TORNILLO NO.1*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
	AC-CT-01	COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	Presión de descarga bajo el valor requerido	Desgaste de tornillos	Verificación mensual de presión	7	5	7	245
			Apagado por temperatura elevada	Nivel de aceite bajo	Revisión trimestral de nivel	8	4	7	224
				Malla de ingreso de aire taponada	Ninguna	8	6	8	384
				Radiador Saturado	Limpieza exterior semanal	7	5	7	245
				Válvula termostática defectuosa	Ninguna	8	6	7	384
			Desacoplamiento del motor	Desgaste de bandas	Revisión de bandas trimestral	8	5	6	240
			Ruido elevado en el motor	Rodamientos del motor defectuosos	Revisión anual de rodamientos (ruido)	7	5	6	210
			El motor del compresor se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente semestral, ajuste de borneras semestral, revisión anual de bobinas	7	6	7	294
<b>NPR ACTUAL COMPRESOR DE TORNILLO NO.1</b>									<b>278</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *SERVICE MANUAL Screw Compressor Model: AS 36 / 8 bar* (p.15), por: KAESER KOMPRESSOREN GmbH, 1999.

**Figura 36**

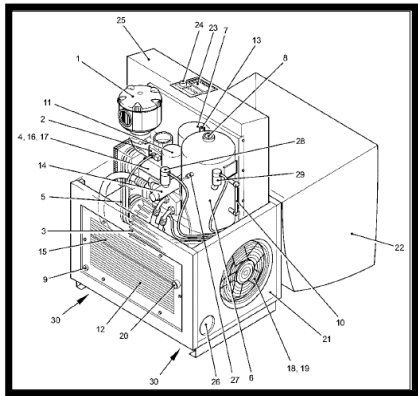
*Modos de fallo COMPRESOR DE TORNILLO NO.2*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual					
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR	
Suministro de aire comprimido	AC-CT-02	COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	Presión de descarga bajo el valor requerido	Desgaste de tornillos	Verificación mensual de presión	7	5	7	245	
			Apagado por temperatura elevada	Nivel de aceite bajo	Revisión trimestral de nivel	8	4	7	224	
				Malla de ingreso de aire taponada	Ninguna	8	6	8	384	
				Radiador Saturado	Limpieza exterior semanal	7	5	7	245	
				Válvula termostática defectuosa	Ninguna	8	6	7	384	
				Desacoplamiento del motor	Desgaste de bandas	Revisión de bandas trimestral	8	5	6	240
				Ruido elevado en el motor	Rodamientos del motor defectuosos	Revisión anual de rodamientos (ruido)	7	5	6	210
				El motor del compresor se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente semestral, ajuste de borneras semestral, revisión anual de bobinas	7	6	7	294
<b>NPR ACTUAL COMPRESOR DE TORNILLO NO.2</b>									<b>278</b>	

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *Original Operating and Service Manual Screw Air Compressor L15 - L22* (p.18), por: Gardner Denver Compressor Division, 2015.

**Figura 37**

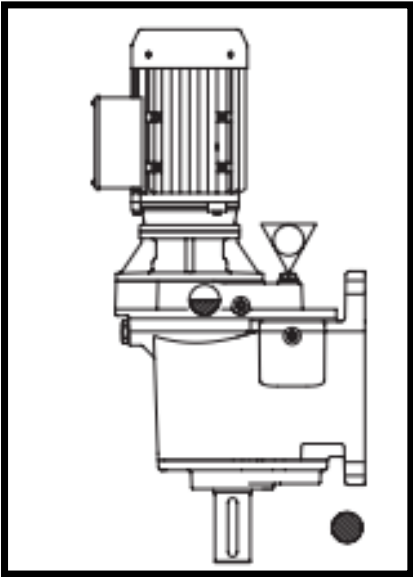
*Modos de fallo COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Suministro de aire comprimido	AC-CT-03	COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	Presión de descarga bajo el valor requerido	Desgaste de tornillos	Verificación mensual de presión	7	5	7	245
			Apagado por temperatura elevada	Nivel de aceite bajo	Revisión trimestral de nivel	8	4	7	224
				Malla de ingreso de aire taponada	Ninguna	8	6	8	384
				Radiador Saturado	Limpieza exterior semanal	7	5	7	245
				Válvula termostática defectuosa	Ninguna	8	6	7	384
			Desacoplamiento del motor	Desgaste de bandas	Revisión de bandas trimestral	8	5	6	240
			Ruido elevado en el motor	Rodamientos del motor defectuosos	Revisión anual de rodamientos (ruido)	7	5	6	210
			El motor del compresor se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente semestral, ajuste de borneras semestral, revisión anual de bobinas	7	6	7	294
<b>NPR ACTUAL COMPRESOR DE TORNILLO NO.3</b>									<b>278</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *User Manual Screw Air Compressor L07-L22* (p.20), por CompAir Drucklufttechnik GmbH, 2007.

**Figura 38**

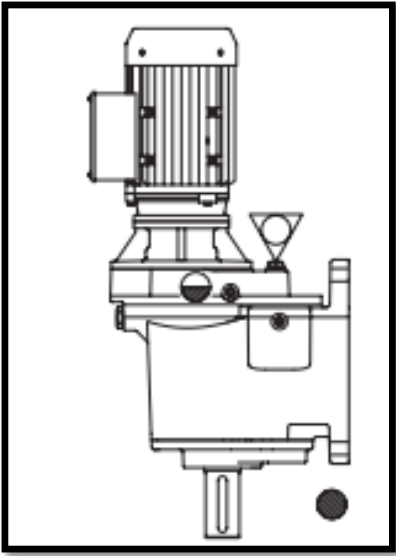
*Modos de fallo AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Almacenamiento producto terminado	TA-AV-V4A	AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	La agitación se detiene	Engranajes averiados por falta de lubricación	Cambio de aceite cada 18 meses	8	6	8	384
				Perdida de acoplamiento	Revisión trimestral de acople	8	5	7	280
			El equipo gira pero no se agita el producto	Aspas rotas o sueltas	Ninguna	8	5	8	320
			Fugas de aceite	Retenedores o empaques deteriorados	Ninguna	7	6	8	336
			Temperatura elevada del equipo	Lubricante en mal estado o nivel bajo	Revisión de nivel de aceite trimestral	7	5	8	280
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de bornas trimestral, revisión de bobinados trimestral	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Revisión de rodamientos (ruido) trimestral	7	6	6	252
<b>NPR ACTUAL AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A</b>									<b>305</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *WARNINGS & CAUTIONS LUBRICATION & INSTALLATION INSTRUCTIONS* (p.R-17), por HUB CITY.

**Figura 39**

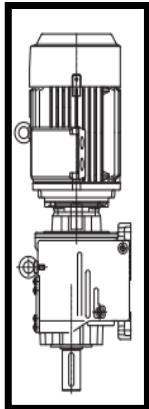
*Modos de fallo AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Almacenamiento producto terminado	TA-AV-V4B	AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	La agitación se detiene	Engranajes averiados por falta de lubricación	Cambio de aceite cada 18 meses	8	6	8	384
				Perdida de acoplamiento	Revisión trimestral de acople	8	5	7	280
			El equipo gira pero no se agita el producto	Aspas rotas o sueltas	Ninguna	8	5	8	320
			Fugas de aceite	Retenedores o empaques deteriorados	Ninguna	7	6	8	336
			Temperatura elevada del equipo	Lubricante en mal estado o nivel bajo	Revisión de nivel de aceite trimestral	7	5	8	280
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral, revisión de bobinados trimestral	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Revisión de rodamientos (ruido) trimestral	7	6	6	252
<b>NPR ACTUAL AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B</b>									<b>305</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *WARNINGS & CAUTIONS LUBRICATION & INSTALLATION INSTRUCTIONS* (p.R-17), por HUB CITY.

**Figura 40**

*Modos de fallo MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
	TA-AV-V4C	MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	La agitación se detiene	Engranajes averiados por falta de lubricación	Cambio de aceite anual	8	5	8	320
				Perdida de acoplamiento	Revisión trimestral de acople	8	5	7	280
			Fugas de aceite	Retenedores o empaques deteriorados	Revisión trimestral de fugas	7	6	8	336
			Temperatura elevada del equipo	Lubricante en mal estado	Cambio anual de aceite	7	5	8	280
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente bimensual, ajuste de borneras trimestral	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Revisión bimensual de rodamientos (ruido)	7	6	6	252
<b>NPR ACTUAL MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C</b>									<b>291</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL FOR GEARBOXES AND VARIATORS* (p.5), por TOS ZNOJMO, 2010.

**Figura 41**

*Modos de fallo AGITATAR TK FORMOL 37% V6A*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
	TA-AV-V6A	AGITATAR TK FORMOL 37% V6A	La agitación se detiene	Engranajes averiados por falta de lubricación	Cambio de aceite anual	8	5	8	320
				Perdida de acoplamiento	Revisión trimestral de acople	8	5	7	280
			Fugas de aceite	Retenedores o empaques deteriorados	Ninguna	7	6	8	336
			Temperatura elevada del equipo	Lubricante en mal estado	Cambio de aceite anual	7	5	8	280
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente bimensual, ajuste de borneras trimestral	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Revisión bimensual de rodamientos (ruido)	7	6	6	252
<b>NPR ACTUAL MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V6A</b>									<b>291</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL FOR GEARBOXES AND VARIATORS* (p.5), por TOS ZNOJMO, 2010.

**Figura 42**

*Modos de fallo AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Estado Actual				
					Acciones preventivas	G	F	D	NPR
Almacenamiento producto terminado	TA-AV-V4E	AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	La agitación se detiene	Rodamientos atascados por falta de lubricación	Lubricación de rodamientos cada 4 meses	7	5	7	245
				Perdida de acoplamiento-bandas	Ninguna	8	5	7	280
			Fugas de producto	Falta de ajuste empaquetadura de prensa estopa	Ninguna	7	6	8	336
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente bimensual, ajuste de borneras trimestral	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados)del motor deteriorados	Revisión de rodamientos y bobinados anual	7	6	5	210
<b>NPR ACTUAL AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E</b>									<b>270</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *HEAVY-DUTY SIDE-ENTRY MIXERS* (p.1), por SPX Flow Technology, 2012.



Se puede evidenciar que cada equipo arroja diferentes valores de NPR para distintos modos de falla, con ciertas excepciones marcadas en aquellos que constituyen equipos de respaldo o se encuentran duplicados y cumplen las mismas funciones dentro de la línea de producción.

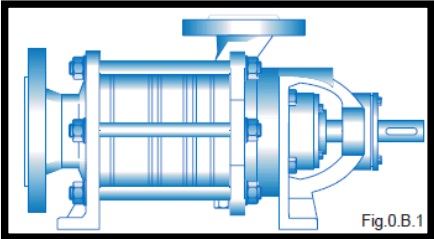
### ***Determinación de acciones***

En base a lo detallado anteriormente, se procedió a plantear acciones sobre aquellos modos de falla que representan un riesgo para la operación continua y segura de la línea de producción.

Con el apoyo del personal de mantenimiento de planta y consultores externos especializados en algunos equipos, se elaboró los formatos que se muestran en las figuras 43 a 67, en las cuales se detallan acciones para cada modo de falla de los equipos rotativos de la línea de producción.

**Figura 43**

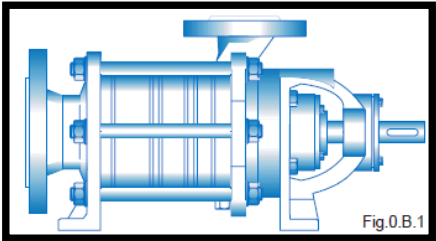
*Acciones propuestas BOMBA METANOL 1/ 140 psi*

Sub-sección de planta/línea	Código Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Alimentación de metanol	AM-BM-01	BOMBA METANOL 1/ 140 psi	La bomba no levanta suficiente presión	Desgaste de impulsores	Verificación diaria de presión en manómetro	Operador de planta	8	4	7	224
 <p>Fig.0.B.1</p>			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento en los impulsores	Revisión y limpieza de filtros de succión anual	Mecánico	8	5	7	280
			La bomba genera ruido o vibración excesiva	Falta de lubricación en rodamientos	Revisión diaria de ruidos anormales	Operador de planta	7	4	4	112
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento por rodamientos averiados	Revisión trimestral de vibraciones	Mecánico	8	4	7	224
			Fugas de metanol por la bomba	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico	Revisión diaria de fugas	Operador de planta	7	6	4	168
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente diaria, ajuste de borneras trimestral	Eléctrico	8	5	7	280
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Mantener lubricación trimestral de rodamientos, revisión/cambio de rodamientos anual	Eléctrico	7	6	5	210
	<b>NPR PROPUESTA BOMBA METANOL 1/ 140 psi</b>									

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CEHA SIDE CHANNEL PUMP OPERATING INSTRUCTIONS* (p.1), por: S.A. Sterling Fluid Systems, 2003.

**Figura 44**

*Acciones propuestas BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2*

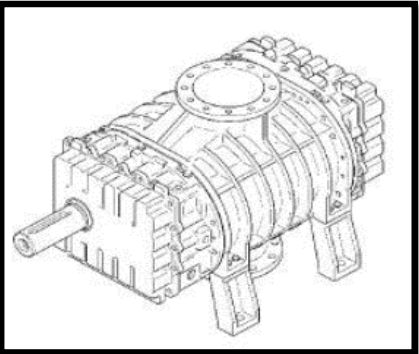
Sub-sección de planta/línea	Código Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Alimentación metanol	AM-BM-02	BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2	La bomba no levanta suficiente presión	Desgaste de impulsores	Verificación diaria de presión en manómetro	Operador de planta	8	4	7	224
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento en los impulsores	Revisión y limpieza de filtros de succión anual	Mecánico	8	5	7	280
			La bomba genera ruido o vibración excesiva	Falta de lubricación en rodamientos	Revisión diaria de ruidos anormales	Operador de planta	7	4	4	112
			La bomba se detiene y no levanta presión	Atascamiento por rodamientos averiados	Revisión trimestral de vibraciones	Mecánico	8	4	7	224
			Fugas de metanol por la bomba	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico	Revisión diaria de fugas	Operador de planta	7	6	4	168
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente diaria, ajuste de borneras trimestral	Eléctrico	8	5	7	280
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Mantener lubricación trimestral de rodamientos, revisión/cambio de rodamientos anual	Eléctrico	7	6	5	210
	<b>NPR PROPUESTA BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2</b>									
<b>214</b>										

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CEHA SIDE CHANNEL PUMP OPERATING INSTRUCTIONS* (p.1), por: S.A. Sterling

Fluid Systems, 2003.

**Figura 45**

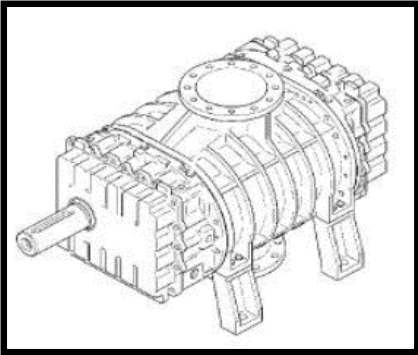
*Acciones propuestas SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Alimentación de aire	AA-SL-01	SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	El soplador se detiene	Atascamiento en lóbulos por partículas extrañas	Limpieza de lóbulos anual	Mecánico	8	5	7	280
			El soplador entrega menor cantidad de aire al proceso	Desgaste de lóbulos	Verificación de presión diaria	Operador de planta	7	4	5	140
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación de presión de succión diaria	Operador de planta	8	6	5	240
			Fugas de lubricante	Retenedores/empaques desgastados	Revisión diaria de fugas y nivel de aceite	Mecánico	7	6	3	126
			El equipo se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corrientes trimestral, ajuste de borneras anual	Eléctrico	8	6	5	240
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación de rodamientos trimestral	Mecánico	6	6	5	180
			El equipo se detiene	Perdida de acoplamiento por ruptura de poleas	Verificación de bandas/poleas y reajuste de prisioneros trimestral	Mecánico	8	5	8	320
			Vibración elevada	Desalineación de poleas o desgaste de canales	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	6	5	210
<b>NPR PROPUESTA SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL</b>										<b>217</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *Installation, assembly and operating instructions for rotary piston blower stage* (p.1), por: AERZENERMASCHINENFABRIK, 2012.

**Figura 46**

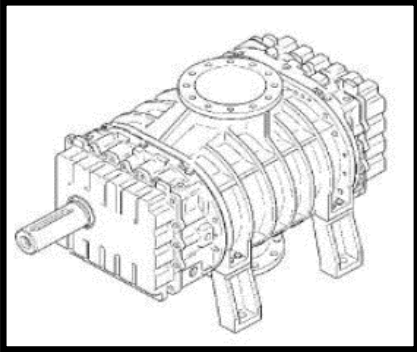
*Acciones propuestas SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Alimentación de aire	AA-SL-02	SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	El soplador se detiene	Atascamiento en lóbulos por partículas extrañas	Limpieza de lóbulos anual	Mecánico	8	5	7	280
			El soplador entrega menor cantidad de aire al proceso	Desgaste de lóbulos	Verificación de presión diaria	Operador de planta	7	4	5	140
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación de presión de succión diaria	Operador de planta	8	6	5	240
			Fugas de lubricante	Retenedores/empaques desgastados	Revisión diaria de fugas y nivel de aceite	Mecánico	7	6	3	126
			El equipo se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corrientes trimestral, ajuste de borneras anual	Eléctrico	8	6	5	240
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación de rodamientos trimestral	Mecánico	6	6	5	180
			El equipo se detiene	Perdida de acoplamiento por ruptura de poleas	Verificación de bandas/poleas y reajuste de prisioneros trimestral	Mecánico	8	5	8	320
			Vibración elevada	Desalineación de poleas o desgaste de canales	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	6	5	210
<b>NPR PROPUESTA SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</b>										<b>217</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *Installation, assembly and operating instructions for rotary piston blower stage* (p.1), por: AERZENERMASCHINENFABRIK, 2012.

**Figura 47**

*Acciones propuestas SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL*

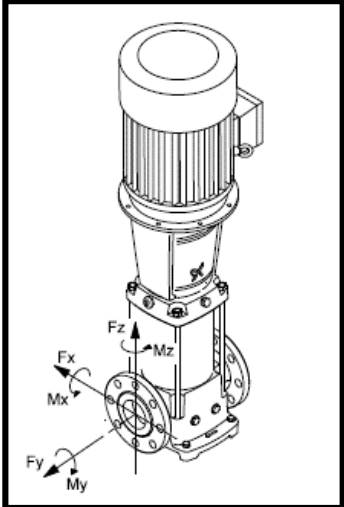
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
	AA-SL-03	SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	El soplador se detiene	Atascamiento en lóbulos por partículas extrañas	Limpieza de lóbulos anual	Mecánico	8	5	7	280
			El soplador entrega menor cantidad de aire al proceso	Desgaste de lóbulos	Verificación de presión diaria	Operador de planta	7	4	5	140
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación de presión de succión diaria	Operador de planta	8	6	5	240
			Fugas de lubricante	Retenedores/empaques desgastados	Revisión diaria de fugas y nivel de aceite	Mecánico	7	6	3	126
			El equipo se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corrientes trimestral, ajuste de borneras anual	Eléctrico	8	6	5	240
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Lubricación de rodamientos trimestral	Mecánico	6	6	5	180
			El equipo se detiene	Perdida de acoplamiento por ruptura de poleas	Verificación de bandas/poleas y reajuste de prisioneros trimestral	Mecánico	8	5	8	320
			Vibración elevada	Desalineación de poleas o desgaste de canales	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	6	5	210
<b>NPR PROPUESTA SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL</b>										
									<b>217</b>	

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *Installation, assembly and operating instructions for rotary piston blower stage* (p.1), por:

AERZENERMASCHINENFABRIK, 2012.

**Figura 48**

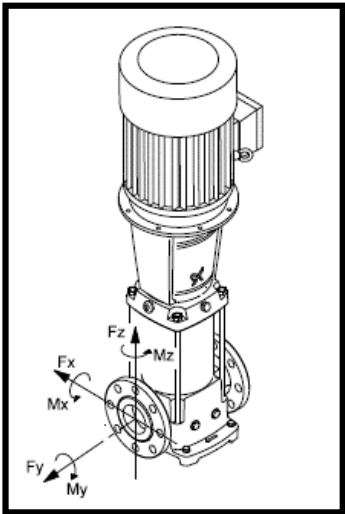
*Acciones propuestas BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Recirculación condensados	RC-BM-01	BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	La bomba no levanta presión requerida	Desgaste de impulsores	Verificación diaria de presión en manómetro de descarga	Operador planta	7	5	6	210
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Revisión y limpieza de impulsores y filtro de succión anual	Mecánico	8	5	7	280
	Vibración elevada		Rodamientos deteriorados (sellados)	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	5	7	245	
			Falta de ajuste pernos de anclaje	Ajuste de pernos de anclaje trimestral	Mecánico	7	4	7	196	
			Desbalanceo	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	5	7	245	
		Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Medición de temperatura diaria, Cambio de rodamientos cada 20000 horas de funcionamiento	Operador planta	7	6	6	252	
		Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas diaria	Operador planta	7	5	7	245	
		El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral	Eléctrico	7	5	8	280	
		Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	6	4	168	
<b>NPR PROPUESTA BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL</b>										
<b>236</b>										

Nota. Imagen del equipo reproducida de CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.

**Figura 49**

*Acciones propuestas BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL*


Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Recirculación condensados	RC-BM-03	BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	La bomba no levanta presión requerida	Desgaste de impulsores	Verificación diaria de presión en manómetro de descarga	Operador planta	7	5	6	210
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Revisión y limpieza de impulsores y filtro de succión anual	Mecánico	8	5	7	280
			Vibración elevada	Rodamientos deteriorados (sellados)	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	5	7	245
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ajuste de pernos de anclaje trimestral	Mecánico	7	4	7	196
				Desbalanceo	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	5	7	245
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Medición de temperatura diaria, Cambio de rodamientos cada 20000 horas de funcionamiento	Operador planta	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas diaria	Operador planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral	Eléctrico	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Inspección de vibraciones trimestral	Mecánico	7	6	4	168
<b>NPR PROPUESTA BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL</b>										<b>236</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento* (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.



**Figura 50**

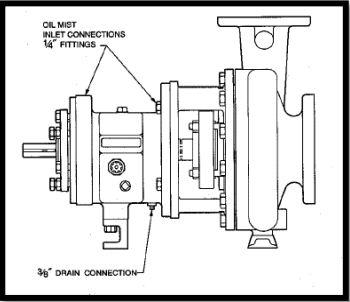
*Acciones propuestas BOMBA HTF/ 15 psi*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Recirculación de fluido térmico	FT-BC-01	BOMBA HTF/ 15 psi	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor cerrado	Verificación mensual de presión de descarga	Operador de planta	8	5	6	240
		BOMBA HTF/ 15 psi	La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Revisión y limpieza de impulsor anual	Mecánico	8	4	7	224
			Vibración sobre el límite permisible	Rodamientos deteriorados	Mantener lubricación semestral de rodamientos	Mecánico	7	5	8	280
				Desalineación motor-bomba	Mantener lubricación semestral de alineación semestral	Mecánico	7	5	7	245
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ajuste de pernos anclaje semestral	Mecánico	7	5	6	210
				Desbalanceo	Inspección vibracional semestral	Mecánico	7	5	7	245
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (grasa)	Mantener lubricación semestral de rodamientos	Mecánico	7	6	6	252
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión mensual de fugas por sello mecánico	Operador de planta	8	5	8	320
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente y ajuste de bornas semestral, revisión de bobinados anual	Eléctrico	8	5	8	320
				Rodamientos del motor deteriorados	Mantener revisión anual de rodamientos	Mecánico	7	6	5	210
			<b>NPR PROPUESTA BOMBA HTF/ 15 psi</b>							

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *ZTND Operating instructions* (p.1), por: Sterling Fluid Systems BV, 2009.

**Figura 51**

*Acciones propuestas BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2*

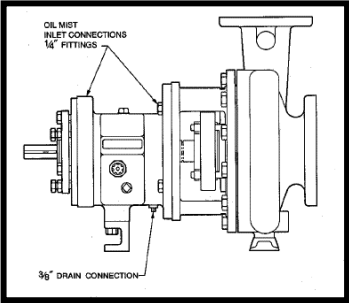
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Recirculación en torres de absorción	AR-BC-P2	BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor semiabierto, pérdida de tolerancia	Verificación de presión de descarga diaria	Operador de planta	8	5	7	280
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Limpieza/reparación de filtro de succión anual	Mecánico	9	5	7	315
			Vibración elevada del equipo	Rodamientos deteriorados	Revisión de aceite diaria	Operador de planta	7	5	6	210
				Desalineación motor-bomba	Verificación de acople y alineación trimestral	Mecánico	7	5	7	245
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Verificar ajuste de pernos de anclaje trimestral	Mecánico	7	5	5	175
				Desbalanceo	Medición y análisis vibracional del conjunto trimestral	Mecánico	7	5	7	245
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (aceite)	Revisión de aceite, medición de temperatura diaria	Operador de planta	7	6	5	210
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas en sello mecánico diaria	Operador de planta	7	5	6	210
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente diaria, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinado	Eléctrico	8	6	6	288
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Revisión/cambio de rodamientos anual	Eléctrico	7	6	7	294
	<b>NPR PROPUESTA BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2</b>									

*Nota. Imagen del equipo reproducida de INSTALACION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD*

*PROCESS PUMP SERIES 8196 (p.37), por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.*

**Figura 52**

*Acciones propuestas BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .*

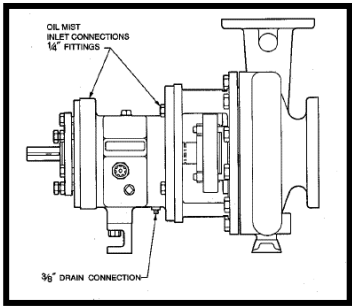
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Recirculación en torres de absorción	AR-BC-P1	BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	La bomba no levanta presión o caudal requerido	Desgaste de impulsor semiabierto, pérdida de tolerancia	Verificación de presión de descarga diaria	Operador de planta	8	5	7	280
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Limpieza/reparación de filtro de succión anual	Mecánico	9	5	7	315
			Vibración elevada del equipo	Rodamientos deteriorados	Revisión de aceite diaria	Operador de planta	7	5	6	210
				Desalineación motor-bomba	Verificación de acople y alineación trimestral	Mecánico	7	5	7	245
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Verificar ajuste de pernos de anclaje trimestral	Mecánico	7	5	5	175
				Desbalanceo	Medición y análisis vibracional del conjunto trimestral	Mecánico	7	5	7	245
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (aceite)	Revisión de aceite, medición de temperatura diaria	Operador de planta	7	6	5	210
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas en sello mecánico diaria	Operador de planta	7	5	6	210
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente diaria, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinado	Eléctrico	8	6	6	288
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Mantener Revisión/cambio anual	Eléctrico	7	6	7	294
	<b>NPR PROPUESTA BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1</b>									

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD*

*PROCESS PUMP SERIES 8196* (p.37), por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.

**Figura 53**

*Acciones propuestas BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0*

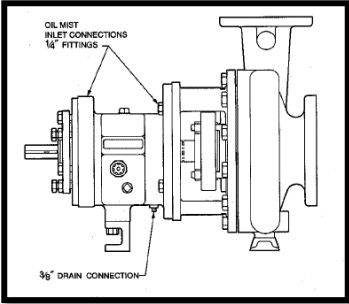
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Recirculación en torres de absorción	AR-BC-P0	BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor semiabierto, pérdida de tolerancia	Verificación de presión de descarga diaria	Operador de planta	8	5	7	280
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Limpieza/reparación de filtro de succión anual	Mecánico	9	5	7	315
			Vibración elevada del equipo	Rodamientos deteriorados	Revisión de aceite diaria	Operador de planta	7	5	6	210
				Desalineación motor-bomba	Verificación de acople y alineación trimestral	Mecánico	7	5	7	245
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Verificar ajuste de pernos de anclaje trimestral	Mecánico	7	5	5	175
				Desbalanceo	Medición y análisis vibracional del conjunto trimestral	Mecánico	7	5	7	245
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (aceite)	Revisión de aceite, medición de temperatura diaria	Operador de planta	7	6	5	210
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas en sello mecánico diaria	Operador de planta	7	5	6	210
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente diaria, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinado	Eléctrico	8	6	6	288
			Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Revisión/cambio de rodamientos anual	Eléctrico	7	6	7	294
<b>NPR PROPUESTA BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0</b>										<b>247</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD*

*PROCESS PUMP SERIES 8196* (p.37), por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.

**Figura 54**

*Acciones propuestas BOMBA FORMOL P5/BACK UP*

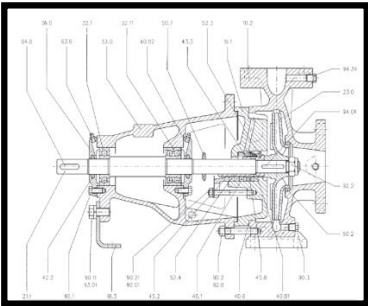
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Modo de fallo	Causa raíz	Propuesta						
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR	
	AB-BC-P5	BOMBA FORMOL P5/BACK UP	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor semiabierto, pérdida de tolerancia	Verificación de presión de descarga trimestral	Operador de planta	7	5	7	245	
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Limpieza/reparación de filtro de succión anual	Mecánico	8	5	7	280	
				Pérdida de acoplamiento	Mantener revisión de acople anual	Mecánico	8	5	7	280	
			Vibración elevada del equipo	Rodamientos deteriorados	Revisión de aceite Trimestral, cambio de aceite anual	Operador de planta	7	5	7	245	
				Desalineación motor-bomba	Mantener verificación de alineación anual	Mecánico	7	6	7	294	
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Revisión/ajuste de pernos anual	Mecánico	7	5	7	245	
			Temperatura elevada en rodamientos	Fugas en sello mecánico	Desbalanceo	Medición y análisis vibracional del conjunto anual	Mecánico	7	6	7	294
					Falta de lubricación (aceite)	Medición de temperatura de aceite Trimestral	Operador de planta	7	6	6	252
			Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas en sello mecánico trimestral	Operador de planta	8	6	6	288		
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras anual, revisión anual de bobinado	Eléctrico	8	5	7	280	
Ruido en rodamientos del motor	Falta de lubricación en rodamientos	Revisión/cambio anual	Eléctrico	8	6	6	288				
<b>NPR PROPUESTA BOMBA FORMOL P5/BACK UP</b>											
									<b>272</b>		

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD*

*PROCESS PUMP SERIES 8196* (p.37), por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.

**Figura 55**

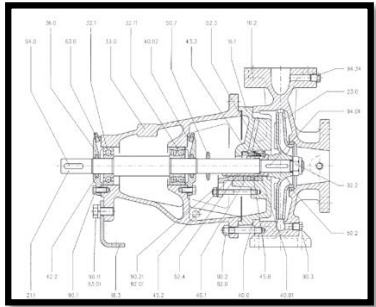
*Acciones propuestas BOMBA RECICLO - P3*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
RECICLO	RE-BC-P3	BOMBA RECICLO - P3	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor cerrado	Verificación diaria de presión de descarga	Operador de planta	8	5	6	240
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Revisión y limpieza anual de impulsor	Mecánico	8	5	7	280
			Vibración elevada	Rodamientos deteriorados	Mantener Lubricación trimestral de rodamientos, Inspección vibracional trimestral	Mecánico	7	6	7	294
				Desalineación motor-bomba	Verificación de acople alineación trimestral	Mecánico	7	5	7	245
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ajuste de pernos anclaje trimestral	Mecánico	7	5	5	175
				Desbalanceo	Inspección vibracional trimestral	Mecánico	7	5	7	245
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (grasa)	Medición de temperatura diaria	Operador de planta	7	6	5	210
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas diaria	Operador de planta	7	5	6	210
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente diaria, ajuste de borneras trimestral, revisión de bobinados anual	Eléctrico	8	5	7	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos del motor deteriorados	Revisión/cambio de rodamientos anual	Eléctrico	7	5	5	175
<b>NPR PROPUESTA BOMBA RECICLO - P3</b>										<b>235</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *HALBERG NOWA Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento* (p.24), por: SIHI pumps Colombia, 2010.

**Figura 56**

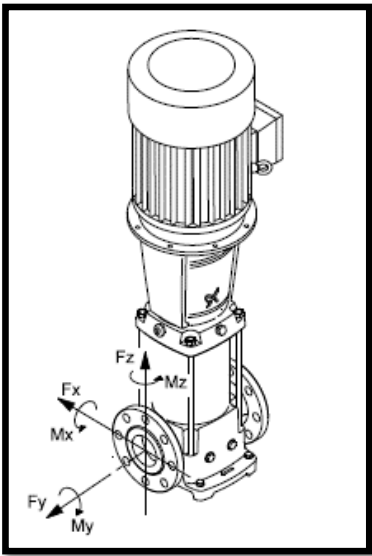
*Acciones propuestas BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
RECICLO	RE-BC-P4	BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	La bomba no levanta presión y caudal requerido	Desgaste de impulsor cerrado	Verificación diaria de presión de descarga	Operador de planta	8	5	6	240
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsor por presencia de sólidos grandes	Revisión y limpieza anual de impulsor	Mecánico	8	5	7	280
			Vibración elevada	Rodamientos deteriorados	Mantener Lubricación trimestral de rodamientos, Inspección vibracional trimestral	Mecánico	7	6	7	294
				Desalineación motor-bomba	Verificación de acople alineación trimestral	Mecánico	7	5	7	245
				Falta de ajuste pernos de anclaje	Ajuste de pernos anclaje trimestral	Mecánico	7	5	5	175
				Desbalanceo	Inspección vibracional trimestral	Mecánico	7	5	7	245
			Temperatura elevada en rodamientos	Falta de lubricación (grasa)	Medición de temperatura diaria	Operador de planta	7	6	5	210
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión de fugas diaria	Operador de planta	7	5	6	210
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente diaria, ajuste de borneras trimestral, revisión de bobinados anual	Eléctrico	8	5	7	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos del motor deteriorados	Revisión/cambio de rodamientos anual	Eléctrico	7	5	5	175
<b>NPR PROPUESTA BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi</b>										<b>235</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *HALBERG NOWA Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento* (p.24), por: SIHI pumps Colombia, 2010.

**Figura 57**

*Acciones propuestas MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1*

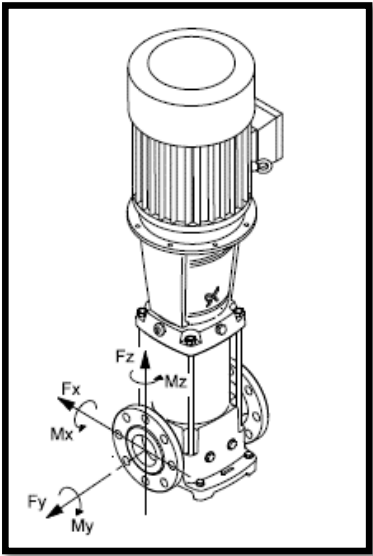
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Adición acurea	DA-BM-01	MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	Caudal de adición bajo	Desgaste de impulsores	Verificación diaria de caudal	Operador de planta	7	4	7	196
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Revisión/limpieza de filtro de succión anual	Mecánico	8	5	8	320
			Vibración sobre el límite permisible	Rodamientos deteriorados (sellados)	Inspección vibracional trimestral, Cambio de rodamientos cada 20000 hrs	Mecánico	8	5	7	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Medición de temperatura de rodamientos diaria	Operador de planta	7	6	5	210
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión diaria de fugas en sello mecánico	Operador de planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente y ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinados	Operador de planta / eléctrico	7	5	7	245
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Cambio de rodamientos cada 20000 hrs, revisión anual	Mecánico	7	5	5	175
<b>NPR PROPUESTA MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1</b>										<b>239</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento* (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.



**Figura 58**

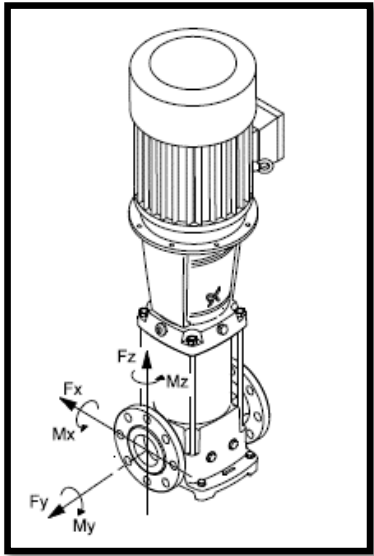
*Acciones propuestas MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Adición acurea	DA-BM-02	MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	Caudal de adición bajo	Desgaste de impulsores	Verificación diaria de caudal	Operador de planta	7	4	7	196
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Revisión/limpieza de filtro de succión anual	Mecánico	8	5	8	320
			Vibración sobre el límite permisible	Rodamientos deteriorados (sellados)	Inspección vibracional trimestral, Cambio de rodamientos cada 20000 hrs	Mecánico	8	5	7	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Medición de temperatura de rodamientos diaria	Operador de planta	7	6	5	210
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión diaria de fugas en sello mecánico	Operador de planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente y ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinados	Operador de planta / eléctrico	7	5	7	245
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Cambio de rodamientos cada 20000 hrs, revisión anual	Mecánico	7	5	5	175
<b>NPR PROPUESTA MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2</b>										<b>239</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento* (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.

**Figura 59**

*Acciones propuestas MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Adición acurea	DA-BM-03	MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	Caudal de adición bajo	Desgaste de impulsores	Verificación diaria de caudal	Operador de planta	7	4	7	196
			La bomba se detiene	Atascamiento de impulsores por presencia de sólidos	Revisión/limpieza de filtro de succión anual	Mecánico	8	5	8	320
			Vibración sobre el límite permisible	Rodamientos deteriorados (sellados)	Inspección vibracional trimestral, Cambio de rodamientos cada 20000 hrs	Mecánico	8	5	7	280
			Temperatura elevada en rodamientos	Rodamientos deteriorados (sellados)	Medición de temperatura de rodamientos diaria	Operador de planta	7	6	5	210
			Fugas en sello mecánico	Flujo de producto a través de caras u o-rings del sello mecánico averiados	Revisión diaria de fugas en sello mecánico	Operador de planta	7	5	7	245
			El motor de la bomba se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente y ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinados	Operador de planta / eléctrico	7	5	7	245
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados)del motor deteriorados	Cambio de rodamientos cada 20000 hrs, revisión anual	Mecánico	7	5	5	175
<b>NPR PROPUESTA MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA</b>										<b>239</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento* (p.8), por: Grundfos Holding A/S, 2012.

**Figura 60**

*Acciones propuestas COMPRESOR DE TORNILLO NO.1*

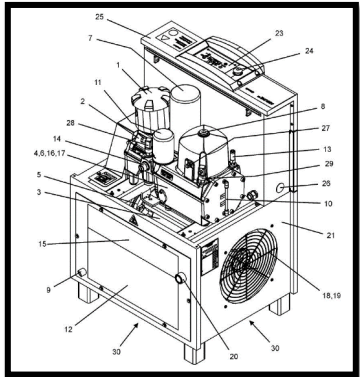
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Suministro de aire comprimido	AC-CT-01	COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	Presión de descarga bajo el valor requerido	Desgaste de tornillos	Verificación de presión semanal	Operador planta	7	5	6	210
			Apagado por temperatura elevada	Nivel de aceite bajo	Revisión de nivel semanal, cambio de aceite trimestral	Operador planta	8	4	6	192
				Malla de ingreso de aire taponada	Revisión/limpieza de malla semanal, desarmado y limpieza completa mensual	Operador planta Mecánico	8	5	7	280
				Radiador Saturado	Mantener limpieza exterior semanal, Limpieza completa mensual	Operador planta Mecánico	8	5	5	200
				Válvula termostática defectuosa	Revisión/cambio anual	Mecánico	8	6	6	288
			Desacoplamiento del motor	Desgaste de bandas	Revisión de bandas quincenal	Mecánico	8	5	5	200
			Ruido elevado en el motor	Rodamientos del motor defectuosos	Mantener revisión anual de rodamientos	Eléctrico	7	5	6	210
			El motor del compresor se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente mensual, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinas	Eléctrico	7	6	6	252
<b>NPR PROPUESTA COMPRESOR DE TORNILLO NO.1</b>										<b>229</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *SERVICE MANUAL Screw Compressor Model: AS 36 / 8 bar* (p.15), por: KAESER

KOMPRESSOREN GmbH, 1999.

**Figura 61**

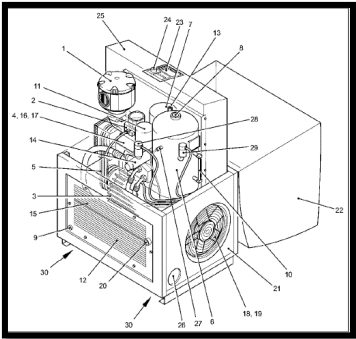
*Acciones propuestas COMPRESOR DE TORNILLO NO.2*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
	AC-CT-02	COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	Presión de descarga bajo el valor requerido	Desgaste de tornillos	Verificación de presión semanal	Operador planta	7	5	6	210
			Apagado por temperatura elevada	Nivel de aceite bajo	Revisión de nivel semanal, cambio de aceite trimestral	Operador planta	8	4	6	192
				Malla de ingreso de aire taponada	Revisión/limpieza de malla semanal, desarmado y limpieza completa mensual	Operador planta Mecánico	8	5	7	280
				Radiador Saturado	Mantener limpieza exterior semanal, Limpieza completa mensual	Operador planta Mecánico	8	5	5	200
				Válvula termostática defectuosa	Revisión/cambio anual	Mecánico	8	6	6	288
			Desacoplamiento del motor	Desgaste de bandas	Revisión de bandas quincenal	Mecánico	8	5	5	200
			Ruido elevado en el motor	Rodamientos del motor defectuosos	Mantener revisión anual de rodamientos	Eléctrico	7	5	6	210
			El motor del compresor se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente mensual, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinas	Eléctrico	7	6	6	252
<b>NPR PROPUESTA MOTO COMPRESOR DE TORNILLO NO.2</b>									<b>229</b>	

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *Original Operating and Service Manual Screw Air Compressor L15 - L22* (p.18), por: Gardner Denver Compressor Division, 2015.

**Figura 62**

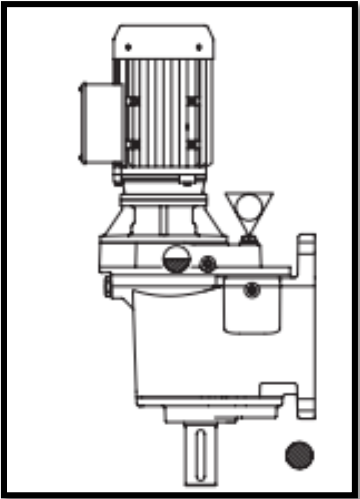
*Acciones propuestas COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Suministro de aire comprimido	AC-CT-03	COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	Presión de descarga bajo el valor requerido	Desgaste de tornillos	Verificación de presión semanal	Operador planta	7	5	6	210
			Apagado por temperatura elevada	Nivel de aceite bajo	Revisión de nivel semanal, cambio de aceite trimestral	Operador planta	8	4	6	192
				Malla de ingreso de aire taponada	Revisión/limpieza de malla semanal, desarmado y limpieza completa mensual	Operador planta Mecánico	8	5	7	280
				Radiador Saturado	Mantener limpieza exterior semanal, Limpieza completa mensual	Operador planta Mecánico	8	5	5	200
				Válvula termostática defectuosa	Revisión/cambio anual	Mecánico	8	6	6	288
			Desacoplamiento del motor	Desgaste de bandas	Revisión de bandas quincenal	Mecánico	8	5	5	200
			Ruido elevado en el motor	Rodamientos del motor defectuosos	Mantener revisión anual de rodamientos	Eléctrico	7	5	6	210
			El motor del compresor se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente mensual, ajuste de borneras trimestral, revisión anual de bobinas	Eléctrico	7	6	6	252
<b>NPR PROPUESTA MOTO COMPRESOR DE TORNILLO NO.3</b>										<b>229</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *User Manual Screw Air Compressor L07-L22* (p.20), por CompAir Drucklufttechnik GmbH, 2007.

**Figura 63**

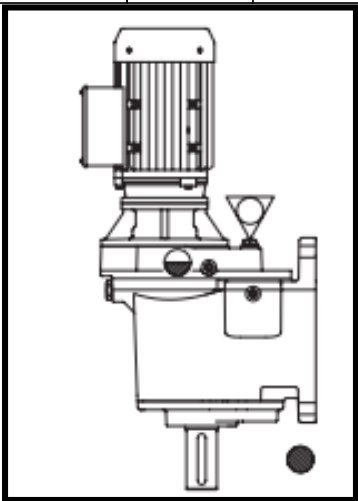
*Acciones propuestas AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Almacenamiento producto terminado	TA-AV-V4A	AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	La agitación se detiene	Engranajes averiados por falta de lubricación	Cambio de aceite anual	Mecánico	8	5	8	320
				Perdida de acoplamiento	Añadir revisión y lubricación de rodamiento agitador trimestral, revisión de aspas anual	Mecánico	8	5	7	280
			El equipo gira pero no se agita el producto	Aspas rotas o sueltas	Revisión/repelación anual de aspas	Mecánico	8	4	7	224
			Fugas de aceite	Retenedores o empaques deteriorados	Revisión diaria de fugas de aceite	Operador de planta	7	6	7	294
			Temperatura elevada del equipo	Lubricante en mal estado o nivel bajo	Revisión diaria de nivel de aceite, Medición de temperatura diaria	Operador de planta	7	5	7	245
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Mantener Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral, revisión de bobinados anual	Eléctrico	7	5	7	245
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados)del motor deteriorados	Inspección vibracional trimestral	Mecánico	7	6	5	210
<b>NPR PROPUESTA AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A</b>										<b>260</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *WARNINGS & CAUTIONS LUBRICATION & INSTALLATION INSTRUCTIONS* (p.R-17), por HUB CITY.

**Figura 64**

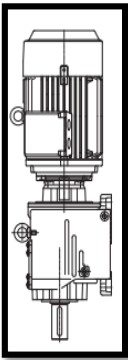
*Acciones propuestas AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Almacenamiento producto terminado	TA-AV-V4B	AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	La agitación se detiene	Engranajes averiados por falta de lubricación	Cambio de aceite anual	Mecánico	8	5	8	320
				Perdida de acoplamiento	Añadir revisión y lubricación de rodamiento agitador trimestral, revisión de aspas anual	Mecánico	8	5	7	280
			El equipo gira pero no se agita el producto	Aspas rotas o sueltas	Revisión/repelación anual de aspas	Mecánico	8	4	7	224
			Fugas de aceite	Retenedores o empaques deteriorados	Revisión diaria de fugas de aceite	Operador de planta	7	6	7	294
			Temperatura elevada del equipo	Lubricante en mal estado o nivel bajo	Revisión diaria de nivel de aceite, Medición de temperatura diaria	Operador de planta	7	5	7	245
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Mantener Medición de corriente trimestral, ajuste de borneras trimestral, revisión de bobinados anual	Eléctrico	7	5	7	245
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Inspección vibracional trimestral	Mecánico	7	6	5	210
<b>NPR PROPUESTA AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B</b>										<b>260</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *WARNINGS & CAUTIONS LUBRICATION & INSTALLATION INSTRUCTIONS* (p.R-17), por HUB CITY.

**Figura 65**

*Acciones propuestas MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C*

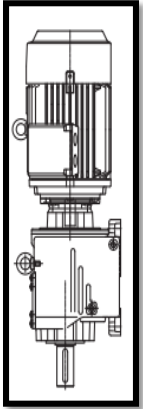
Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta						
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR	
Almacenamiento producto terminado	TA-AV-V4C	MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C		Engranajes averiados por falta de lubricación	Mantener cambio de aceite anual	Mecánico	8	5	8	320	
				La agitación se detiene	Perdida de acoplamiento	Añadir revisión y lubricación de rodamiento agitador trimestral, revisión de aspas anual	Mecánico	8	5	7	280
				Fugas de aceite	Retenedores o empaques deteriorados	Revisión diaria de fugas	Operador de planta	7	6	7	294
				Temperatura elevada del equipo	Lubricante en mal estado	Revisión de temperatura diaria	Operador de planta	7	5	7	245
				El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente y ajuste de borneras trimestral	Eléctrico	7	5	7	245
				Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Inspección vibracional trimestral	Mecánico	7	6	5	210
<b>NPR PROPUESTA AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4C</b>										266	

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL FOR GEARBOXES AND VARIATORS* (p.5), por TOS ZNOJMO, 2010.



**Figura 66**

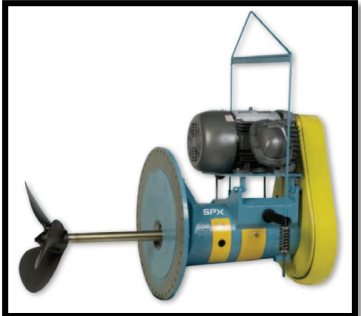
*Acciones propuestas AGITATAR TK FORMOL 37% V6A*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Almacenamiento producto		AGITATAR TK FORMOL 37% V6A		Engranajes averiados por falta de lubricación	Mantener cambio de aceite anual	Mecánico	8	5	8	320
			La agitación se detiene	Perdida de acoplamiento	Añadir revisión y lubricación de rodamiento agitador trimestral, revisión de aspas anual	Mecánico	8	5	7	280
			Fugas de aceite	Retenedores o empaques deteriorados	Revisión diaria de fugas	Operador de planta	7	6	7	294
			Temperatura elevada del equipo	Lubricante en mal estado	Revisión de temperatura diaria	Operador de planta	7	5	7	245
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente y ajuste de borneras trimestral	Eléctrico	7	5	7	245
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados) del motor deteriorados	Inspección vibracional trimestral	Mecánico	7	6	5	210
<b>NPR PROPUESTA AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V6A</b>										266

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL FOR GEARBOXES AND VARIATORS* (p.5), por TOS ZNOJMO, 2010.

**Figura 67**

*Acciones propuestas AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E*

Sub-sección de planta/línea	Equipo	Denominación	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Propuesta					
					Acciones propuestas	RESPONSABLE	G	F	D	NPR
Almacenamiento producto terminado	TA-AV-V4E	AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	La agitación se detiene	Rodamientos atascados por falta de lubricación	Lubricación de rodamientos trimestral	Mecánico	7	4	7	196
				Perdida de acoplamiento-bandas	Revisión/cambio de bandas trimestral	Mecánico	8	5	6	240
			Fugas de producto	Falta de ajuste empaquetadura de prensa estopa	Revisión diaria de fugas, ajuste/empackado de presa estopa trimestral	Mecánico	7	6	7	294
			El motor eléctrico se detiene	Activación de la protección eléctrica del motor	Medición de corriente y ajuste de borneras trimestral	Eléctrico	7	5	8	280
			Ruido en rodamientos del motor	Rodamientos (sellados)del motor deteriorados	Revisión de temperatura diaria, Inspección vibracional trimestral	Operador de planta Mecánico	7	6	4	168
<b>NPR PROPUESTA AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4E</b>										<b>236</b>

*Nota.* Imagen del equipo reproducida de *HEAVY-DUTY SIDE-ENTRY MIXERS* (p.1), por SPX Flow Technology, 2012.

### ***Plan de mantenimiento***

El producto final o entregable de la propuesta consiste en la agrupación de las actividades propuestas en un plan de mantenimiento estructurado que se encuentra conformado por rutas o “gamas” para cada subsección de la línea de producción, dentro de las gamas se encuentran las actividades a realizar para cada equipo, así mismo como el tiempo estimado de ejecución, junto con el personal adecuado y las recomendaciones de seguridad correspondientes.

Previo a la elaboración de las gamas se ha consultado los manuales del fabricante de los equipos rotativos, con el fin de realizar una revisión final y asegurar que no existan aspectos básicos que no se hayan considerado previamente, de la misma manera para verificar la frecuencia de algunas actividades, es por esta razón que pueden presentarse diferencias entre las actividades planteadas en el paso anterior y las que se presentan en el plan de mantenimiento comprendido entre las figuras 68 y 97.

## Gamas diarias

Figura 68

Gama diaria Alimentación de metanol

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	DIARIA	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ALIMENTACIÓN DE METANOL				
OPERARIO:	1 operador de planta 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	10
HERRAMIENTAS:	Pinza amperimétrica				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar equipos de protección adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
EQUIPO	DESCRIPCION			RESULTADO	RANGO NORMAL
BOMBA AM-BM-01	Verificar presión de descarga en manómetro				110-140 psi
	Ausencia de ruidos extraños				Sin ruidos
	Sello mecánico sin fugas				
	Medición de corriente del motor (personal eléctrico)				5,3 amperios
BOMBA AM-BM-02	Verificar presión de descarga en manómetro				110-140 psi
	Ausencia de ruidos extraños				Sin ruidos
	Sello mecánico sin fugas				
	Medición de corriente del motor (personal eléctrico)				5,3 amperios
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 69**

*Gama diaria Alimentación de aire*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	DIARIA	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ALIMENTACIÓN DE AIRE				
OPERARIO:	1 operador de planta				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	10
HERRAMIENTAS:					
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad. Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AA-SL-01	Verificar presión de descarga de aire			500-1000 mbar	
	Ausencia de ruidos extraños				
	Revisar nivel de aceite y fugas			Nivel de aceite en el centro de la regleta, sin fugas	
	Verificación de presión de succión			-45 mbar máximo	
	Revisión de corriente y temperaturas en el panel			270 amperios	
AA-SL-02	Verificar presión de descarga de aire			500-1000 mbar	
	Ausencia de ruidos extraños				
	Revisar nivel de aceite y fugas			Nivel de aceite en el centro de la regleta, sin fugas	
	Verificación de presión de succión			-45 mbar máximo	
	Revisión de corriente y temperaturas en el panel			231 amperios	
AA-SL-03	Verificar presión de descarga de aire			500-1000 mbar	
	Ausencia de ruidos extraños				
	Revisar nivel de aceite y fugas			Nivel de aceite en el centro de la regleta, sin fugas	
	Verificación de presión de succión			-45 mbar máximo	
	Revisión de corriente y temperaturas en el panel			231 amperios	
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 70**

*Gama diaria Recirculación de condensado*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	DIARIA	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:		RECRULACIÓN DE CONDENSADO			
OPERARIO:		1 operador de planta			
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	5
HERRAMIENTAS:		Pirómetro infrarojo			
EPP:		CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA			
<p><b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>                      Partes en movimiento, Verificar guardas de seguridad.                      Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.                      Riesgos electricos, evitar el contacto con cables y conexiones electricas.</p>					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
RC-BM-01	Verificación de presión en manómetro de descarga			200-210 psi	
	Medición de temperatura de rodamientos			Por debajo de 70 grados C	
	Revisión de fugas por sello mecánico			Sello mecánico sin indicios de fuga	
RC-BM-03	Verificación de presión en manómetro de descarga			200-210 psi	
	Medición de temperatura de rodamientos			Por debajo de 70 grados C	
	Revisión de fugas por sello mecánico			Sello mecánico sin indicios de fuga	
OBSERVACIONES:					

**Figura 71**

*Gama diaria Absorción*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	DIARIA	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ABSORCIÓN				
OPERARIO:	1 operador de planta 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	15
HERRAMIENTAS:	Pinza amperimétrica, pirómetro				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Riesgos electricos, evitar el contacto con cables y conexiones electricas.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AR-BC-P2	Verificación de presión de descarga			40-60 PSI	
	Revisión nivel de aceite y fugas			Nivel en el centro de la mirilla, sin fugas	
	Medición de temperatura de rodamientos			Menor a 70 grados C	
	Revisión de fugas en sello mecánico			Sin indicios de fuga	
	Medición de corriente (solicitar apoyo de personal de mtto)			24 amperios	
AR-BC-P1	Verificación de presión de descarga			30-50 PSI	
	Revisión nivel de aceite y fugas			Nivel en el centro de la mirilla, sin fugas	
	Medición de temperatura de rodamientos			Menor a 70 grados C	
	Revisión de fugas en sello mecánico			Sin indicios de fuga	
	Medición de corriente (solicitar apoyo de personal de mtto)			24 amperios	
AR-BC-P0	Verificación de presión de descarga			30-50 PSI	
	Revisión nivel de aceite y fugas			Nivel en el centro de la mirilla, sin fugas	
	Medición de temperatura de rodamientos			Menor a 70 grados C	
	Revisión de fugas en sello mecánico			Sin indicios de fuga	
	Medición de corriente (solicitar apoyo de personal de mtto)			24 amperios	
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 72**

*Gama diaria Reciclo*

<b>GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>FRECUENCIA:</b>	<b>DIARIA</b>	<b>CÓDIGO DE GAMA:</b>	
	<b>EDICION:</b>	1	<b>ESP:</b>	Preventivo	
	<b>FECHA:</b>	25/2/2023	<b>HOJA:</b>	1 de 1	
<b>SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:</b>	RECICLO				
<b>OPERARIO:</b>	1 operador de planta 1 eléctrico				
<b>HORA INICIO:</b>		<b>HORA FIN:</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO (min):</b>	10
<b>HERRAMIENTAS:</b>	Pinza amperimétrica, pirómetro				
<b>EPP:</b>	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Riesgos electricos, evitar el contacto con cables y conexiones electricas.					
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>	
RE-BC-P3	Verificación de presión de descarga			40-50 psi	
	Medición de temperatura de rodamientos			Menor a 70 grados C	
	Revisión de fugas en sello mecánico			Sin indicios de fuga	
	Medición de corriente (personal eléctrico)			22-38 amperios	
RE-BC-P4	Verificación de presión de descarga			50-60 psi	
	Medición de temperatura de rodamientos			Menor a 70 grados C	
	Revisión de fugas en sello mecánico			Sin indicios de fuga	
	Medición de corriente (personal eléctrico)			22-38 amperios	
<b>OBSERVACIONES:</b>					



**Figura 73**

*Gama diaria Adición de acurea/agua*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	DIARIA	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ADICION ACUREA/AGUA				
OPERARIO:	1 operador de planta				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	10
HERRAMIENTAS:	Pirómetro de radiación				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
DA-BM-01	Verificación de caudal entregado				
	Medición de temperatura de rodamientos			Menor a 70 grados C	
	Revisión de fugas en sello mecánico				
DA-BM-02	Verificación de caudal entregado				
	Medición de temperatura de rodamientos			Menor a 70 grados C	
	Revisión de fugas en sello mecánico				
DA-BM-03	Verificación de caudal entregado				
	Medición de temperatura de rodamientos			Menor a 70 grados C	
	Revisión de fugas en sello mecánico				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 74**

*Gama diaria Aire comprimido*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	DIARIA	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	AIRE COMPRIMIDO				
OPERARIO:	1 operador de planta				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	10
HERRAMIENTAS:	Herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AC-CT-01	Verificación de presión			100-116 PSI	
	Revisar nivel de aceite			Nivel dentro de las marcas de referencia	
	Revisión/limpieza de malla de ingreso de aire			Malla sin obstrucciones	
	Limpieza exterior del radiador con aire comprimido			Radiador sin obstrucciones	
	Revisión temperatura			Menor a 110 grados C	
AC-CT-02	Revisar/completar nivel de aceite			Nivel de aceite dentro de referencia	
	Revisión de presión de descarga			100-116 psi	
	Revisión temperatura			Menor a 110 grados C	
	Verificar mensajes de falla en el panel			Panel sin mensajes de falla	
	Revisión/limpieza externa de radiador y ventilador			Ventilador y radiador despejados	
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 75**

*Gama diaria Tanques de almacenamiento*

<b>GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>FRECUENCIA:</b>	<b>DIARIA</b>	<b>CÓDIGO DE GAMA:</b>	
	<b>EDICION:</b>	1	<b>ESP:</b>	Preventivo	
	<b>FECHA:</b>	25/2/2023	<b>HOJA:</b>	1 de 1	
<b>SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:</b>	TANQUES DE ALMACENAMIENTO				
<b>OPERARIO:</b>	1 operador de planta				
<b>HORA INICIO:</b>		<b>HORA FIN:</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO (min):</b>	15
<b>HERRAMIENTAS:</b>	Pirómetro de radiación				
<b>EPP:</b>	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
TA-AV-V4A	Revisión de fugas de aceite				Sin indicios de fuga
	Revisión de temperatura del motoreductor				Menor a 70 grados C
TA-AV-V4B	Revisión de fugas de aceite				Sin indicios de fuga
	Revisión de temperatura del motoreductor				Menor a 70 grados C
TA-AV-V4C	Revisión de fugas de aceite				Sin indicios de fuga
	Revisión de temperatura del motoreductor				Menor a 70 grados C
TA-AV-V6A	Revisión de fugas de aceite				Sin indicios de fuga
	Revisión de temperatura del motoreductor				Menor a 70 grados C
TA-AV-V4E	Revisión de fugas en prensa estopa				
	Revisión de temperatura del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

## Gamas trimestrales

Figura 76

Gama trimestral Alimentación de metanol

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	TRIMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ALIMENTACIÓN DE METANOL				
OPERARIO:	1 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	8
HERRAMIENTAS:	Equipo analizador de vibraciones, pinza amperimétrica, herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energía eléctrica.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
BOMBA AM-BM-01	Revisión y reajuste de acoplamiento motor-bomba			Acople sin grietas y alineado	
	Inspección vibracional			Vibraciones por debajo de 4,5 mm/s	
	Reajuste de borneras del motor				
	Lubricación de rodamientos del motor				
BOMBA AM-BM-02	Revisión y reajuste de acoplamiento motor-bomba			Acople sin grietas y alineado	
	Inspección vibracional			Vibraciones por debajo de 4,5 mm/s	
	Reajuste de borneras del motor				
	Lubricación de rodamientos del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 77**

*Gama trimestral Alimentación de aire*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	TRIMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ALIMENTACIÓN DE AIRE				
OPERARIO:	2 mecánicos 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	12
HERRAMIENTAS:	Equipo alineador de poleas, equipo analizador de vibraciones, pinza amperimétrica, herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energía eléctrica.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AA-SL-01	Lubricación de rodamientos del motor				
	Inspección vibracional del conjunto			Vibración por debajo de 12 mm/s	
	Medición de corrientes			270 amperios	
	Revisión de acoplamiento (poleas y bandas)			Bandas/canales sin desgastes y alineadas	
AA-SL-02	Lubricación de rodamientos del motor				
	Inspección vibracional del conjunto			Vibración por debajo de 12 mm/s	
	Medición de corrientes			231 amperios	
	Revisión de acoplamiento (poleas y bandas)			Bandas/canales sin desgastes y alineadas	
AA-SL-03	Lubricación de rodamientos del motor				
	Inspección vibracional del conjunto			Vibración por debajo de 12 mm/s	
	Medición de corrientes			231 amperios	
	Revisión de acoplamiento (poleas y bandas)			Bandas/canales sin desgastes y alineadas	
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 78**

*Gama trimestral Recirculación de condensado*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	TRIMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	RECRULACIÓN DE CONDENSADO				
OPERARIO (S):	1 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	6
HERRAMIENTAS:	Llaves mixtas, equipo analizador de vibraciones				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energía eléctrica.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
RC-BM-01	Inspección de vibraciones			Por debajo de 4,5 mm/s	
	Ajuste de pernos de anclaje			Pernos de anclaje ajustados	
	Medición de corriente del motor eléctrico				
	Revisión de estado y ajuste del acoplamiento			Acople sin fisuras y ajustado	
RC-BM-03	Inspección de vibraciones			Por debajo de 4,5 mm/s	
	Ajuste de pernos de anclaje			Pernos de anclaje ajustados	
	Medición de corriente del motor eléctrico				
	Revisión de estado y ajuste del acoplamiento			Acople sin fisuras y ajustado	
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 79**

*Gama trimestral Absorción*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	TRIMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ABSORCIÓN				
OPERARIO:	1 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	20
HERRAMIENTAS:	Equipo alineador de ejes, equipo analizador de vibraciones, herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energía eléctrica.					
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
AR-BC-P2	Revisión de acople				Acople sin fisuras
	Verificación de alineación de ejes				Acople alineado
	Revisión y ajuste de pernos de anclaje				Pernos ajustados
	Medición y análisis vibracional del conjunto				Vibración menor a 4,5 mm/s
	Ajuste de borneras				
	Cambio de aceite				
AR-BC-P1	Revisión de acople				Acople sin fisuras
	Verificación de alineación de ejes				Acople alineado
	Revisión y ajuste de pernos de anclaje				Pernos ajustados
	Medición y análisis vibracional del conjunto				Vibración menor a 4,5 mm/s
	Ajuste de borneras				
	Cambio de aceite				
AR-BC-P0	Revisión de acople				Acople sin fisuras
	Verificación de alineación de ejes				Acople alineado
	Revisión y ajuste de pernos de anclaje				Pernos ajustados
	Medición y análisis vibracional del conjunto				Vibración menor a 4,5 mm/s
	Ajuste de borneras				
	Cambio de aceite				
AR-BC-P5	Verificación de presión de descarga				30-60 psi
	Medición de temperatura de aceite				Menor a 70 grados C
	Revisión de fugas en sello mecánico				
	Medición de corrientes del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 80**

*Gama trimestral Reciclo*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	TRIMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	RECICLO				
OPERARIO:	1 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	8
HERRAMIENTAS:	Equipo de alineación, analizador de vibraciones, llaves mixtas				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energía eléctrica.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
RE-BC-P3	Revisión/ajuste de acople			Acople sin fisuras y ajustado	
	Verificación de alineación			Acople alineado	
	Ajuste de pernos de anclaje			Pernos ajustados	
	Inspección vibracional			Por debajo de 4,5 mm/s	
	Ajuste de borneras				
RE-BC-P4	Revisión/ajuste de acople			Acople sin fisuras y ajustado	
	Verificación de alineación			Acople alineado	
	Ajuste de pernos de anclaje			Pernos ajustados	
	Inspección vibracional			Por debajo de 4,5 mm/s	
	Ajuste de borneras				
<b>OBSERVACIONES:</b>					



**Figura 81**

*Gama trimestral Adición de acurea/agua*

<b>GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>FRECUENCIA:</b>	<b>TRIMESTRAL</b>	<b>CÓDIGO DE GAMA:</b>	
	<b>EDICION:</b>	1	<b>ESP:</b>	Preventivo	
	<b>FECHA:</b>	25/2/2023	<b>HOJA:</b>	1 de 1	
<b>SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:</b>	ADICION ACUREA/AGUA				
<b>OPERARIO:</b>	1 mecánico 1 eléctrico				
<b>HORA INICIO:</b>		<b>HORA FIN:</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO (h):</b>	9
<b>HERRAMIENTAS:</b>	Equipo analizador de vibraciones, herramientas manuales				
<b>EPP:</b>	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energía eléctrica.					
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
DA-BM-01	Inspección vibracional del conjunto				Por debajo de 4,5 mm/s
	Revisión y reajuste de acople				
	Ajuste de borneras del motor				
	Medición de corriente del motor				0,5 a 1 amperio
DA-BM-02	Inspección vibracional del conjunto				Por debajo de 4,5 mm/s
	Revisión y reajuste de acople				
	Medición de corriente del motor				0,5 a 1 amperio
	Ajuste de borneras del motor				
DA-BM-03	Inspección vibracional del conjunto				Por debajo de 4,5 mm/s
	Revisión y reajuste de acople				
	Ajuste de borneras del motor				
	Medición de corriente del motor				0,5 a 1 amperio
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 82**

*Gama trimestral Aire comprimido*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	TRIMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	AIRE COMPRIMIDO				
OPERARIO:	1 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	8
HERRAMIENTAS:	Herramientas manuales, pinza amperimétrica				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energía eléctrica.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AC-CT-01	Cambio de aceite				
	Cambio de filtro de aire				
	Medición de corriente del motor			18 amperios	
	Reajuste de borneras del motor				
AC-CT-02	Cambiar filtro de aceite				
	Cambiar filtro de aire				
	Cambiar malla de ingreso de aire				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 83**

*Gama trimestral Tanques almacenamiento*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	TRIMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	TANQUES DE ALMACENAMIENTO				
OPERARIO:	2 mecánicos 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	20
HERRAMIENTAS:	Equipo analizador de vibraciones, herramientas manuales, pinza amperimétrica				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energía eléctrica.					
EQUIPO	DESCRIPCION	RESULTADO	RANGO NORMAL		
TA-AV-V4A	Revisión y engrasado del rodamiento de agitador				
	Revisión, reajuste y engrasado de acople				
	Medición de corriente		3,5 amperios		
	Reajuste de Borneras				
	Inspección vibracional		Menor a 4,5 mm/s		
	Revisar/completar de nivel de aceite		Nivel dentro de la referencia		
TA-AV-V4B	Revisión y engrasado del rodamiento de agitador				
	Revisión, reajuste y engrasado de acople				
	Medición de corriente		3,5 amperios		
	Reajuste de Borneras				
	Inspección vibracional		Menor a 4,5 mm/s		
	Revisar/completar de nivel de aceite		Nivel dentro de la referencia		
TA-AV-V4C	Revisión y reajuste de acople				
	Revisión y lubricación de rodamiento del agitador				
	Medición de corriente y ajuste de borneras		2 amperios		
	Inspección vibracional del motoreductor		Menor a 4,5 mm/s		
	Revisar/completar de nivel de aceite		Nivel dentro de la referencia		
TA-AV-V6A	Revisión y reajuste de acople				
	Revisión y lubricación de rodamiento del agitador				
	Medición de corriente y ajuste de borneras		2 amperios		
	Inspección vibracional del motoreductor		Menor a 4,5 mm/s		
	Revisar/completar de nivel de aceite		Nivel dentro de la referencia		
TA-AV-V4E	Lubricación de rodamientos				
	Revisión/cambio de bandas				
	Ajuste/empacado de presa estopa				
	Medición de corriente y ajuste de borneras		5 amperios		
	Inspección vibracional		Menor a 4,5 mm/s		
<b>OBSERVACIONES:</b>					

## Gamas anuales

**Figura 84**

*Gama anual Alimentación de metanol*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	ANUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICIÓN:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ALIMENTACIÓN DE METANOL				
OPERARIO:	2 mecánicos 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	12
HERRAMIENTAS:	Equipo medidor de aislamiento, herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b> Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad. Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto. Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas. Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AM-BM-01	Revisión y limpieza de filtros de succión			Filtros sin obstrucciones	
	Revisión y limpieza de impulsores/difusores			Impulsores limpios, sin desgaste excesivo	
	Comprobar aislamiento de motor eléctrico				
	Revisión/cambio de rodamientos del motor				
AM-BM-02	Revisión y limpieza de filtros de succión			Filtros sin obstrucciones	
	Revisión y limpieza de impulsores/difusores			Impulsores limpios, sin desgaste excesivo	
	Comprobar aislamiento de motor eléctrico				
	Revisión/cambio de rodamientos del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 85**

*Gama anual Alimentación de aire*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	ANUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ALIMENTACIÓN DE AIRE				
OPERARIO:	2 mecánicos 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO:	24
HERRAMIENTAS:	Herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AA-SL-01	Revisión y limpieza de lóbulos				
	Cambio de aceite				
	Reajuste de borneras del motor				
	Engrasar sistema de sellos al gas				
	Cambio de rodamientos y kit de sellos (20000 horas)				
	Revisar y corregir fugas en conexiones de aire				
	Revisar/cambiar rodamientos del motor				
AA-SL-02	Revisión y limpieza de lóbulos				
	Cambio de aceite				
	Reajuste de borneras del motor				
	Engrasar sistema de sellos al gas				
	Revisar y corregir fugas en conexiones de aire				
	Cambio de rodamientos y kit de sellos (20000 horas)				
	Revisar y corregir fugas en conexiones de aire				
AA-SL-03	Revisión y limpieza de lóbulos				
	Cambio de aceite				
	Reajuste de borneras del motor				
	Engrasar sistema de sellos al gas				
	Revisar y corregir fugas en conexiones de aire				
	Cambio de rodamientos y kit de sellos (20000 horas)				
	Revisar y corregir fugas en conexiones de aire				
Revisar/cambiar rodamientos del motor					
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 86**

*Gama anual Recirculación de condensado*

<b>GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>FRECUENCIA:</b>	<b>ANUAL</b>	<b>CÓDIGO DE GAMA:</b>	
	<b>EDICION:</b>	1	<b>ESP:</b>	Preventivo	
	<b>FECHA:</b>	25/2/2023	<b>HOJA:</b>	1 de 1	
<b>SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:</b>	RECRULACIÓN DE CONDENSADO				
<b>OPERARIO:</b>	2 mecánicos				
<b>HORA INICIO:</b>		<b>HORA FIN:</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO (min):</b>	8
<b>HERRAMIENTAS:</b>	Herramientas manuales				
<b>EPP:</b>	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>	
RC-BM-01	Cambio de rodamientos (20000 horas)				
	Revisión y limpieza de impulsores y filtro de succión				
RC-BM-03	Cambio de rodamientos (20000 horas)				
	Revisión y limpieza de impulsores y filtro de succión				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

## Figura 87

### Gama anual Fluido térmico

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	ANUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	FLUIDO TÉRMICO				
OPERARIO:	2 mecánicos				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	6
HERRAMIENTAS:	Llave mixtas, llaves allen, equipo medidor de aislamiento				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
FT-BC-01	Revisión y limpieza de impulsor				
	Revisión y reparación de aislamiento de bobinas				
	Revisión/cambio de rodamientos del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 88**

*Gama anual Absorción*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	ANUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ABSORCIÓN				
OPERARIO:	2 mecánicos 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	24
HERRAMIENTAS:	Equipo medidor de aislamiento, herramientas manuales, extractores de rodamientos				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AR-BC-P2	Limpieza/repación de filtro de succión				
	Revisión de bobinado del motor				
	Revisión/cambio de rodamientos del motor				
AR-BC-P1	Limpieza/repación de filtro de succión				
	Revisión de bobinado del motor				
	Revisión/cambio de rodamientos del motor				
AR-BC-P0	Limpieza/repación de filtro de succión				
	Revisión de bobinado del motor				
	Revisión/cambio de rodamientos del motor				
AR-BC-P5	Limpieza/repación de filtro de succión				
	Revisión y reajuste de acople				
	Cambio de aceite				
	Verificación de alineación				
	Revisión/ajuste de pernos de anclaje				
	Medición y análisis vibracional del conjunto				
	Revisión de bobinados y rodamientos del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					



**Figura 89**

*Gama anual Reciclo*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	ANUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	RECICLO				
OPERARIO:	2 mecánicos 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	12
HERRAMIENTAS:	Equipo medidor de aislamiento, herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION			RESULTADO	RANGO NORMAL
RE-BC-P3	Revisión y limpieza de impulsor				
	Desmontaje, lavado y engrasado o cambio de rodamientos de la bomba				
	Revisión/cambio de devanados y rodamientos del motor				
RE-BC-P3	Revisión y limpieza de impulsor				
	Desmontaje, lavado y engrasado o cambio de rodamientos de la bomba				
	Revisión/cambio de devanados y rodamientos del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

## Figura 90

### Gama anual Adición acurea/agua

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	ANUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	ADICION ACUREA/AGUA				
OPERARIO:	2 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	15
HERRAMIENTAS:	Llaves mixtas, extractores, equipo medidor de aislamiento				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
DA-BM-01	Revisión/limpieza de filtro de succión				
	Cambio de rodamientos del motor cada 20000 hrs				
	Revisión de bobinados del motor				
DA-BM-02	Revisión/limpieza de filtro de succión				
	Cambio de rodamientos del motor cada 20000 hrs				
	Revisión de bobinados del motor				
DA-BM-03	Revisión/limpieza de filtro de succión				
	Cambio de rodamientos del motor cada 20000 hrs				
	Revisión de bobinados del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 91**

*Gama anual Aire comprimido*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	ANUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	AIRE COMPRIMIDO				
OPERARIO:	2 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	18
HERRAMIENTAS:	Herramientas manuales, equipo medidor de aislamiento, equipo comprobador de instrumentos				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA, GUANTES				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AC-CT-01	Verificar válvula de alivio				
	Reajuste de las conexiones eléctricas				
	Revisión de rodamientos del motor				
	Revisión de bobinados del motor				
AC-CT-02	Verificar/cambiar válvulas solenoides				
	Verificar/reemplazar válvula moduladora de presión				
	Verificar/reemplazar termistores				
	Verificar/reemplazar transductor de presión				
	Verificar/cambiar válvulas de control y regulación de presión				
	Verificar/reemplazar válvula termostática				
AC-CT-03	Verificar/reemplazar mangueras				
	Cambio de aceite				
	Cambio de filtro de aceite				
	Cambiar filtro separador				
	Cambiar filtro de aire				
	Verificar válvula de alivio				
	Revisar/cambiar bandas				
	Ajustar todas las conexiones eléctricas				
	Ajustar pernos y conexiones mecánicas				
Revisar/cambiar malla ingreso de aire					
<b>OBSERVACIONES:</b>					

## Figura 92

### Gama anual Tanques de almacenamiento

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	ANUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	TANQUES DE ALMACENAMIENTO				
OPERARIO:	2 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	54
HERRAMIENTAS:	Equipo medidor de aislamiento, herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
TA-AV-V4A	Cambio de aceite del motoreductor				
	Revisión y reparación anual de aspas				
	Revisión de bobinados del motor				
TA-AV-V4B	Cambio de aceite del motoreductor				
	Revisión y reparación anual de aspas				
	Revisión de bobinados				
TA-AV-V4C	Cambio de aceite del motoreductor				
	Revisión y reparación de aspas				
	Revisión de bobinados del motor				
TA-AV-V6A	Cambio de aceite del motoreductor				
	Revisión y reparación de aspas				
	Revisión de bobinados del motor				
TA-AV-V4E	Revisión y reparación de aspas				
	Revisión de bobinados del motor				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

Otras gamas

Figura 93

Gama quincenal Aire comprimido

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	QUINCENAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	AIRE COMPRIMIDO				
OPERARIO:	1 mecánico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	1
HERRAMIENTAS:	Herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AC-CT-01	Limpieza de filtro de aire				
	Revisión de estado y tensión de bandas				
AC-CT-03	Revisar/completar nivel de aceite			Nivel de aceite dentro de referencia	
	Revisión de presión de descarga			100-115 psi	
	Revisión temperatura			Menor a 110 grados C	
	Verificar mensajes de falla en el panel			Panel sin mensajes de falla	
<b>OBSERVACIONES:</b>					

## Figura 94

### Gama mensual Aire comprimido

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	MENSUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	AIRE COMPRIMIDO				
OPERARIO:	1 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	3
HERRAMIENTAS:	Herramientas manuales, pinza amperimétrica				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
AC-CT-01	Desmontaje y limpieza completa del radiador				
	Desmontaje y limpieza completa/cambio de malla ingreso aire				
	Medición de corriente del motor				20 amperios
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 95**

*Gama semestral Aire comprimido*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	SEMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	AIRE COMPRIMIDO				
OPERARIO:	2 mecánicos				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	8
HERRAMIENTAS:	Herramientas manuales				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
AC-CT-02	Revisión/corrección de fugas de aceite			Equipo sin fugas	
	Cambiar filtro separador				
	Revisar/cambiar válvula antirretorno				
	Revisar/cambiar válvula de admisión				
	Revisar/reemplazar bandas				
	Verificar válvula de alivio				
	Verificar drenaje de condensado				
	Cambio de aceite				
AC-CT-03	Cambiar filtro de aceite				
	Cambio de filtro de aire				
	Limpieza/cambio de malla ingreso de aire				
	Limpieza general				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

**Figura 96**

*Gama mensual Fluido térmico*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	MENSUAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	FLUIDO TÉRMICO				
OPERARIO:	1 operador de planta				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (min):	10
HERRAMIENTAS:	Pirómetro infrarojo				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
FT-BC-01	Verificación de presión de descarga			15-30 PSI	
	Revisión de fugas por sello mecánico			Sello mecánico sin goteos	
<b>OBSERVACIONES:</b>					



**Figura 97**

*Gama semestral Fluido térmico*

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:	SEMESTRAL	CÓDIGO DE GAMA:	
	EDICION:	1	ESP:	Preventivo	
	FECHA:	25/2/2023	HOJA:	1 de 1	
SUB SISTEMA A INSPECCIONAR:	FLUIDO TÉRMICO				
OPERARIO:	1 mecánico 1 eléctrico				
HORA INICIO:		HORA FIN:		TIEMPO ESTIMADO (h):	3
HERRAMIENTAS:	Equipo analizador de vibraciones, llaves mixtas, engrasadora				
EPP:	CASCO, GAFAS, BOTAS DE SEGURIDAD, PROTECCIÓN AUDITIVA				
<b>RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN:</b>					
Partes en movimiento, verificar guardas de seguridad.					
Superficies calientes, utilizar guantes y ropa jean.					
Productos químicos, utilizar epp adicional de acuerdo con MSDS del producto.					
Riesgos eléctricos, evitar el contacto con cables y conexiones eléctricas.					
Realizar/solicitar desconexión y bloqueo de energías.					
EQUIPO	DESCRIPCION		RESULTADO	RANGO NORMAL	
FT-BC-01	Lubricación semestral de rodamientos				
	Inspección vibracional			Por debajo de 4,5 mm/s	
	Ajuste de pernos anclaje				
	Medición de corriente y ajuste de borneras			5,4 amperios	
	Revisión y ajuste de acople semestral				
<b>OBSERVACIONES:</b>					

Estas gamas podrán ser ingresadas en el software SAP de la planta para su ejecución y seguimiento correspondiente, a excepción de las gamas diarias, que se pueden realizar durante todos los días, mientras la planta permanezca operativa, el cronograma propuesto para las demás gamas se detalla en la figura 98.

**Figura 98**

*Cronograma propuesto para implementación de gamas*

CÓDIGO DE EQUIPO	Enero				Febrero				Marzo						Abril			Mayo						Junio					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
AM-BM-01		GT								GA					GT														
AM-BM-02		GT								GA					GT														
AA-SL-01				GT																	GT								
AA-SL-02				GT																	GT								
AA-SL-03				GT																	GT								
RC-BM-01							GT														GT						GA		
RC-BM-03							GT														GT						GA		
FT-BC-01				GM				GM					GM			GM		GS			GM						GM		
AB-BC-P2			GT									GA			GT														
AB-BC-P1			GT									GA			GT														
AB-BC-P0			GT									GA			GT														
AB-BC-P5			GT									GA			GT														
RE-BC-P3		GA					GT														GT								
RE-BC-P4		GA					GT														GT								
DA-BM-01								GT														GT							
DA-BM-02								GT														GT							
DA-BM-03								GT														GT							
AC-CT-01		GM	GQ		GQ	GM	GQ		GQ	GT	GQ	GM	GQ		GQ	GM	GQ		GQ	GM	GQ		GQ	GT	GM		GQ		
AC-CT-02										GT								GS							GT				
AC-CT-03			GQ		GQ		GQ		GQ	GT	GQ		GQ		GS	GQ		GQ		GQ		GQ		GQ	GT	GQ		GQ	
TA-AV-V4A												GT															GT		
TA-AV-V4B												GT															GT		
TA-AV-V4C												GT															GT		
TA-AV-V6A												GT															GT		
TA-AH-V4E												GT															GT		

CÓDIGO DE EQUIPO	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre						
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
AM-BM-01		GT													GT												
AM-BM-02		GT													GT												
AA-SL-01					GT												GT										GA
AA-SL-02					GT												GT										GA
AA-SL-03					GT												GT										GA
RC-BM-01									GT													GT					
RC-BM-03									GT													GT					
FT-BC-01						GM				GM				GM					GM		GS		GM		GA		GM
AB-BC-P2				GT													GT										
AB-BC-P1				GT													GT										
AB-BC-P0				GT													GT										
AB-BC-P5				GT													GT										
RE-BC-P3									GT													GT					
RE-BC-P4									GT													GT					
DA-BM-01										GT							GA								GT		
DA-BM-02										GT							GA								GT		
DA-BM-03										GT							GA								GT		
AC-CT-01		GM	GA	GQ		GQ	GM	GQ		GT	GM		GQ		GM		GQ		GQ	GM	GQ		GT	GM		GQ	
AC-CT-02				GA						GT								GS						GT			
AC-CT-03			GQ	GA	GQ		GQ		GQ	GT	GQ	GS	GQ		GQ		GQ		GQ		GQ		GT	GQ		GQ	
TA-AV-V4A													GT								GA					GT	
TA-AV-V4B													GT								GA					GT	
TA-AV-V4C													GT								GA					GT	
TA-AV-V6A													GT								GA					GT	
TA-AH-V4E													GT								GA					GT	

Nota. GQ=Gama Quincenal; GM=Gama Mensual; GT=Gama Trimestral; GS=Gama Semestral;

GA= Gama anual

## Resultados esperados

La realización del presente estudio se encamina a presentar a la alta directiva de una planta de productos químicos, específicamente a la línea de Formaldehído un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM. Mediante la aplicación de la propuesta con respecto al plan de mantenimiento de la línea objeto de estudio se pretende lograr la reducción del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) en los equipos de mayor criticidad, al proponerse acciones (operaciones de mantenimiento) encaminadas a reducir la frecuencia y mejorar la detectabilidad de los modos de falla que presentaban un valor elevado de NPR en el análisis de fallos y efectos desarrollado para cada equipo integrante de la línea de producción, en la siguiente tabla se detalla la reducción proyectada en el valor de NPR con respecto a la situación inicial.

**Tabla 22**

*Proyección de NPR*

<b>EQUIPO</b>	<b>NPR ACTUAL</b>	<b>NPR PROPUESTA</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	263	214
BOMBA METANOL MULTITAPA METANOL #2	263	214
SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	251	217
SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	251	217
SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	251	217
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	270	236
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	270	236
BOMBA HTF/ 15 psi	272	255
BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	271	247
BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	271	247
BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	271	247
BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2	317	272
BOMBA RECICLO - P3	280	235
BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	280	235
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	284	239
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	284	239
MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	286	240
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	278	229

<b>EQUIPO</b>	<b>NPR ACTUAL</b>	<b>NPR PROPUESTA</b>
COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	278	229
COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	278	229
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	305	260
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	305	260
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	291	266
AGITADOR TK FORMOL 37% V6A	291	266
AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	270	236
<b>NPR EQUIPOS ROTATIVOS</b>	<b>277</b>	<b>239</b>

De acuerdo con los valores proyectados, se puede evidenciar una disminución de 14% en el valor de NPR global de los equipos, lo cual nos indica una reducción de riesgo en los modos de falla analizados, de esta manera se podría contribuir a la continuidad de operación segura de la línea de producción.

Para obtener una proyección de disponibilidad de los equipos rotativos, se volvió a realizar el cálculo para cada equipo considerando las horas correspondientes a la propuesta del plan RCM, los resultados se presentan en la tabla 22.

**Tabla 23**

*Proyección de disponibilidad*

<b>EQUIPO</b>	<b>HORAS DE MANTENIMIENTO PROPUESTA</b>	<b>HORAS TOTALES</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
BOMBA METANOL 1/ 140 psi	353	8640	95,91%
BOMBA METANOL MULTIETAPA METANOL #2	353	8640	95,91%
SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	354	8640	95,90%
SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	354	8640	95,90%
SOPLADOR #3 AERSER/ PLANTA DE FORMOL	354	8640	95,90%
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	348	8640	95,97%

EQUIPO	HORAS DE MANTENIMIENTO PROPUESTA	HORAS TOTALES	DISPONIBILIDAD
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	348	8640	95,97%
BOMBA ABSORCION COLUMNA T2 - P2	354	8640	95,90%
BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .	354	8640	95,90%
BOMBA PRODUCTO FINAL A TANQUES - P0	354	8640	95,90%
BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2	354	8640	95,90%
BOMBA RECICLO - P3	353	8640	95,91%
BOMBA RECICLO - P4/ 60 psi	353	8640	95,91%
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	352	8640	95,93%
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 2	352	8640	95,93%
MOTO BOMBA DOSIFICADORA SOLUCION AGUA	352	8640	95,93%
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	401	8640	95,36%
COMPRESOR DE TORNILLO NO.2	357	8640	95,87%
COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL	371	8640	95,71%
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A	362	8640	95,81%
AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4B	362	8640	95,81%
MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C	356	8640	95,88%
AGITATAR TK FORMOL 37% V6A	356	8640	95,88%
AGITADOR TK ALMACENAMIENTO UFC / V4E	356	8640	95,88%
BOMBA HTF/ 15 psi	14	336	95,83%
<b>DISPONIBILIDAD TOTAL PROYECTADA</b>			<b>95,87%</b>

El valor de disponibilidad total que se espera obtener para los equipos rotativos de la línea de producción, luego de la implementación correcta del plan, se encuentra por encima del 95%, que es el valor referencial para ubicar a la instalación como una de alta disponibilidad dentro del sector al cual pertenece.

En cuanto a la gestión de mantenimiento, se realizó nuevamente la evaluación mediante la misma norma COVENIN 2500-93, tomando en cuenta los puntos que serían potenciados con relación a lo planteado en la propuesta del plan de mantenimiento RCM, en la siguiente tabla se detalla los porcentajes obtenidos.

**Tabla 24**

*Proyección evaluación COVENIN 2500-93*

<b>ÁREA</b>	<b>PUNTAJE (%)</b>
I. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	90%
II. ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	80%
III. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	86%
IV. MANTENIMIENTO RUTINARIO	84%
V. MANTENIMIENTO PROGRAMADO	82%
VI. MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	76%
VII. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	82%
VIII. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	72%
IX. MANTENIMIENTO POR AVERÍA	81%
X. PERSONAL DE MANTENIMIENTO	83%
XI. APOYO LOGÍSTICO	90%
XII. RECURSOS	79%
<b>PROMEDIO GESTION DE MANTENIMIENTO</b>	<b>82,0%</b>

Con la implementación adecuada de la propuesta se pretende incrementar los porcentajes de las áreas III, IV, V y VII; que se relacionan de manera directa con la metodología RCM, de este modo sería posible alcanzar un promedio de 82% en la gestión del mantenimiento de la planta productora de Formaldehído, con este porcentaje se alcanzaría la categoría de “competencia”, de acuerdo con los rangos revisados en el capítulo II.

## Análisis de costos

La implementación de la propuesta requiere de una inversión progresiva que se ha proyectado mediante la designación de los valores correspondientes a cada actividad que se pretende agregar al plan de mantenimiento de la línea de producción.

Los valores comprenden dos componentes, la mano de obra que se calcula en base al tiempo estimado que tomará el desarrollo de cada actividad considerando la frecuencia establecida en el periodo de un año, multiplicado por el valor de 5.47 USD por cada hora de trabajo, que ha sido calculado mediante la tabla 46, que considera además del sueldo que percibe el empleado, otros rubros como fondos de reserva, décimos, aporte al seguro social, etc. que también constituyen una inversión para la organización.

**Tabla 25.**

*Cálculo de valor por hora mano de obra*

<b>RUBRO\EMPLEADO</b>	<b>TÉCNICO DE MANTENIMIENTO</b>
Salario Mínimo Vital (2022)	425,0
Sueldo	625,0
IESS Patronal (11,35%)	70,9
Décimo tercer sueldo	52,1
Décimo cuarto sueldo	35,4
Fondo de reserva	52,1
Vacaciones	26,0
Desahucio	13,0

<b>RUBRO\EMPLEADO</b>	<b>TÉCNICO DE MANTENIMIENTO</b>
Total Mensual	874,6
Horas mes	160
<b>Costo Hora</b>	<b>5,47</b>

*Nota.* Los valores se encuentran en dólares americanos (USD)

A ello se adiciona el valor de repuestos o consumibles en caso de ser requeridos para la actividad. En algunos casos se requiere mano de obra especializada y repuestos específicos, de manera que se ha trabajado con los costos aproximados de la ejecución por parte de proveedores externos de estas actividades puntuales.

Para la materialización de la propuesta se debe realizar una actualización del plan de mantenimiento en el software SAP utilizado por la organización, esto constituye otro costo que se ha determinado considerando el mismo valor/hora calculada en la tabla 24.

Considerando los aspectos mencionados anteriormente, en la siguiente tabla se presentan los costos totales correspondientes a la implementación de la propuesta, proyectados para un periodo de 12 meses.



**Tabla 26.**

*Proyección de costo de implementación de la propuesta*

<b>RUBRO</b>	<b>COSTO (USD)</b>
Mano de obra	3424,22
Repuestos/consumibles	1780
Actualización del plan de mantenimiento en el software	54,66
Socialización/capacitación del personal	150
<b>TOTAL (anual)</b>	<b>5408,88</b>

En la sección de anexos se puede evidenciar la determinación de los costos para la implementación de la propuesta.

La distribución de los valores en relación con el tiempo de implementación se presenta en el siguiente cronograma valorado de actividades, en el cual se ha colocado los rubros correspondientes a cada etapa, obtenidos anteriormente.

**Figura 99***Cronograma valorizado*

ACTIVIDAD	SEMANA 2023							
	Abril				Mayo			...
	1	2	3	4	1	2	3	...
Presentación de la propuesta a jefatura de mantenimiento	0							
Aprobación de las mejoras propuestas		0						
Actualización del plan de mantenimiento de cada equipo en SAP			54,66					
Socialización del nuevo plan con el personal ejecutante/capacitaciones específicas					150			
Puesta en marcha del plan mejorado						5204,22		
<b>COSTO TOTAL (USD)</b>	<b>5408,88</b>							

*Nota.* Los valores se encuentran en USD

## CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La revisión de información y documentación disponible acerca de la ejecución actual del mantenimiento en la línea de producción de Formaldehído permitió determinar el Número de prioridad de riesgo para cada equipo rotativo dentro de la misma, corresponde a un valor promedio de 277, acercándose al rango crítico de 320. De igual manera se procedió a calcular la disponibilidad de equipos rotativos, obteniendo valor total de 93.95%, la cual se encuentra por debajo de la referencia para ingresar en el mejor cuartil correspondiente a este tipo de industria siendo de 95%. Además, mediante la aplicación de la norma COVENIN 2500-93, se realizó la evaluación de la gestión del mantenimiento actual dentro de la línea de producción, ubicándose dentro del rango de entendimiento con un 74,8%; que corresponde a una gestión de mantenimiento básica.
- Se asignaron nuevos códigos a los equipos, mediante un método de codificación significativo, dividiendo a la línea de producción de Formaldehído en diferentes subsecciones, luego se identificó la criticidad en el equipamiento correspondiente al utilizar cuatro (4) matrices de severidad vs. frecuencia, indicando como resultado para 25 equipos analizados que: un 17% de los mismos se clasifican en la categoría A (críticos), 70 % corresponden a categoría B (importantes) y el 13% restante se encuentran dentro de la categoría C (prescindibles). Los resultados obtenidos anteriormente indican una jerarquización del equipamiento acorde a su importancia para garantizar una operación continua de la línea de producción.

- Se elaboró un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM con respecto a la línea de producción de Formaldehído, el cual consta de 4 gamas, las cuales son: diarias, trimestrales, anuales y gamas de frecuencia especial para cada área o subsección. Cada una de ellas con el tiempo determinado para su ejecución. Esta herramienta queda a disposición del departamento de mantenimiento para su implementación, por lo cual se podrá incrementar el porcentaje de disponibilidad de los equipos rotativos, permitiendo ubicar dentro de un mejor cuartil a la organización de mantenimiento. Adicionalmente, mediante la implementación del mismo, la organización podrá mejorar su calificación con respecto a la norma COVENIN 2500-93, que le permitiría ubicarse dentro del rango de “competencia”.

## Recomendaciones

- Para la realización de este tipo de análisis, es importante contar con la participación del personal que opera los equipos, pues son ellos quienes mejor los conocen y son capaces de evidenciar de manera clara las afectaciones que se pueden presentar en la línea de producción en caso de un fallo funcional, esto permitirá realizar una valoración realista del riesgo en cada modo de falla.
- Realizar una evaluación de abastecimiento de stock de los repuestos necesarios para la implementación de la propuesta, de manera que se pueda garantizar la disponibilidad de los mismos y/o suministros para la ejecución de las actividades propuestas dentro del plazo establecido. Principalmente para en los casos de insumos específicos que no se puedan adquirir en el país.
- La efectividad de las acciones planteadas en la propuesta deberá ser evaluada anualmente a partir del inicio de la implementación de la misma, para de esta forma confirmar que se están realizando acciones que verdaderamente contribuyen a la disponibilidad de equipos de la línea de producción y proponer nuevas acciones en caso de ser necesario.

## **Bibliografía**

- Acosta Solares, A. P. (2021). Potencialidades de la metodología de superficie respuesta en la optimización experimental en la industria química y alimentaria. *Centro Azúcar*, 123-138.
- AMANDA MCLEMAN, J. S. (2021). The maintenance function, like manufacturing itself, is a rapidly changing environment. *Plant Engineering*.
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. (2022). Evolución de la Balanza Comercial por Productos.
- Carrasco, F. J. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial (Vol. 1)*. Valencia: OmniaScience.
- Chaparro, D., Ochoa, G., y Henríquez, L. (2014). Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo. *Scientia et technica*, 200-208.
- Cintas, P. G. (1995). *Técnicas para la gestión de la calidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- CompAir Drucklufttechnik GmbH. (2007). User Manual Screw Air Compressor L07-L22. Alemania.
- COVENIN, N. V. (1993). COVENIN 2500-93: Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria. Caracas, Venezuela: FONDONORMA.
- Emerson Process Management. (2003). Mejorando la disponibilidad con la arquitectura de planta digital PlantWeb. Austin, Texas.
- Gallarà, I., y Pontelli, D. (2020). *Mantenimiento industrial*. Córdoba: Jorge Sarmiento Editor - Universitas.
- Gardella González, M. (2011). Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos. Valencia, España: Universitat Politècnica de València.
- Gardner Denver Compressor Division. (2015). Original Operating and Service Manual Screw Air Compressor L15 - L22. USA.

Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Diaz de santos.

González Fernández, F. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid: Editorial Fundación Confemeta.

Grundfos Holding A/S. (2012). CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento.

HUB CITY. (s.f.). WARNINGS & CAUTIONS LUBRICATION & INSTALLATION INSTRUCTIONS. USA.

KAESER KOMPRESSOREN GmbH. (1999). SERVICE MANUAL Screw Compressor Model: AS 36 / 8 bar. Alemania.

OIT. (2021). *OIT inicio, Sectores e industrias, Industrias química*. Web site OIT: <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/chemical-industries/lang--es/index.htm>

Olarte, W., Botero, M., y Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et technica*, 354-356.

S.A. Sterling Fluid Systems. (2003). CEHA SIDE CHANNEL PUMP OPERATING INSTRUCTIONS. Trappes Cedex, Francia.

SIHI pumps Colombia. (2010). HALBERG NOWA Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento. Bogotá, Colombia.

SPX Flow Technology. (2012). HEAVY-DUTY SIDE-ENTRY MIXERS. USA.

Sterling Fluid Systems BV. (2009). ZTND Operating instructions.

Sterling Fluid Systems USA. (1997). INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD PROCESS PUMP SERIES 8196 . USA.

TOS ZNOJMO. (2010). INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL FOR GEARBOXES AND VARIATORS.

- Vaca, W. (2017). ANÁLISIS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA RESINA EN LA EMPRESA INTERQUIMEC SA 2017, EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Vargas-Vargas, I. E.-D.-M. (2017). Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 10-16.
- Velmurugan, R., y Dhingra, T. (2021). *Asset Maintenance Management in Industry*. Springer International Publishing.
- Villamizar, S. (2007). Modelo Gerencial bajo el Enfoque de Servicios para Activos No Industriales. Caso: Superintendencia de Mantenimiento de Instalaciones No Industriales. Gerencia Servicios Logísticos PDVSA–Refinación PLC. Anzoátegui, Venezuela.
- World Health Organization. (1989). *Formaldehyde*. World Health Organization.



## Anexos

### Anexo A

*Análisis de criticidad equipos rotativos planta de formaldehído*



### Anexo B

*Asignación modelo de mantenimiento a los equipos*



## Anexo C

### Pestaña de fallos y modos de fallo

Sub-sección de planta/linea	Equipo	Denominación	Modo de fallo	Causa raíz	Acciones preventivas	Estado Actual			Gravedad	Frecuencia de fallo	
						I	F	D			
Alimentación de aire	AA-SL-01	SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL	El soplador se detiene	Atascamiento en lóbulos por partículas extrañas	Verificación de rotación libre anual	8	5	8	320	Valor 1: Las consecuencias del fallo son despreciables. Ninguna trascendencia para la seguridad y afines, producción y calidad. Eventualmente pueden tener alguna mínima consecuencia para el coste directo del Mantenimiento.	Valor 1: Tasa de fallos: menos de 1 en más de 10 años.
			El soplador entrega menor cantidad de aire al proceso	Desgaste de lóbulos	Verificación de presión trimestral	7	4	8	224	Valor 2 y 3: No hay consecuencias para seguridad y afines, producción y calidad; puede tener alguna consecuencia baja o moderada para los costes directos del mantenimiento.	Valor 2: Tasa de fallos: entre 1 y 3 en más de 10 años.
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Filtro de succión saturado	7	5	7	245	Valor 4, 5 o 6: Los efectos tienen consecuencia importante en los costes directos del mantenimiento y una pequeña influencia adversa en la producción y/o calidad, pudiendo causar paradas cortas no programadas, ciertas mermas o rechazo de calidad. Pueden causar pequeños fallos secundarios ocultos de poca importancia. Ninguna influencia en la seguridad y medio ambiente.	Valor 3: Tasa de fallos: entre 1 y 3 en 10 años.
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Cambio de aceite anual	8	5	7	280	Valor 7 y 8: Importante impacto del efecto de fallo en la producción y/o calidad y/o elevados costes directos de mantenimiento. También se consideran en este rango importantes fallos en cadena ocultos. Se consideran también pequeños o moderados efectos negativos para la seguridad y afines.	Valor 4: Tasa de fallos: entre 1 y 3 en 2 años.
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación de corriente y ajuste de borneras semestral	8	6	6	288	Valor 9 y 10: Se trata de graves consecuencias para seguridad y afines. También entran interrupciones muy costosas por concepto de impacto en la producción y/o calidad.	Valor 5: Tasa de fallos: entre 1 y 3 en 2 años.
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Revisión bimensual de rodamientos	7	6	6	252	Valor 1: No hay ninguna duda de que el fallo será detectado de inmediato, por cualquier persona y sin ambigüedad.	Valor 6: Tasa de fallos: entre 1 y 3 por año.
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación de poleas y reajuste de prisioneros trimestral	8	5	7	280	Valor 2: La detección es prácticamente certera. Probablemente habrá que verla algún técnico u operario especializado.	Valor 7: Tasa de fallos: entre 1 y 3 cada seis meses.
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación de poleas y reajuste de prisioneros trimestral	7	6	7	294	Valor 3, 4, 5: La detección es razonablemente fiable. Hay que aplicar algún método, técnica o instrumento y/o tardar algún tiempo en diagnosticar definitivamente.	Valor 8: Tasa de fallos: entre 1 y 3 cada dos meses.
			El equipo se detiene	Atascamiento de rodamientos por falta de lubricación	Verificación de poleas y reajuste de prisioneros trimestral	7	6	7	294	Valor 6, 7, 8: La detección entraña riesgos de no acertar, se necesitan medios y tiempo relativamente largo para diagnosticar el fallo.	Valor 9: Tasa de fallos: entre 1 y 3 cada semana.
									276		Valor 10: Tasa de fallos: entre 1 y 3 por día.
NPR ACTUAL SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL											
NPR PROPUESTA SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL											

## Anexo D.

### Pestaña de cálculo de costos

EQUIPO	PROPUESTA	COSTOS ANUALES		
		Mano de obra	Repuestos/consumibles	total
BOMBA RECICLO - P4/60 psi	Inspección vibracional trimestral	16,5		16,5
BOMBA CONDENSADOS 1/ PLANTA DE FORMOL	Cambio de rodamientos cada 20000 horas de funcionamiento	66	80	146
BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL	Cambio de rodamientos cada 20000 horas de funcionamiento	66	80	146
COMPRESOR DE TORNILLO NO.1	Cambio de aceite y filtros cada 4000 horas	33	60	93
MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1	Revisión de filtro anual	22	0	22
	Cambio de rodamientos cada 20000 horas	66	60	126

## Anexo E

### Hoja de ruta actual BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	5962 BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL											
GrHRuta	2596 BOMBA DE CONDENSADO #3 NUEVA /P FORMOL ContGrpoHR 1											
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR RODAMIENTOS Y LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR SELLO MECANIO FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR ACOUPLE ALINEACION AJUSTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR ESTADO ACOUPLE Y PRISIONEROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR PRESION DE TRABAJO/150 A 240 PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISAR /SEÑALIZACION DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo F

### Hoja de ruta actual COMPRESOR DE TORNILLO NO.1

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8006 COMPRESOR DE TORNILLO NO.1											
GrHRuta	1095 HOJA DE RUTA COMPRES ContGrpoHR 1											
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR ALINEACION BANDAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		LIMPIAR FILTRO AIRE-RADIADOR/ COMPRESOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR FUNC. PRESOSTATO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR NIVEL ACEITE/ CAMBIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR FUNC. VALVS SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		PRESION DE TRABAJO 125 PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0080			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo G

### Hoja de ruta actual COMPRESOR DE TORNILLO NO.2

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8008	COMPRESOR DE TORNILLO NO.2										
GrHRuta	1097	HOJA DE RUTA COMPRES							ContGrpoHR 1			
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR ALINEACION BANDAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		LIMPIAR FILTRO AIRE-RADIADOR/ COMPRESOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR FUNCIONAMIENTO PRESOSTATO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR NIVEL ACEITE/ CAMBIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR FUNC. VALVS SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		PRESION DE TRABAJO 125 PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0080			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo H

### Hoja de ruta actual BOMBA FORMOL P5/BACK UP

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8041	BOMBA FORMOL P5/BACK UP /JUNTO P2										
GrHRuta	1130	HOJA DE RUTA BOMBA C							ContGrpoHR 1			
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR RODAMIENTOS LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR SELLO MECANICO FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR ACOPLA ALINEACION AJUSTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR NIVEL ACEITE CORREGIR FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR ESTADO CAUCHO Y PRISIONEROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		REVISAR PRESION TRABAJO/IMPULSOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISION DE GUARDAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0080		REVISAR /SEÑALIZACION DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo I

### Hoja de ruta actual COMPRESOR DE TORNILLO NO.3

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento													
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan													
Equipo	8068 COMPRESOR DE TORNILLO NO.3 FORMOL												
GrHRuta	1157 COMPRESOR TORNILLO #											ContGrpoHR	1
Resumen oper.paquetes mant.prev.													
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18	
0010		REVISAR POLEAS Y BANDAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0020		LIMPIAR FILTRO AIRE-RADIADOR/ COMPRESOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0030		REVISAR FUNC. PRESOSTATO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0040		REVISAR NIVEL ACEITE/ CAMBIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0050		REVISAR FUNC. VALVS SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0060		REVISAR PRESION DE TRABAJO 115PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo J

### Hoja de ruta actual SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento													
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan													
Equipo	8481 SOPLADOR #1 AERSER DE FORMOL												
GrHRuta	1625 SOPLADOR #1 AERSER PLATA DE FORMOL											ContGrpoHR	1
Resumen oper.paquetes mant.prev.													
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18	
0010		CHEQUEO / CAMBIO FILTRO AIRE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0020		REVISAR ROTACIÓN LIBRE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0030		REVISAR AJUSTE PERNOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0040		REVISAR ALINEACIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0050		REVISION/CAMBIO RODAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0060		CAMBIAR ACEITE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0070		REVISION/CAMBIO JUNTA EXPANSION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0080		REVISION PRESION SOPLADOR /11.6 PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0090		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo K

### Hoja de ruta actual SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8484	SOPLADOR #2 AERSER/ PLANTA DE FORMOL										
GrHRuta	1630	SOPLADOR #2 AERSER								ContGrpoHR		1
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		CHEQUEO / CAMBIO FILTRO AIRE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR ROTACIÓN LIBRE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR AJUSTE PERNOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR ALINEACIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISION/CAMBIO RODAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		CAMBIAR ACEITE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISION/CAMBIO JUNTA EXPANSION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0080		REVISION PRESION 11.6 PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0090		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo L

### Hoja de ruta actual BOMBA METANOL 1/ 140 psi

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8510	BOMBA METANOL 1/ 140 psi										
GrHRuta	1694	BOMBA METANOL 1								ContGrpoHR		1
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR RODAMIENTOS LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR SELLO MECANICO FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR ACOPLA ALINEACION AJUSTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR ESTADO ACOPLA Y PRISIONEROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR PRESION TRABAJO/IMPLUSOR/ 140 ps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISAR /SEÑALIZACION DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo M

### Hoja de ruta actual AGITADOR TANQUE ALM FORMOL - V4A

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8060	MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4A										
GrHRuta	1149	MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4A								ContGrpoHR 1		
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR RODAMIENTOS DEL REDUCTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR ACOUPLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR/CAMBIAR DE ACEITE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
0040		REVISAR PERNOS DE ANCLAJE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REAJUSTAR BORNERAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		REVISAR MANDOS DE POTENCIA Y CONTROL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISAR AMPERAJE DEL MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0080		REVISAR RODAMIENTOS/BOBINAS MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0090		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo N

### Hoja de ruta actual MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8064	MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQUE V4C										
GrHRuta	1153	MOTO REDUCTOR AGITACIÓN TANQ								ContGrpoHR 1		
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVI/LUBRICAR RODAMIENTOS DEL AGITADOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR MATRIMONIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR RETENEDOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REAJUSTAR BORNERAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR MANDOS DE POTENCIA Y CONTROL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		REVISAR AMPERAJE DEL MOTOR 2 AMP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISAR RODAMIENTOS/BOBINAS MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0080		CAMBIO DE ACEITE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0090		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo O

Hoja de ruta actual BOMBA HTF/ 15 psi

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8517	BOMBA HTF/ 15 psi										
GrHRuta	1702	BOMBA HTF							ContGrpoHR 1			
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR RODAMIENTOS LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR RODAMIENTOS LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR SELLO MECANICO FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR ACOUPLE ALINEACION AJUSTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		PRESION TRABAJO/IMPULSOR/15-30 PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISAR /SEÑALIZACION DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo P

Hoja de ruta actual BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan												
Equipo	8526	BOMBA ABSORCION COLUMNA T1 - P1 .										
GrHRuta	1715	BOMBA ABSORCION COLU							ContGrpoHR 1			
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR RODAMIENTOS LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR SELLO MECANICO FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR ACOUPLE ALINEACION AJUSTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR NIVEL ACEITE CORREGIR FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR ESTADO CAUCHO Y PRISIONEROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		REVISAR PRESION TRABAJO// 30-50 PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta



## Anexo Q

### Hoja de ruta actual BOMBA RECICLO - P3

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Equipo	8532	BOMBA RECICLO - P3										
GrHRuta	1721	BOMBA RECICLO - P3							ContGrpoHR 1			
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REVISAR RODAMIENTOS LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR SELLO MECANICO FUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR ACOPLA ALINEACION AJUSTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR ESTADO CAUCHO Y PRISIONEROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR PRESION TRABAJO/40 PSI A 50PSI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0060		REVISION DE LAS GUARDAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0070		REVISAR /SEÑALIZACION DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo R

### Hoja de ruta actual MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento												
Equipo	8538	MOTO BOMBA DOSIFICADORA ACUREA 1										
GrHRuta	1727	MOTO BOMBA DOSIFICAD							ContGrpoHR 1			
Resumen oper.paquetes mant.prev.												
Op.	SOp	Descripción operación	1S	1Q	1M	2M	3M	4M	6M	8M	1A	18
0010		REAJUSTAR BORNERAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020		REVISAR MANDOS DE POTENCIA Y CONTROL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0030		REVISAR AMPERAJE DEL MOTOR 1 amp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040		REVISAR BOBINADOS/RODAMIENTOS MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0050		REVISAR /SEÑALIZACION DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota. Reproducido de Sistema SAP de planta

## Anexo S

### *Recomendaciones del manual BOMBA HTF/ 15 psi*

#### 7.4 Maintenance and inspection

The pump requires only little maintenance.

##### 7.4.1 Bearing with grease lubrication

The antifriction bearing should be lubricated through greese nipples 63.60 at the following intervals:

Pump speed	Lubrication interval
$1450 \leq n \leq 2900$ rpm	2000 operating hours
$n \geq 2900$ rpm	700 operating hours

*Nota.* Reproducido de ZTND Operating instructions, por: Sterling Fluid Systems BV, 2009.

## Anexo T

### *Recomendaciones del manual MOTO REDUCTOR V4C*

#### 8. 1 Inspection and Maintenance Intervals

Interval	Inspection and Maintenance
At least once a month	Visual inspection for cleanliness of the gearbox or variator surface (dust, other impurities)
At least every 6 months	Visual inspection Check noise during operation Check oil level Check temperature rise Fill re-lubrication devices with grease (at gearboxes equipped with with re-lubrication devices)
Every X operation hours or every 24 months	Oil change This interval is to be shortened if gearbox is operating under extreme conditions (high humidity, aggressive environment, extreme temperature changes)
Every 10 years	Complete overhaul This interval is to be shortened if gearbox is operating under extreme conditions (high humidity, aggressive environment, extreme temperature changes)

*Nota.* Reproducido de INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL FOR GEARBOXES AND VARIATORS, por: TOS ZNOJMO, 2010.

## Anexo U

### Recomendaciones del manual AGITADOR V4A

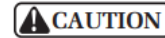


The clear sight glass plug should be installed in the proper oil level hole. The oil level is correct when the surface of the oil is at the center of the plug. When a solid plug is provided for the oil level, the oil level is correct when the surface of the oil is level with the lowest point of the level plug, shown in Figures HI1 & HI2, for the appropriate mounting position.



**CHANGING LUBRICANT** - After the first 100 hours of operation, drain out initial oil, flush out the helical in-line gear case with an approved nonflammable, non-toxic

solvent, such as Lubriplate Syn Flush, Lubriplate Pure Flush, Whitmore's Flushing Oil (#06802030) or Medallion™ Flushing Oil Kosher (#06812010), and refill. Thereafter, oil should be changed at least every 7,500 operating hours (15,000 for synthetic oil lubricant) or every 18 months (36 months for synthetic oil lubricant) – whichever occurs first.



**INPUT BEARING GREASE** – The outer bearing on shaft input models of Helical In-Line Gear Drives is grease lubricated at the factory and sealed with a Nilos Ring for operation in all mounting positions. Pump 3 pumps of grease into the grease zerk after every 3000 hours of operation, to lubricate the bearing and input seal.

*Nota.* Reproducido de **WARNINGS & CAUTIONS LUBRICATION & INSTALLATION**

**INSTRUCTIONS**, por: HUB CITY.

## Anexo V

### Recomendaciones del manual BOMBA RECICLO - P3



- Para fluidos explosivos, tóxicos, calientes, tendentes a cristalizar, etc., hay que evitar cualquier peligro para las personas y/o el medio ambiente.
- Después de vaciar la bomba quedan restos de líquido en la misma; hay que lavar la bomba antes de desmontarla.
- El lugar para el desmontaje o montaje de la bomba tiene que estar limpio.
- Para su transporte, la bomba tiene que estar limpia de cualquier líquido peligroso.

#### 7.4 Mantenimiento e inspección.

La bomba solamente requiere un mantenimiento mínimo. Los rodamientos deben ser lubricados periódicamente.

##### 7.4.1 Lubricación soporte de eje con grasa.

La bomba dispone de un rodamiento rígido de una hilera de bolas en el lado exterior (lado del accionamiento) y un rodamiento de contacto angular de dos hileras de bolas en el lado interior; ambos tipo C3. La lubricación debe realizarse a presión, a través de los engrasadores cónicos previstos en las tapas de rodamiento. (fig. 1).

Tipo	Cantidad grasa [Gramos]		
	∅ Extremo eje [mm]	Rodamiento Interior	Rodamiento Exterior
25	24	8	5
35	32	11	8
45	42	15	12
55	48	27	24

(1) Ver anexo, capítulo 10, indicaciones del tipo de eje.

El exceso de grasa puede producir un calentamiento anormal.

**Intervalos de lubricación:**

Servicio ligero n ≤ 1750 r.p.m.	Servicio medio o duro 1750 < n ≤ 3500 r.p.m.
Cada 4000 horas	Cada 2000 horas
o por los menos cada 12 meses	

Después de 10.000 horas de trabajo continuo o al menos después de dos años en trabajo intermitente, los rodamientos deben ser desmontados, lavados y reengrasados.

En condiciones de funcionamiento muy desfavorables (humedad, polvo o altas temperaturas ambientales) hay que acortar significativamente la periodicidad de los engrases.

Utilice solamente grasa de alta calidad, saponificada a base de litio, antioxidante, libre de resinas y ácidos

*Nota.* Reproducido de **HALBERG NOWA Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento**,

por: SIHI pumps Colombia, 2010.

## Anexo W

### Recomendaciones del manual SOPLADOR #1 AERSER

3 flg. Stufe / blower stage	Maintenance intervals								
<p>We recommend carrying out the maintenance work on the positive displacement machine at the specified intervals. The operating hours represent average operating conditions. The actual service life of the equipment may vary depending on environmental conditions and operating data. If you think this situation applies to you, please contact Aerzener Maschinenfabrik.</p>	After the first 3 op. hrs	After the first 25 op. hrs	After the first 500 op. hrs	Weekly	After every subsequent 2000 op. hours or every 3 months	After every subsequent 4000 op. hours or every 6 months	After every subsequent 8000 op. hours or every year	After every subsequent 16,000 op. hours or after every subsequent 2 years	After every subsequent 20,000 op. hours or after every subsequent 3 years
<p>Check fixing screws and screwed connections Re-tighten once the machine has cooled down, if possible</p>	•								
<p>Starting strainer, if fitted Check; can be removed if dirt is no longer being accumulated</p>			•						
<p>Intake filter (part of the unit) Check level of filter contamination and, if necessary, replace filter cartridge, max. -45 mbar Replace filter cartridge</p>				•	□		•		
<p>Check and clean inlet/exhaust openings (part of the unit) of acoustic hood</p>						•			
<p>V-belts (part of the unit) Check condition; replace if necessary Replace</p>		•				•		•	
<p>Belt pulley alignment (part of the unit) Check; correct if necessary</p>		•						•	
<p>Pressure valve (part of the unit) Check function</p>	•				□	•			
<p>Oil level Check; correct if necessary</p>	•	•		•					
<p>Lubricating oil Replace Replace, with final compression temperatures above 140°C</p>			• •			•	•		
<p>Lubricating grease, only with gas-tight shaft seal Replace Replace if Aerzener special rotary piston oil is used and with a final compression temperature above 140°C Replace if ISO VG 220 is used and the oil has a pronounced dark discolouration</p>			• • •			•	•		
<p>Drive shaft seal (when conveying toxic / inflammable gases) Replace</p>							•		
<p>Non-return valve (part of the unit) Check for wear and leaks, replace if necessary</p>							□	•	
<p>Flexible pipe connection, (part of the unit), if fitted pressure side/suction Check for leaks, replace if necessary</p>								•	

Nota. Reproducido de *Installation, assembly and operating instructions for rotary piston blower stage*, por: AERZENERMASCHINENFABRIK, 2012.

## Anexo X

### *Recomendaciones del manual BOMBA ABSORCION COLUMNA T2-P2*

#### **IV-A. DAILY/WEEKLY ROUTINE INSPECTION AND MAINTENANCE**

- (a) Observe oil level and condition through sight glass or Trico oiler if provided. Oil level should be visible and at the level indicated on the sight glass. Slight foaming under operation is normal. Contaminated oil should be changed immediately.
- (b) Grease lubricated bearings should be re-greased at start-up and approximately every 2000 hours of operation. Refer to Appendix, page 36, for recommended grease manufactures.
- (c) Check mechanical seal chamber for leaks. Mechanical seals should not leak. Visible signs of leakage should be investigated immediately.
- (d) Visually inspect pump and piping for leaks. Inspect all tapped and plugged connections. Check for unusual noise or vibrations. Check for high bearing temperatures.
- (e) Periodically, check foundation bolts, pipe supports and pump to motor alignment.
- (f) If performance deteriorates, refer to troubleshooting, Appendix.

*Nota.* Reporducido de *INSTALATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ANSI STANDARD PROCESS PUMP SERIES 8196*, por: Sterling Fluid Systems USA, 1997.

## Anexo Y

### Recomendaciones del manual BOMBA CONDENSADOS 1

#### 9. Mantenimiento



##### Advertencia

Antes de comenzar a trabajar con la bomba, asegúrese de que el suministro eléctrico esté desconectado y no pueda conectarse accidentalmente.

Los cojinetes y el cierre mecánico de la bomba no precisan mantenimiento.

##### Cojinetes del motor

Los motores sin boquillas de engrase no precisan mantenimiento.

Los motores con boquillas de engrase deben lubricarse empleando grasa de alta temperatura con base de litio. Consulte las instrucciones en la cubierta del ventilador.

En caso de funcionamiento estacional (si el motor permanece inactivo durante más de seis meses al año), se recomienda engrasar el motor al finalizar el período de funcionamiento de la bomba.

Dependiendo de la temperatura ambiente, deberán sustituirse o lubricarse los cojinetes del motor de acuerdo con la tabla siguiente. La tabla es válida para motores de 2 polos. El número de horas de funcionamiento indicado para la sustitución de los cojinetes es orientativo.

Tamaño del motor [kW]	Intervalo de sustitución de los cojinetes [horas de funcionamiento]				
	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
0,37 - 0,75	18000	-	-	-	-
1,1 - 7,5	20000	15500	12500	10000	7500

Tamaño del motor [kW]	Intervalo de lubricación [horas de funcionamiento]				
	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
11 - 18,5	4500	3400	2500	1700	1100
22	4000	3100	2300	1500	1000
30-55	4000	3000	2000	1500	-
75	2000	1500	1000	500	-

Nota. Reproducido de CR, CRI, CRN Instrucciones de instalación y funcionamiento, por:

Grundfos Holding A/S, 2012.