



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA MECÁNICA**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) MEDIANTE  
SOFTWARE PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN  
DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES CON ARMADURA DE LA  
EMPRESA IMPTEK EN LA PLANTA EL INGA”**

**AUTOR: MARCILLO DÍAZ, CAROLINA LIZBETH**

**DIRECTOR: ING. TUMIPAMBA TITUASAN, CESAR EMILIO**

**SANGOLQUÍ**

**2016**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) MEDIANTE SOFTWARE PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES CON ARMADURA DE LA EMPRESA IMPTEK EN LA PLANTA EL INGA” realizado por la señorita MARCILLO DÍAZ CAROLINA LIZBETH, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarle y autorizar a la señorita MARCILLO DÍAZ CAROLINA LIZBETH para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de junio del 2016

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Emilio Tumipamba', is written over a faint blue circular stamp.

Ing. Emilio Tumipamba



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, MARCILLO DÍAZ CAROLINA LIZBETH, con cédula de identidad N° 1719468454, declaro que este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) MEDIANTE SOFTWARE PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES CON ARMADURA DE LA EMPRESA IMPTEK EN LA PLANTA EL INGA” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 15 de junio del 2016

-----  
MARCILLO DÍAZ CAROLINA LIZBETH



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, MARCILLO DÍAZ CAROLINA LIZBETH, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) MEDIANTE SOFTWARE PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES CON ARMADURA DE LA EMPRESA IMPTEK EN LA PLANTA EL INGA” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 15 de junio del 2016

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Carolina Lizbeth Díaz Marcillo', is written over a light blue circular stamp. The signature is fluid and cursive.

-----  
MARCILLO DÍAZ CAROLINA LIZBETH

C.C. 1719468454

## DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios y a la virgen María, por ser la luz, fuerza y la guía en mi camino.

A Francisco, Mónica y Eduardo. Mis ángeles que me han cuidado siempre.

A mis padres Fabián y Edith. Gracias por brindarme todo el amor y paciencia en los peores momentos. Sin ustedes no podría ser lo que soy.

A mis hermanas Lesly y María Gloria. Mis compañeras de vida, mi ejemplo, mis amigas. Ustedes y mis padres serán siempre mi pilar, mi motor, la luz que me motiva a levantarme después de cada caída.

Carolina Lizbeth Marcillo Díaz

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme permitido vivir todo este camino. Por haberme dado la familia que tengo y todas las bendiciones que me da.

A mis padres, por sus sacrificios, la paciencia, comprensión, y dedicación hacia mí. Por guiarme por el camino correcto y confiar en mí en cada decisión tomada. A mis hermanas por no dejarme sola, por sus consejos, por su amor.

A mis abuelitos y demás familiares que siempre se han alegrado con mis logros. Son la mejor escuela que tengo.

A Galo, por haberme acompañado en este camino con paciencia y amor. Por su amistad incondicional y por mostrarme que por más grandes que sean los problemas siempre se puede salir adelante. A mis amigos con quienes he compartido lágrimas de alegría y dolor. Quienes no me dejaron sola ni me han juzgado nunca. Gracias a mis hermanas de corazón, su amistad es una bendición.

Al Ing. Emilio Tumipamba por sus consejos y dedicación para poder culminar con éxito este proyecto. A los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, quienes han inculcado valiosos conocimientos y experiencias que me serán muy útiles en mi vida profesional.

A la empresa IMPTEK, por abrirme las puertas y permitirme culminar este proyecto. Al Ing. Patricio Crespo, Ing. María José Meléndez, Ing. Jaime Noroña y Santiago Estévez. Sus consejos, ayuda, colaboración, conocimientos, han sido un gran aporte para que este proyecto se pueda culminar con éxito.

Carolina Lizbeth Marcillo Díaz

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	ii
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	iii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>RESUMEN</b> .....	xix
<b>ABSTRACT</b> .....	xx
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>GENERALIDADES</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.1.1 Historia de la empresa .....	1
1.1.2 Sistemas de producción en la planta de El Inga. ....	1
1.2 Definición del problema.....	11
1.3 Objetivos .....	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos .....	12
1.4 Alcance .....	13
1.5 Justificación .....	13
1.5.1 Académica .....	14
1.5.2 Técnica.....	14
1.5.3 Económica .....	15

1.5.4 Social y ambiental.....	15
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>16</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 Mantenimiento productivo total .....	16
2.1.1. Objetivos del mantenimiento productivo total.....	16
2.1.2. Pilares del Mantenimiento Productivo Total.....	18
2.1.3. Etapas de la implementación del TPM.....	19
2.1.4. Las seis grandes pérdidas de los equipos .....	22
2.1.5. Mantenimiento autónomo.....	26
2.1.6. Mantenimiento planificado .....	28
2.2 Software .....	31
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>35</b>
<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO Y AUTÓNOMO DE TPM .....</b>	<b>35</b>
3.1. Mantenimiento Planificado.....	35
3.1.1. Localizaciones .....	35
3.1.2. Base de datos de equipos.....	37
3.1.3. Planes de mantenimiento.....	42
3.1.4. Adquisición de horómetros.....	54
3.1.5. Recursos.....	61
3.2. Mantenimiento autónomo.....	62
3.2.1. Registro de anomalías .....	62
3.2.2. Estandarización de actividades de mantenimiento autónomo .....	68
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>74</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO Y AUTÓNOMO .....</b>	<b>74</b>



4.1	Mantenimiento planificado.....	74
4.1.1.	Localizaciones .....	74
4.1.2.	Equipos... ..	76
4.1.3.	Planes de mantenimiento.....	81
4.1.4.	Instalación de horómetros .....	86
4.1.5.	Asociación de equipos con sus planes de mantenimiento .....	87
4.1.6.	Registro de horas .....	89
4.1.7.	Asociación de recursos .....	91
4.1.8.	Capacitación de manejo de software MP9 .....	96
4.1.9.	Ejecución de actividades de mantenimiento planificado .....	96
4.2.	Mantenimiento autónomo.....	98
4.2.1.	Capacitaciones.....	98
4.2.2.	Implementación tarjetas de registros de anomalías .....	103
4.2.3.	Implementación de 5's para el área de herramientas e insumos.....	104
4.2.4.	Inicio de ejecución de actividades de mantenimiento autónomo.....	109
	<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>111</b>
	<b>RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO Y AUTÓNOMO .....</b>	<b>111</b>
5.1	Mantenimiento planificado.....	111
5.1.1	Análisis de horas de trabajo de los equipos .....	111
5.1.2	Actividades realizadas de mantenimiento preventivo .....	113
5.2	Mantenimiento autónomo.....	115
5.2.1	Sistema de registro de anomalías .....	115
5.2.2	Actividades realizadas de mantenimiento autónomo .....	116
	<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>132</b>

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO</b> .....	132
6.1 Análisis financiero .....	132
6.1.1 Costos directos .....	132
6.1.2 Costos indirectos.....	133
6.1.3 Costo total .....	135
6.1.4 Inversión.....	135
6.2 Análisis económico.....	136
6.2.1 Ahorro de gastos por actividades no planificadas para el departamento de mantenimiento... ..	136
6.2.2 Análisis de ahorro por paras de producción.....	139
6.2.3 Análisis de ahorro por ejecución de actividades .....	141
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	176
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	176
7.1 Conclusiones.....	176
7.2 Recomendaciones .....	177
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	179
<b>ANEXOS</b> .....	181

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Horas estimadas de trabajo de los equipos de acuerdo a los meses ....	52
<b>Tabla 2</b>	Horas de los equipos, estimadas de trabajo actualizadas .....	113
<b>Tabla 3</b>	Cantidad de órdenes de trabajo realizadas .....	114
<b>Tabla 4</b>	Costos directos de materiales, insumos y herramientas.....	132
<b>Tabla 5</b>	Costos directos de Mano de Obra .....	133
<b>Tabla 6</b>	Costos Directos Totales.....	133
<b>Tabla 7</b>	Costos de Mano de Obra indirecta .....	134
<b>Tabla 8</b>	Costos Misceláneos.....	134
<b>Tabla 9</b>	Costos Indirectos Totales .....	134
<b>Tabla 10</b>	Costo total del proyecto .....	135
<b>Tabla 11</b>	Inversión total del proyecto por parte de la empresa IMPTEK.....	135
<b>Tabla 12</b>	Análisis de Costos del Departamento de Mantenimiento. Escenario Optimista .....	137
<b>Tabla 13</b>	Análisis de Costos del Departamento de Mantenimiento. Escenario Conservador.....	138
<b>Tabla 14</b>	Costos por paras no programadas de producción .....	139
<b>Tabla 15</b>	Proyecciones de gastos por paras no programadas de producción ...	140
<b>Tabla 16</b>	Información actividad LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS .....	142
<b>Tabla 17</b>	Costos de reposición de rodamientos en Motor de Secador de Láminas .....	142
<b>Tabla 18</b>	Costos de actividad LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS del equipo Motor de Secador de Láminas .....	144
<b>Tabla 19</b>	Costos de Mantenimiento y Reposición de los elementos en dos posibles casos para la actividad de mantenimiento planificado LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS del equipo Motor de Secador de Láminas.....	144
<b>Tabla 20</b>	Cuadro de resumen de actividad LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS de equipo Motor de Secador de Láminas.....	145

<b>Tabla 21</b>	Información actividades MANTENIMIENTO MOTOREDUCTOR DE 6,5 HP del equipo Enrolladora de la Línea de Laminación N°1 .....	146
<b>Tabla 22</b>	Costo de reposición del equipo Motor-reductor de arrastre de rodillos de Enrolladora de la Línea de Laminación N°1. Caso 1 .....	149
<b>Tabla 23</b>	Costo actividades de plan de mantenimiento planificado del equipo Motor-reductor de arrastre de rodillos de Enrolladora de la Línea de Laminación N° 1 .....	150
<b>Tabla 24</b>	Cuadro de resumen de resultados del plan de mantenimiento para el equipo Motor-reductor de rodillo de arrastre de Enrolladora de la Línea de Laminación N° 1. Caso 1 .....	152
<b>Tabla 25</b>	Costo de reposición del equipo Motor-reductor de arrastre de rodillos de Enrolladora de la Línea de Laminación N° 1. Caso 2.....	153
<b>Tabla 26</b>	Cuadro de resumen de resultados del plan de mantenimiento para el equipo Motoreductor de rodillo de arrastre de Enrolladora de la Línea de Laminación N° 1. Caso 2.....	154
<b>Tabla 27</b>	Información sobre actividad de Mantenimiento Autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS de la Línea de Laminación N°1 .....	155
<b>Tabla 28</b>	Costos de reposición de chumaceras en actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS de la Línea de Laminación N°1 .....	156
<b>Tabla 29</b>	Costos de reposición de chumaceras en actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS en la Línea de Laminación N°1 .....	159
<b>Tabla 30</b>	Costos de Mantenimiento y Reposición de los elementos en dos posibles casos para la actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS de la Línea de Laminación N°1 .....	161
<b>Tabla 31</b>	Cuadro de resumen de resultados de actividad LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS en la Línea de Laminación N°1 .	165

<b>Tabla 32</b>	Información sobre actividad de Mantenimiento Autónomo LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES en la Línea de Laminación N°1 .....	167
<b>Tabla 33</b>	Costos de reposición del elemento en actividad LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES en la Línea de Laminación N°1.....	168
<b>Tabla 34</b>	Costos de mantenimiento autónomo para la actividad LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES en la Línea de Laminación N°1.....	169
<b>Tabla 35</b>	Costos de Mantenimiento y Reposición de los elementos en dos posibles casos para la actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN CADENAS Y PIÑONES de la Línea de Laminación N°1.....	170
<b>Tabla 36</b>	Cuadro de resumen de resultados de actividad LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES de la Línea de Laminación N°1.....	171
<b>Tabla 37</b>	Información general sobre actividad de mantenimiento autónomo LIMPIEZA DE FILTRO DE SECADOR DE LÁMINAS de la Línea de Laminación N°1 .....	172
<b>Tabla 38</b>	Costos de reposición en actividad LIMPIEZA DE FILTRO EN SECADOR DE LÁMINAS en la Línea de Laminación N°1 .....	172
<b>Tabla 39</b>	Costos de mantenimiento para la actividad LIMPIEZA DE FILTRO DE SECADOR DE LÁMINAS en la Línea de Laminación N°1 .....	173
<b>Tabla 40</b>	Costos de Mantenimiento y Reposición de los elementos para la actividad de mantenimiento autónomo LIMPIEZA DE FILTRO DE SECADOR DE LÁMINAS de la Línea de Laminación N°1 .....	174
<b>Tabla 41</b>	Resumen de resultados de actividad LIMPIEZA DE FILTRO DE SECADOR DE LÁMINAS de la Línea de Laminación N°1 .....	175

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Sistemas y Líneas de producción de la empresa IMPTEK, planta El Inga	2
<b>Figura 2</b> Planta de potabilización de agua. ....	3
<b>Figura 3</b> Tanques de planta de tratamiento de aguas residuales.....	3
<b>Figura 4</b> Sistema contra incendios .....	4
<b>Figura 5</b> Línea de mezcla en frío.....	4
<b>Figura 6</b> Tanques de almacenamiento aceite térmico y agua para los procesos de producción.....	5
<b>Figura 7</b> Tanques de almacenamiento de asfalto.....	5
<b>Figura 8</b> Caldero Acuo-tubular. ....	6
<b>Figura 9</b> Compresor de tornillo .....	6
<b>Figura 10</b> Compresor de pistón .....	6
<b>Figura 11</b> Área de producción de Metales.....	7
<b>Figura 12</b> Línea de paneles de poliuretano .....	7
<b>Figura 13</b> Silos de Almacenamiento.....	8
<b>Figura 14</b> Tanques de pre-mezclado y mezclado.....	9
<b>Figura 15</b> Distribución Línea de laminación N° 1.....	9
<b>Figura 16</b> Foto Panorámica Línea de Laminación N° 1 .....	10
<b>Figura 17</b> Foto Panorámica Línea de laminación N° 2. ....	11
<b>Figura 18</b> Línea de corte de láminas impermeabilizantes. ....	11
<b>Figura 19</b> Ciclo de vida del equipo. ....	17
<b>Figura 20</b> Comportamiento de los equipos durante su vida útil.....	18
<b>Figura 21</b> Pilares del TPM.....	19
<b>Figura 22</b> Pasos para la implementación del TPM.....	20
<b>Figura 23</b> Seis Grandes Pérdidas del TPM .....	23
<b>Figura 24</b> Cambios en las paradas de producción de acuerdo a técnicas SMED	24
<b>Figura 25</b> Niveles y pasos del Mantenimiento Autónomo.....	27
<b>Figura 26</b> Las 5´S.....	28
<b>Figura 27</b> Clasificación Mantenimiento Planificado .....	29
<b>Figura 28</b> Ventana inicial del software.....	32

<b>Figura 29</b> Menú Principal y Secundario del software .....	33
<b>Figura 30</b> Localizaciones Planta Industrial IMPETK – El Inga.....	36
<b>Figura 31</b> Listado de Información de Equipos IMPETK – El Inga.....	38
<b>Figura 32</b> Análisis de prioridad para los equipos.....	39
<b>Figura 33</b> Tanque de Almacenaje .....	41
<b>Figura 34</b> Motoreductor .....	41
<b>Figura 35</b> Tipos de Equipos de la empresa IMPTEK Planta El Inga .....	42
<b>Figura 36</b> Matriz de Categorización de Maquinaria .....	43
<b>Figura 37</b> Matriz de Categorización de Controlador de Tensiones.....	44
<b>Figura 38</b> Matriz de Categorización de Compensador de Láminas.....	45
<b>Figura 39</b> Matriz de Categorización de Balsa de Impregnación .....	45
<b>Figura 40</b> Matriz de Categorización de Granuladora.....	46
<b>Figura 41</b> Matriz de Categorización de Shock Absorber .....	46
<b>Figura 42</b> Matriz de Categorización de Enrolladora .....	47
<b>Figura 43</b> Matriz de Categorización de Moto-reductor de Granuladora.....	47
<b>Figura 44</b> Matriz de Categorización de Moto-reductor de Castillos de Enfriamiento .....	48
<b>Figura 45</b> Listado de Tipo de Mantenimiento según equipos de la Línea de Laminación N°1 .....	49
<b>Figura 46</b> Listado de equipos que llevarán horómetros.....	58
<b>Figura 47</b> Alternativas de Horómetros.....	59
<b>Figura 48</b> Matriz de Valor .....	60
<b>Figura 49</b> Matriz de Decisión.....	60
<b>Figura 50</b> Horómetro Marca Autonics.....	61
<b>Figura 51</b> Tarjetas de reporte de anomalías.....	63
<b>Figura 52</b> Pizarra para tarjetas de Registro de Anomalías .....	64
<b>Figura 53</b> Formato de seguimiento de anomalías y soluciones .....	66
<b>Figura 54</b> Criterios de Evaluación de Severidad .....	67
<b>Figura 55</b> Criterios de Evaluación de Ocurrencia .....	68

<b>Figura 56</b> Formato de Registro de Mantenimiento Autónomo de Maquinarias y Equipos .....	70
<b>Figura 57</b> Herramientas e Insumos para realizar actividades de Mantenimiento Autónomo.....	72
<b>Figura 58</b> Ingreso de Localizaciones en el Software MP versión 9.8. ....	75
<b>Figura 59</b> Localizaciones ingresadas en el Software MP versión 9.8.....	76
<b>Figura 60</b> Información de equipo Secador de Láminas. ....	77
<b>Figura 61</b> Imagen de la ventana para Agregar un equipo en el software MP.....	78
<b>Figura 62</b> Información del Equipo Secador Línea de Laminación N°1 ingresada. ....	80
<b>Figura 63</b> Información del Equipo Secador Línea de Laminación N°1 ingresada. ....	81
<b>Figura 64</b> Información Plan de Mantenimiento Preventivo de Secador de Láminas.....	82
<b>Figura 65</b> Ventana para Agregar un Plan de Mantenimiento .....	83
<b>Figura 66</b> Pantalla de Plan de Mantenimiento Secador .....	84
<b>Figura 67</b> Ventana de edición de Partes y Actividades de Cada Plan de Mantenimiento.....	85
<b>Figura 68</b> Ventana para agregar las actividades de mantenimiento de cada Parte de los equipos. ....	85
<b>Figura 69</b> Perforación de tablero eléctrico.....	86
<b>Figura 70</b> Instalación de horómetro en Tablero Eléctrico. ....	87
<b>Figura 71</b> Ventana de Asociación de Planes con Equipos .....	88
<b>Figura 72</b> Ventana de Asociación de Cada Equipo con su Respectivo Plan de Mantenimiento.....	89
<b>Figura 73</b> Ventana de Registro de horas de los equipos.....	90
<b>Figura 74</b> Ventana de Actualización de horas por cada equipo .....	90
<b>Figura 75</b> Bitácora de Mantenimiento.....	91
<b>Figura 76</b> Ventana para agregar los datos de personal asignado a actividades de mantenimiento.....	92



<b>Figura 77</b> Ventana para agregar a proveedores responsables de realizar actividades de mantenimiento.....	93
<b>Figura 78</b> Ventana para agregar actividades de proveedores responsables de realizar actividades de mantenimiento .....	93
<b>Figura 79</b> Recursos para mantenimiento de Secador de Láminas.....	94
<b>Figura 80</b> Ventana para asociar/desasociar recursos con cada actividad de mantenimiento de los equipos.....	95
<b>Figura 81</b> Ventana para asignar Recursos.....	95
<b>Figura 82</b> Capacitación de manejo de software MP9 .....	96
<b>Figura 83</b> Ventana con órdenes de trabajo de mantenimiento rutinario (planificado).....	97
<b>Figura 84</b> Capacitación Sobre Introducción de TPM y Mantenimiento Autónomo .....	99
<b>Figura 85</b> Capacitación Sobre Actividades de Mantenimiento Autónomo .....	100
<b>Figura 86</b> Capacitación Teórica Sobre Actividades de Mantenimiento Autónomo .....	101
<b>Figura 87</b> Capacitaciones Prácticas Sobre Actividades de Mantenimiento Autónomo.....	102
<b>Figura 88</b> Capacitaciones Manejo de Registros de Anomalías .....	103
<b>Figura 89</b> Implementación Tarjetas de Registro de Anomalías .....	104
<b>Figura 90</b> Clasificación del área junto a la Línea de Laminación N°1.....	105
<b>Figura 91</b> Organización del área junto a la Línea de Laminación N°1.....	108
<b>Figura 92</b> Limpieza del área junto a la Línea de Laminación N° 1 .....	109
<b>Figura 93</b> Ubicación de Formatos de Mantenimiento de Máquinas y Equipos en La Línea de Laminación N°1 .....	110
<b>Figura 94</b> Órdenes de Trabajo cerradas hasta el 15 de mayo de 2016 .....	114
<b>Figura 95</b> Utilización de la pizarra de Registro de Anomalías .....	115
<b>Figura 96</b> Actividad de Mantenimiento Autónomo. de Lubricación de Chumaceras.....	119

<b>Figura 97</b> Actividad de Mantenimiento Autónomo. Limpieza de motor-reductores .....	120
<b>Figura 98</b> Actividad de Mantenimiento Autónomo. Limpieza estación de frenado .....	121
<b>Figura 99</b> Actividad de Mantenimiento Autónomo. Limpieza balsa de impregnación.....	121
<b>Figura 100</b> Actividad de Mantenimiento Autónomo. Limpieza mesa de empalme .....	122
<b>Figura 101</b> Manguera en malas condiciones, encontrada durante las actividades de Mantenimiento autónomo. ....	123
<b>Figura 102</b> Fuga de aceite en uno de los reductores, encontrada durante una de las actividades de Mantenimiento Autónomo. ....	124
<b>Figura 103</b> Cambios realizados a actividades de Mantenimiento Autónomo. ....	125
<b>Figura 104</b> Limpieza de frenos en Controlador de Tensiones .....	126
<b>Figura 105</b> Revisión del estado de pastillas de frenos de Controlador de Tensiones.....	127
<b>Figura 106</b> Frenos después de limpieza y recubrimiento. ....	128
<b>Figura 107</b> Análisis de condiciones de frenos .....	129
<b>Figura 108</b> Contaminación de los frenos.....	129
<b>Figura 109</b> Bomba de mástico con contaminación acumulada .....	131
<b>Figura 110</b> Gráfico de Costos de Departamento de Mantenimiento. Escenario Optimista .....	138
<b>Figura 111</b> Gráfico de Costos de Departamento de Mantenimiento. Escenario Conservador.....	139
<b>Figura 112</b> Gráfico de Costos por Paras de Producción. ....	140

## RESUMEN

Con el presente proyecto implementa un sistema de gestión de mantenimiento para la empresa IMPTEK – Chova del Ecuador S.A. La misma que debido a su constante crecimiento se ha trasladado a una nueva planta ubicada en El Inga. En esta planta se han implementado nuevas líneas de producción y se cuenta con nuevos equipos. Es por ello que necesita contar con las herramientas correctas para gestionar su mantenimiento. Estas herramientas se basarán en la filosofía japonesa de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Para el desarrollo de este trabajo se recopila información para elaborar una base de datos de los equipos de producción, y para sus planes de mantenimiento preventivo, los mismos que se basarán principalmente en recomendaciones de fabricantes y experiencia de los trabajadores, debido a que la empresa no cuenta con un registro correcto de los mantenimientos llevados a cabo en el pasado. Además, se plantean actividades de Mantenimiento Autónomo que se llevarán a cabo por los operadores. Para que esto se realice de manera exitosa, es necesario que las personas a cargo sepan cómo hacerlas. Es por ello que se capacita al personal sobre las nuevas actividades. Una vez implementado esto se analizan los resultados alcanzados. Con este proyecto se obtienen ahorros para el departamento de mantenimiento y producción por disminución de actividades de mantenimiento correctivo y paras debido a fallos inesperados. Además, se da un primer paso hacia una nueva cultura por parte de los involucrados, ya que se adquiere un pensamiento de cuidado de los equipos y prevención de averías.

### PALABRAS CLAVE:

- **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**
- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**
- **MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**
- **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**
- **FILOSOFÍA JAPONESA**

## **ABSTRACT**

The present project aims to implement a maintenance management system for IMPTEK- Chova del Ecuador S.A. company. The same which, due to its steady growth has moved to a new plant located in El Inga. In this plant new production lines have been implemented, and now counts with new equipment. That is why it needs to count with the correct tools to manage its maintenance. This tools are going to be based in the Japanese philosophy of Total Productive Maintenance (TPM). For the development of this work it is necessary to collect information to create a production equipment database, and for its preventive maintenance plans, the same that are based primarily on recommendations of manufactures and the experience from the workers, because the company doesn't count with an accurate record of maintenance carried out in the past. Moreover, raised Autonomous Maintenance activities to be carried out by operators. For this to be done successfully, it is necessary that the people in charge know how to do this. That's why we train the staff on the new activities. Once implemented the results achieved are analyzed. With this project savings for the maintenance and production department are obtained due to the reduction of corrective maintenance activities and halts because of unexpected failures. Furthermore, it is a first step towards a new culture by those involved, as a thought-care equipment and damage prevention is acquired.

### KEY WORDS:

- **TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE**
- **PREVENTIVE MAINTENANCE**
- **AUTONOMOUS MAINTENANCE**
- **CORRECTIVE MAINTENANCE**
- **JAPANESE PHILOSOPHY**

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

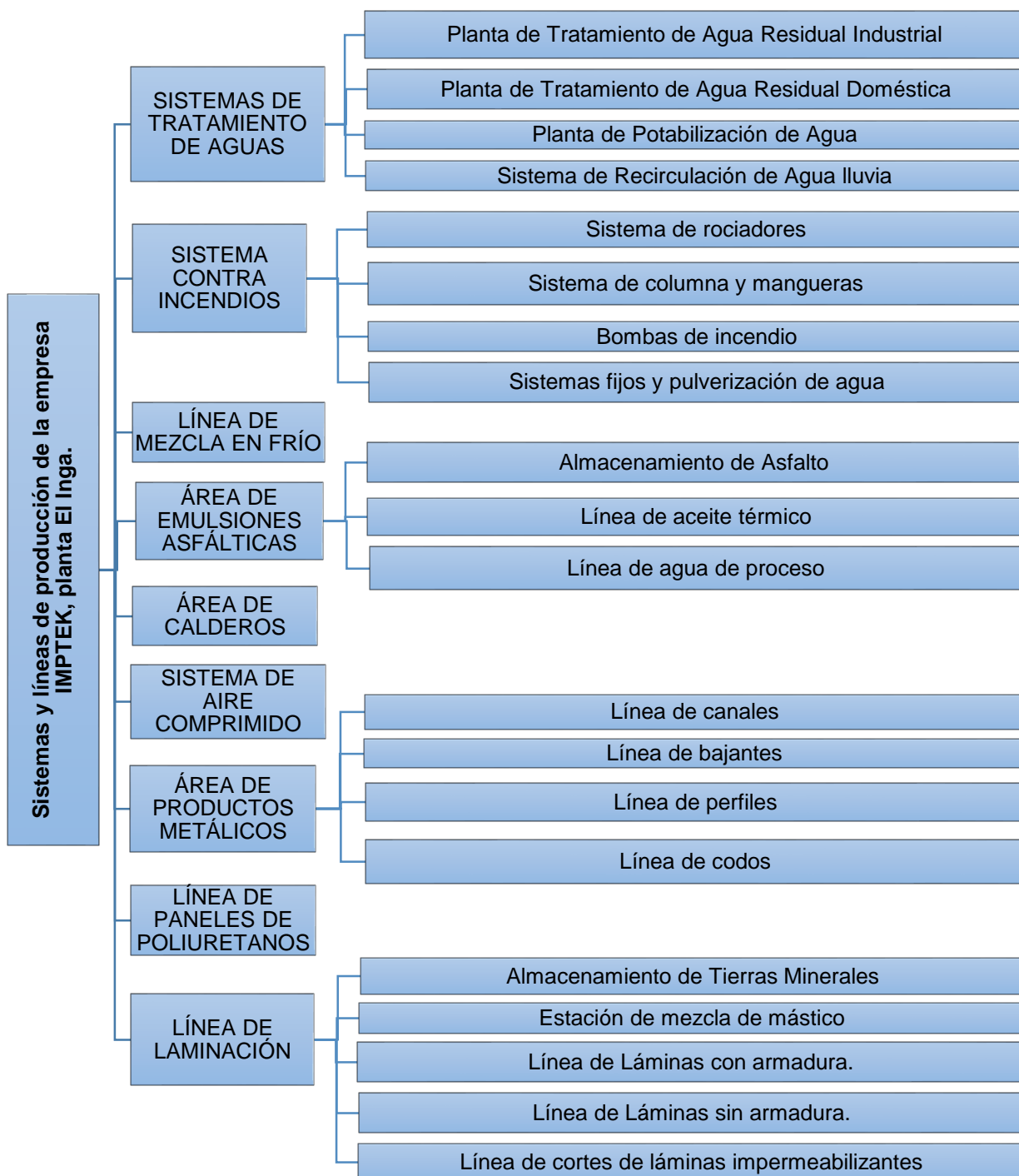
#### **1.1.1 Historia de la empresa**

IMPTEK es una empresa que se dedica a la producción y comercialización de productos para la impermeabilización y construcción de redes viales. Esta empresa se llamaba antiguamente CHOVA del Ecuador S.A, como aún se la conoce popularmente. Actualmente la empresa cuenta con una planta completamente nueva ubicada en El Inga, en la que se han venido implementando nuevas líneas de producción y repotenciando las que anteriormente se ubicaban en la planta ubicada en Cashapamba.

La empresa cambió su nombre de CHOVA del ECUADOR S.A. a IMPTEK en el año 2013, por motivos de marketing y principalmente porque busca expandirse como una multinacional en los próximos años. La empresa como CHOVA del ECUADOR S.A se fundó en 1979 con la finalidad de producir impermeabilizantes, productos que actualmente son muy utilizados en el área de la construcción. Factor que ha contribuido para que desde el año 2008, la empresa experimente un crecimiento considerable en su producción, y ha aumentado notablemente el volumen de sus ventas.

#### **1.1.2 Sistemas de producción en la planta de El Inga.**

A continuación, se da una breve descripción de las líneas y sistemas de producción con los que cuenta IMPTEK en su planta de El Inga.



**Figura 1 Sistemas y Líneas de producción de la empresa IMPTEK, planta El Inga**

## SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

Este sistema de Tratamiento de aguas consta de:

- Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial
- Planta de Tratamiento de Agua Residual Doméstica
- Planta de Potabilización de Agua
- Sistema de Recirculación de Agua Lluvia



**Figura 2 Planta de potabilización de agua.**

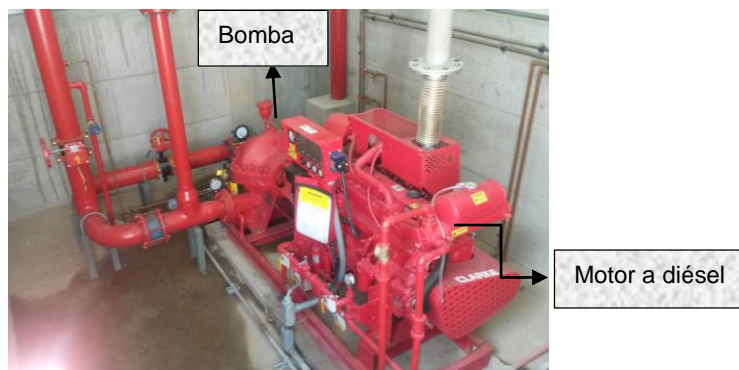


**Figura 3 Tanques de planta de tratamiento de aguas residuales**

## SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Este sistema cuenta principalmente con equipos y accesorios como los que se enlistan a continuación:

- Sistema de rociadores
- Sistema de columna y mangueras
- Bombas de incendio

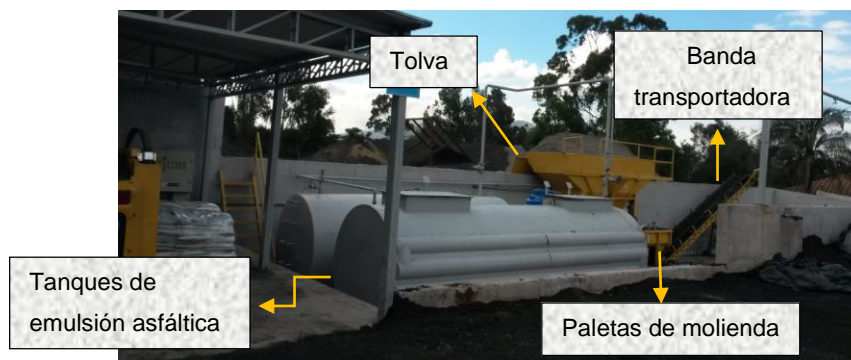


**Figura 4 Sistema contra incendios**

### LÍNEA DE MEZCLA EN FRÍO

Los principales equipos con los que cuenta son:

- Tanques de emulsión
- Mezclador
- Bomba
- Motores



**Figura 5 Línea de mezcla en frío**

### ÁREA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

En esta área se cuenta con tres divisiones, las cuales son:

- Almacenamiento de asfalto
- Línea de aceite térmico



- Línea de agua de proceso.



**Figura 6 Tanques de almacenamiento aceite térmico y agua para los procesos de producción**



**Figura 7 Tanques de almacenamiento de asfalto.**

### ÁREA DE CALDEROS

El asfalto circula a 150°C, para mantener esa condición avanza junto a aceite térmico a lo largo de las tuberías dobles; dicho aceite es calentado en el caldero acuo-tubular (Figura 8).



**Figura 8 Caldero Acuo-tubular.**

### SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

Cuenta con:

- Compresor de tornillo.
- Compresor de pistón.



**Figura 9 Compresor de tornillo**



**Figura 10 Compresor de pistón**

## ÁREA DE PRODUCTOS METÁLICOS

En la producción de metales se tiene las siguientes líneas de producción:

- Línea para conformado de bajantes
- Línea para conformado de perfiles
- Línea para conformado de codos
- Líneas para conformado de canales



**Figura 11 Área de producción de Metales**

## LÍNEA DE PANELES DE POLIURETANO

Es la línea encargada de la fabricación de paneles de poliuretano.



**Figura 12 Línea de paneles de poliuretano**

## LÍNEA DE LAMINACIÓN

### ALMACENAMIENTO DE TIERRAS MINERALES

En esta línea se almacena dos de los principales componentes para la mezcla de asfalto, y estos son:

- Caolín
- Carbonato



**Figura 13 Silos de Almacenamiento.**

### ESTACIÓN DE MEZCLA DE MÁSTICO

La estación consiste en dos áreas:

- Tanques de Pre-mezclado
- Tanques de mezclado

En la primera se añade al asfalto polímeros, que darán ciertas propiedades deseadas para el producto final.

En la segunda se añade al asfalto las tierras minerales y se mantendrá en constante movimiento y a temperatura promedio de 200° C para después ser transportado directamente hacia las dos líneas de producción que trabajan con este material.



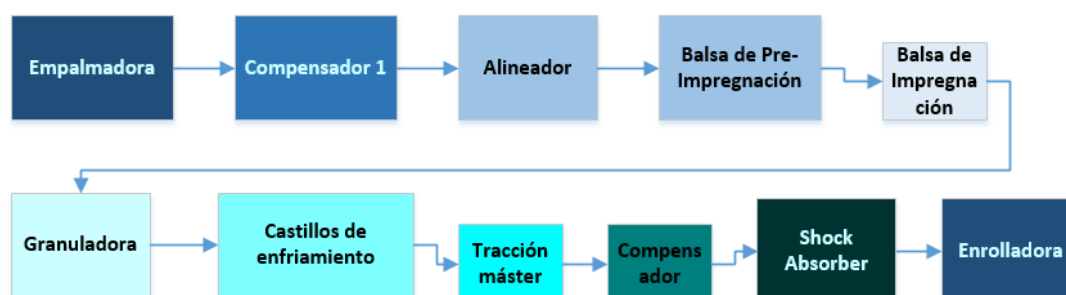
**Figura 14 Tanques de pre-mezclado y mezclado**

### LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1: LÁMINAS CON ARMADURA

Es la línea de producción más nueva de la empresa. Cuenta con varias máquinas, todas ellas trabajan en serie. Algunas de ellas son:

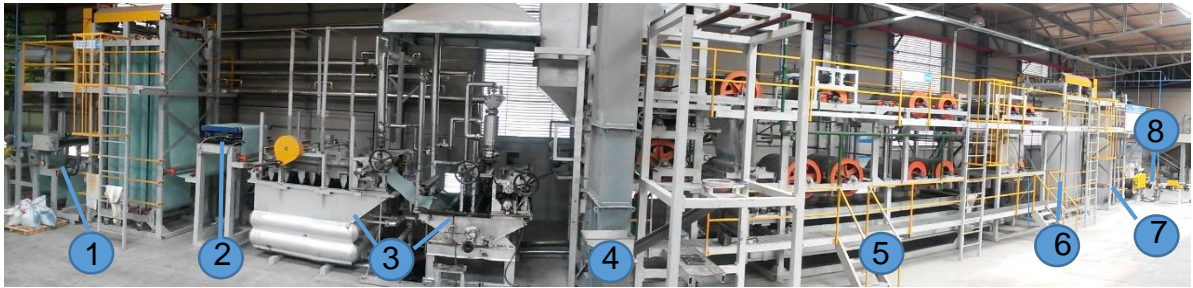
- Alineador de láminas y armaduras
- Tolva de gránulos
- Castillos de enfriamiento
- Shock absorber
- Enrolladora.

Se aprecia un esquema de la distribución de las máquinas de esta línea de producción. (Figura 15)



**Figura 15 Distribución Línea de laminación N° 1.**





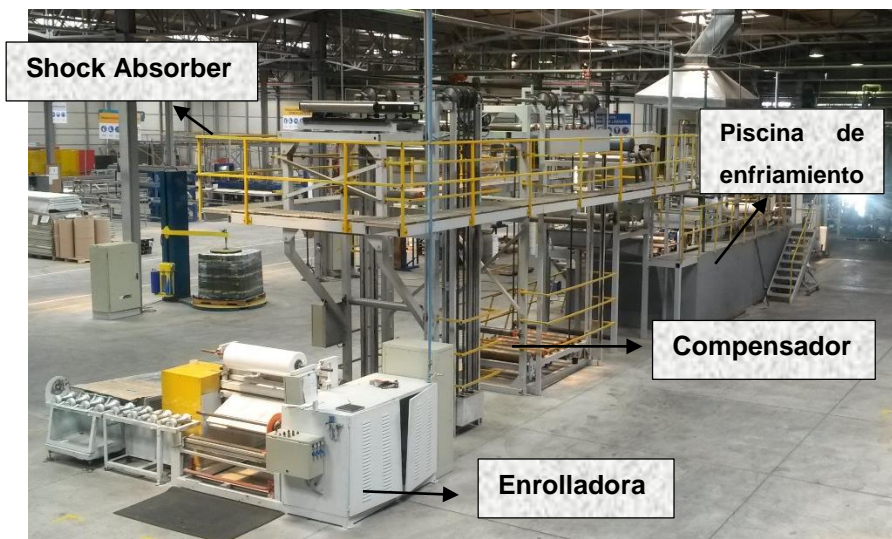
**Figura 16 Foto Panorámica Línea de Laminación N° 1**

Donde:

1. Empalmadora y Controlador de Tensiones.
2. Alineador de Armaduras
3. Balsa de pre- impregnación y e impregnación
4. Elevador de cangilones y Granuladora
5. Castillos de enfriamiento
6. Compensador
7. Shock Absorber
8. Enrolladora

#### LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 2: LÁMINAS SIN ARMADURA

En esta línea se encuentran algunos equipos similares a los de la LÍNEA N°1, como es el caso de la estación para el secado, compensador, shock absorber y enrolladora. Se fabrican productos diferentes a los de la Línea de Laminación N°1.



**Figura 17 Foto Panorámica Línea de laminación N° 2.**

### LÍNEA DE CORTES

En esta línea se realiza el corte de los rollos de láminas de impermeabilización con diferentes medidas que se ofertan al público.



**Figura 18 Línea de corte de láminas impermeabilizantes.**

## 1.2 Definición del problema

En la empresa IMPTEK no se gestiona de la manera correcta el mantenimiento, por lo que no se tiene una adecuada documentación sobre las actividades de mantenimiento que se realizan y de la información que conllevan dichos procesos, como tiempos de paras, mano de obra o costos.

Tampoco se cuenta con procesos estandarizados para el mantenimiento, sea de tipo preventivo o predictivo de los equipos, pues en al menos un 60% de las actividades que se han realizado han sido correctivas. Estos mantenimientos han dado como resultado que se tengan gastos de aproximadamente 8 000 USD al año, este valor corresponde al gasto que le genera a la empresa dejar de producir el tiempo que las máquinas están en reparación, dentro de este valor no se contempla el costo de los insumos y repuestos que han sido necesarios.

Se suma a estos inconvenientes, el hecho de que las líneas de producción de la antigua planta ubicada en Cashapamba, han sido trasladadas a la nueva planta de El Inga, a estas líneas se les han reemplazado viejos equipos por nuevos. Además, se han implementado líneas completamente nuevas en El Inga, por lo que no se cuenta con la información de los equipos correctamente registrada en una base de datos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Implementar un sistema de Mantenimiento Productivo Total que esté apoyado con el software MP9, para la Línea de Laminación N° 1 de la planta ubicada en El Inga de la empresa IMPTEK.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Elaborar una base de datos, de todos los equipos de la planta ubicada en El Inga, con la información necesaria de los mismos para una fácil identificación y organización.
- Elaborar Planes de Mantenimiento Preventivo, basado en el tiempo (TBM), para los equipos registrados en la nueva base de datos.
- Introducir la base de datos de los equipos y los planes de mantenimiento preventivo de los mismos en el software MP9.



- Implementar el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado como una de las bases fundamentales del Mantenimiento Productivo Total, en la Línea de Laminación N° 1.
- Evaluar los beneficios que representa para la empresa el tener un correcto Sistema de Gestión de Mantenimiento.
- Realizar un análisis económico-financiero de los beneficios del Sistema de Mantenimiento implementado.

#### **1.4 Alcance**

Con este proyecto se pretende elaborar una base de datos de los equipos de producción con los que cuenta la planta de El Inga de la empresa IMPTEK. Se elaborará para todos los equipos el correspondiente plan de mantenimiento preventivo. Se entregará el sistema de mantenimiento desarrollado en el software MP9, con el que se podrá tener un mayor control de las órdenes de trabajo que se deben llevar a cabo y de paros de las máquinas, lo que brindará una mayor organización tanto al departamento de mantenimiento como al de producción.

Se desarrollarán algunas de las actividades contempladas dentro del Mantenimiento Productivo Total, en la línea de producción de Láminas con Armaduras o Línea de Laminación N° 1, que servirán como punto de partida para que la empresa consolide poco a poco este sistema en toda la empresa. Estas actividades corresponderán a las requeridas por el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado, que son dos de los pilares del TPM.

#### **1.5 Justificación**

La Empresa lleva una política de mejoramiento continuo, y gracias al sistema que se implementará se pretende llegar a tener a largo plazo un sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa IMPTEK. Quiere llegar con esto a tener un sistema que no tenga retrasos y que sea más productivo. Además, evitar las pérdidas que han venido teniendo con los paros de diferentes máquinas al realizar sus mantenimientos correctivos.

### **1.5.1 Académica**

En este proyecto se abarcan diversas áreas de la ingeniería mecánica, principalmente está enfocada en la Ingeniería de Mantenimiento, necesaria para conocer los pasos que se deben tener en el desarrollo del diseño del Sistema de Mantenimiento, además nos permitirá basarnos en el denominado Mantenimiento Productivo Total (TPM). Y se deberá trabajar paralelamente con la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento mediante un programa computacional.

Además, como parte fundamental en el proyecto se debe considerar las áreas de Procesos de Manufactura, Máquinas eléctricas, Instrumentación Industrial, ya que aplicando estos conocimientos se podrán realizar el análisis de la situación en la que se encuentran los equipos y dar el respectivo diagnóstico. Así como el trabajo que se hará con el estudio en base a un seguimiento de los equipos, sin que se interfiera o haya paros en las máquinas.

El área financiera y económica juega un papel importante aquí, pues los análisis que se hagan, una vez instalado el sistema de mantenimiento en la planta, deberán ser elaborados de la manera correcta para poder mostrar a las autoridades de la empresa la disminución de pérdidas que obtendrán y los beneficios directos e indirectos que trae consigo el proyecto.

Usando todos estos conocimientos, el proyecto permite afianzar y desarrollar los conocimientos de ingeniería mecánica aprendidos a lo largo de la carrera, a la vez que desarrolla y potencia áreas de suma importancia para el perfil de un ingeniero mecánico.

### **1.5.2 Técnica**

El proyecto permitirá trabajar ampliamente con varias áreas de la ingeniería mecánica. Pues, por una parte, nos vemos frente al estudio de elementos mecánicos como cadenas, rodillos, chumaceras, rodillos, tornillos sin fin, entre otros, bajo diferentes condiciones de trabajo. Algunas de estas piezas están sometidas a temperaturas muy elevadas, o trabajan sumergidas en agua y

refrigerantes. Se trabajará en gran medida con equipos como bombas y motores. Se deberán instalar para el seguimiento que se realizará instrumentos como horómetros, termocuplas.

Debido a que el asfalto es uno de los componentes más importantes con los que trabajan, y éste debe calentarse a elevadas temperaturas para poder ser utilizado se tiene un caldero que es el corazón de la laminación, un intercambiador de calor y tanques donde se recibe el asfalto, y cuyos elementos como empaques, chumaceras, bombas entre otros, requieren de un cuidado más minucioso, pues la falla de cualquiera de ellos puede ser de alto riesgo y podría ocasionar accidentes e incidentes.

### **1.5.3 Económica**

Los mantenimientos que se han realizado en la empresa representan un valor de 278700 USD, (este valor contempla los costos de mano de obra y de fabricación directa e indirecta), de todas estas acciones el 60% han sido correctivas.

Además, las horas que han estado paradas las máquinas en un promedio anual son de 457.75, mostrando un alto porcentaje de tiempo en el que no pueden operar y se deja de fabricar el producto.

Por todas estas pérdidas generadas por un sistema de mantenimiento ineficiente, se plantea bajar del 60% de acciones de mantenimiento correctivo que tienen actualmente a un 20%, por acciones de mantenimiento preventivo.

### **1.5.4 Social y ambiental**

Al realizar mantenimientos correctivos la empresa genera además de muchos gastos, muchos desperdicios, por lo que se pretende tener con el nuevo sistema de Mantenimiento Productivo Total un control de los mismos, y poder realizar así de mejor manera la Gestión Ambiental necesaria, no sólo para satisfacer las leyes, sino para disminuir en lo posible un impacto contra la vida humana y el resto de seres vivientes que tenemos a nuestro alrededor.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Mantenimiento productivo total**

El Mantenimiento Productivo Total (TPM, del inglés Total Productive Maintenance), es una estrategia gerencial que nace por la necesidad de tener un amplio control en las actividades de mantenimiento y producción, y permitir de esta manera disponer de equipos de producción siempre listos. El TPM, se enfoca en anteponer la prevención de las averías por sobre las reparaciones de los equipos. En este sistema se vinculan varias áreas dentro de las empresas, como son la de producción, mantenimiento, planificación.

Una de las entidades más importantes a nivel mundial, que tratan el mantenimiento industrial, es el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM, por sus siglas en inglés de Japan Institute of Plant Maintenance).

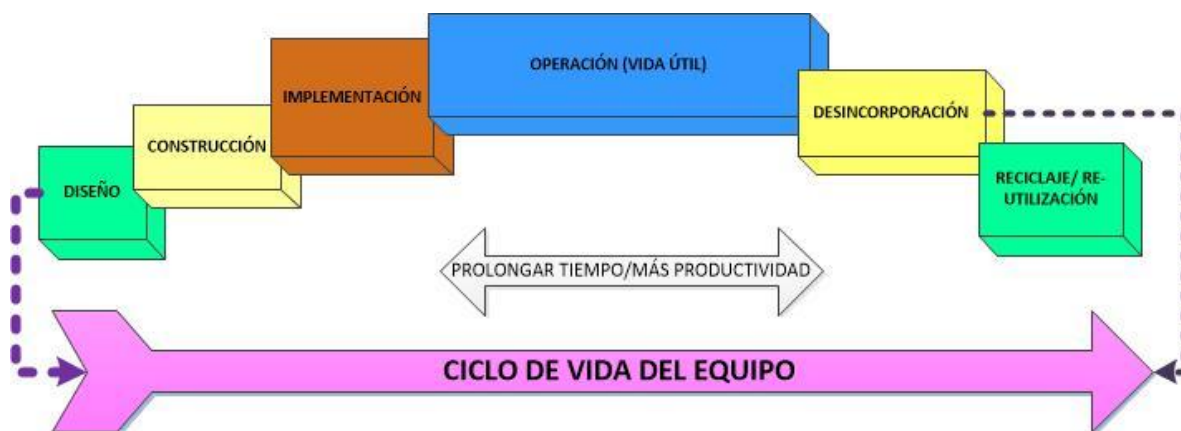
El JIPM (citado en García, 2012) dice que el TPM “se orienta a maximizar la efectividad de los equipos implantando un modelo de mantenimiento productivo de alcance amplio, que cubre la vida entera de la maquinaria”.

##### **2.1.1. Objetivos del mantenimiento productivo total**

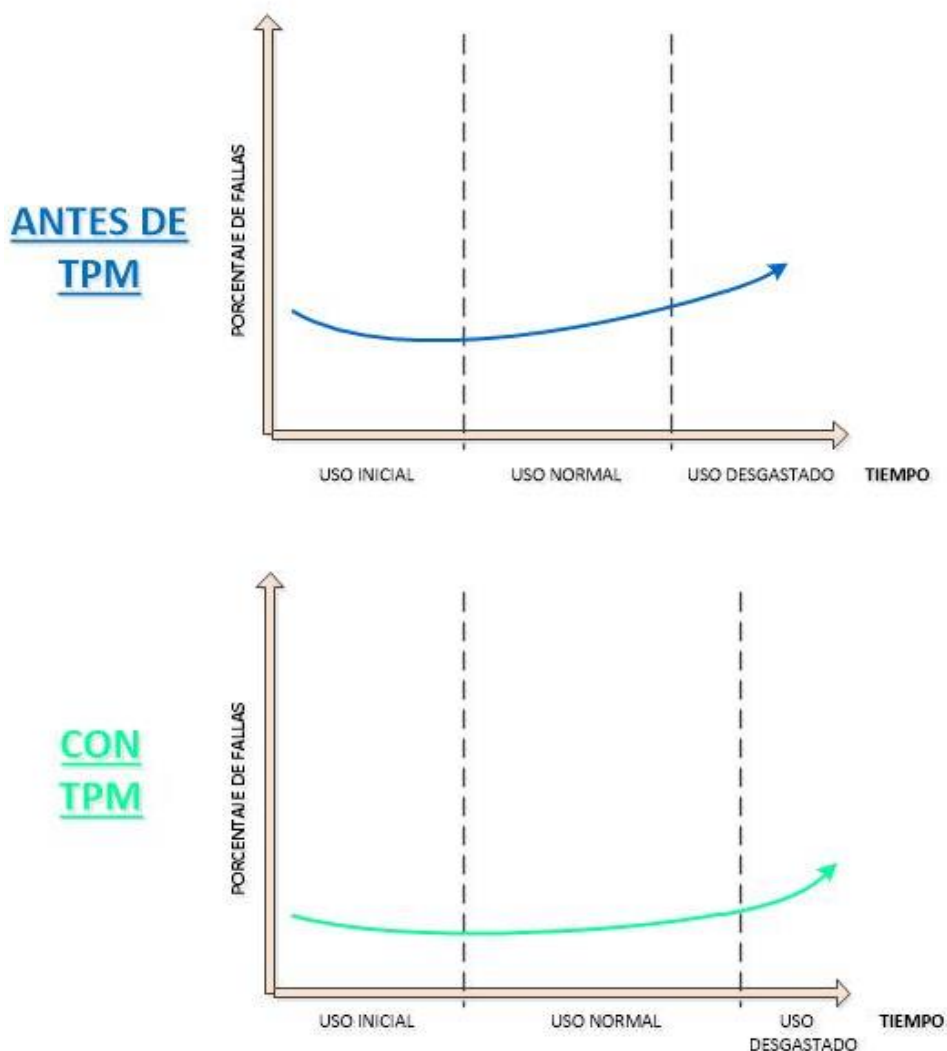
Los principales objetivos que busca lograr el TPM dentro de las empresas, son tener mayor eficiencia en la producción, tener mejoras significativas en el ciclo de vida de los equipos, prolongar el tiempo de vida útil de los mismos. El ciclo de vida conlleva el análisis del equipo desde su etapa de diseño hasta llegar al momento de desincorporación del mismo. La fase más importante que se analiza dentro del ciclo de vida es la etapa de vida útil o de explotación, en la misma se aprecia gracias a la *Figura 20*. las gráficas en donde vemos la relación que existe en un equipo entre

sus fallas y el tiempo. Aquí después de pasar su fase inicial se estabilizan los equipos y su porcentaje de fallas tiende a mantenerse igual, pero al momento en que empieza su etapa de desgaste las fallas incrementan abruptamente. El TPM busca prolongar el tiempo de vida útil y reducir el número de fallas en los equipos. Se centra también en el funcionamiento a velocidad reducida y en la eliminación de los tiempos muertos.

Busca fomentar la participación de todo el personal de planta, formando grupos multidisciplinarios, cooperación entre las áreas de mantenimiento y producción y la alta dirección. Bajo esta filosofía se implementará un sistema de gestión de mantenimiento que permita tener actividades de mantenimiento correctivo eficaces, teniendo registros, documentación y recambios, correctamente organizados.



**Figura 19 Ciclo de vida del equipo.**



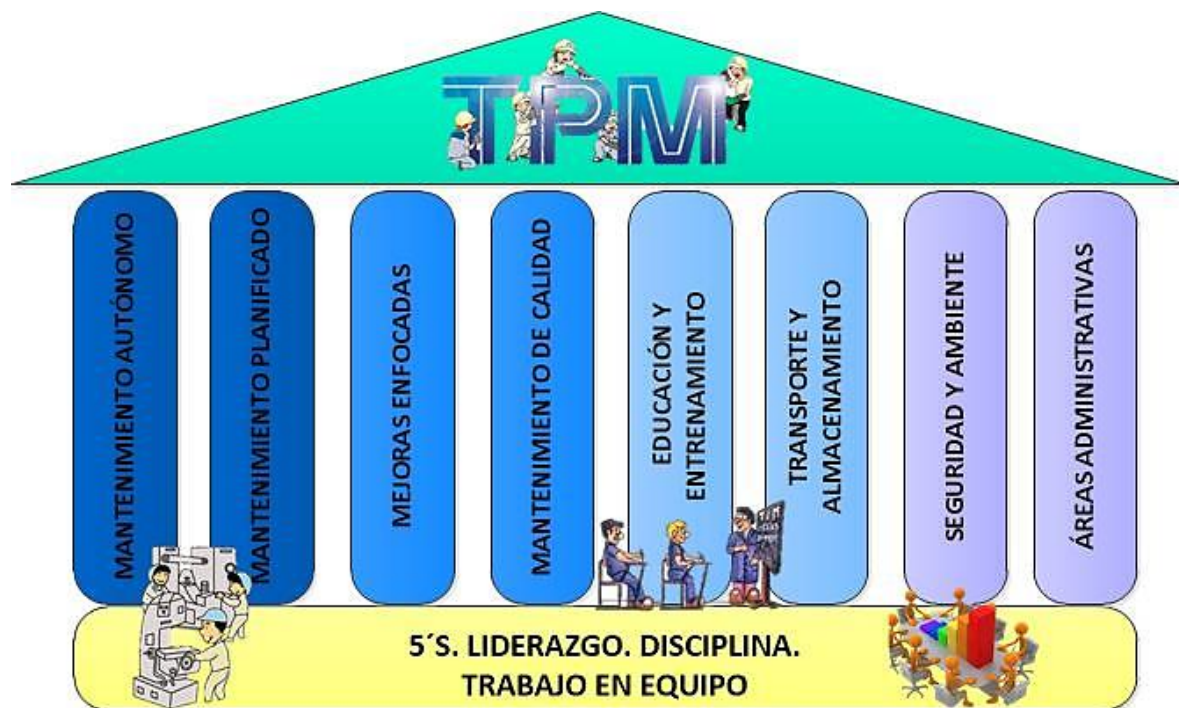
**Figura 20 Comportamiento de los equipos durante su vida útil**

### 2.1.2. Pilares del Mantenimiento Productivo Total

El TPM una vez que se haya implantado va a representar una estructura sólida en la cual la empresa, en este caso IMPTEK, puede respaldarse y con la que puede continuar cumpliendo sus objetivos de ser una de las mejores empresas de impermeabilización a nivel nacional. Para poder ser una base fuerte para la empresa, el Mantenimiento Productivo Total necesita tener su propia base, su propia columna vertebral. Esta estructura está compuesta por los Pilares del TPM,

que varían en cantidad según los autores, pero que de manera general se utilizan 8.

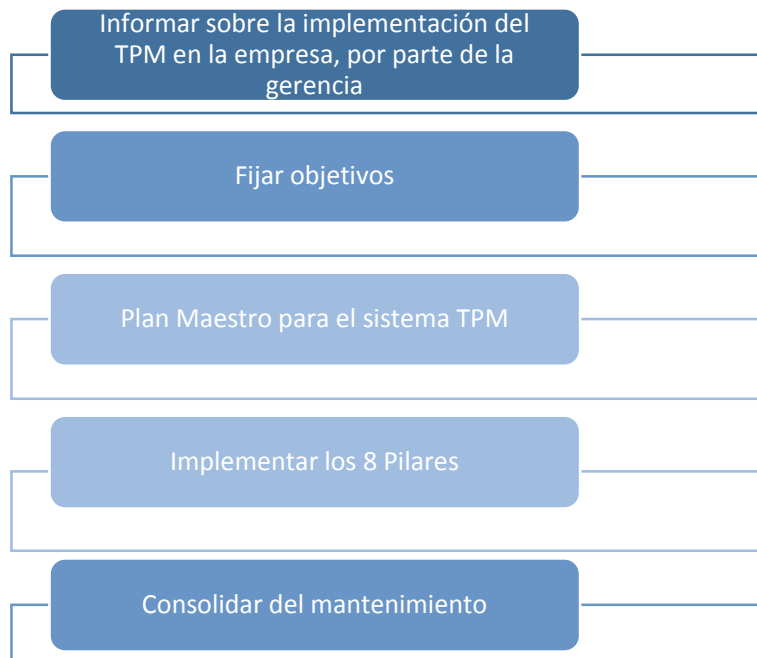
Estos pilares son:



**Figura 21 Pilares del TPM.**

### 2.1.3. Etapas de la implementación del TPM

En el siguiente cuadro se muestra un listado de los pasos recomendados, que se deben seguir para que la implementación del TPM sea correcta.



**Figura 22 Pasos para la implementación del TPM**

- **Decisión de implementar el TPM en la empresa**

Para que la implantación de este sistema funcione, la alta dirección debe tener muy claros los objetivos del uso y beneficios que traerá el mismo. Para ello, y una vez que se ha decidido su implementación, se deben tener reuniones internas donde se informe a todos los empleados del nuevo proyecto que se ejecutará.

Se impartirá charlas informativas a todas las áreas de la empresa. La información debe ser clara y fácil para comprender qué es el TPM para qué sirve y los beneficios que representaría para la empresa.

Una de las barreras que es probable que se presenten ante la implementación de este sistema, es la resistencia por parte de empleados que piensan que las cosas están bien cómo se las ha llevado hasta el momento; inclusive puede haber cierto rechazo por parte de los operadores que crean que se les aumentarán tareas nuevas. Para todo ello es muy importante que todo esté muy claro y todos comprendan que los beneficios justificarán los medios.



- **Fijar objetivos**

Para poder plantear los objetivos, se debe tener clara la situación actual de la empresa; es de gran ayuda tener datos numéricos sobre los costos que representan las averías, paros, etc. Con esto se podrá tener objetivos realistas.

En esta etapa se deberá decidir además en qué fecha la empresa se someterá a auditorías internas, para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados.

- **Plan Maestro para el sistema TPM**

Se puede partir de un plan maestro centrándose en las siguientes actividades de mejoras básicas:

- 1) Mejorar la efectividad del equipo a través de la eliminación de las denominadas Seis Grandes Pérdidas.
- 2) Establecer un programa de mantenimiento autónomo en el que los operarios van a ser los principales actores.
- 3) Asegurar la calidad.
- 4) Establecer un programa de mantenimiento planificado
- 5) Educar y entrenar para aumentar las capacidades personales.

- **Implementación de los 8 pilares**

Involucra mayoritariamente a las personas con un cargo alto-medio, los cuales trabajan y se responsabilizan de establecer los ajustes para el lanzamiento, en esta etapa se asignan responsables, así como se establecen fechas para cada objetivo que se ha planteado. Se evitará de esta manera tener retrasos y se tendrá un plan de acción para toda la vida del proyecto. Serán proyectos diferentes, enfocados en cada uno de los pilares que el TPM tiene.

Para que se pueda cumplir con todos estos proyectos, se debe dar la formación necesaria al personal para que pueda llevar a cabo las actividades que sean asignadas.

- **Consolidación del mantenimiento**

En este último paso se busca mantener todos los logros alcanzados. Además, en base a la filosofía de mejora continua, se buscará seguir perfeccionando las mejoras ininterrumpidamente.

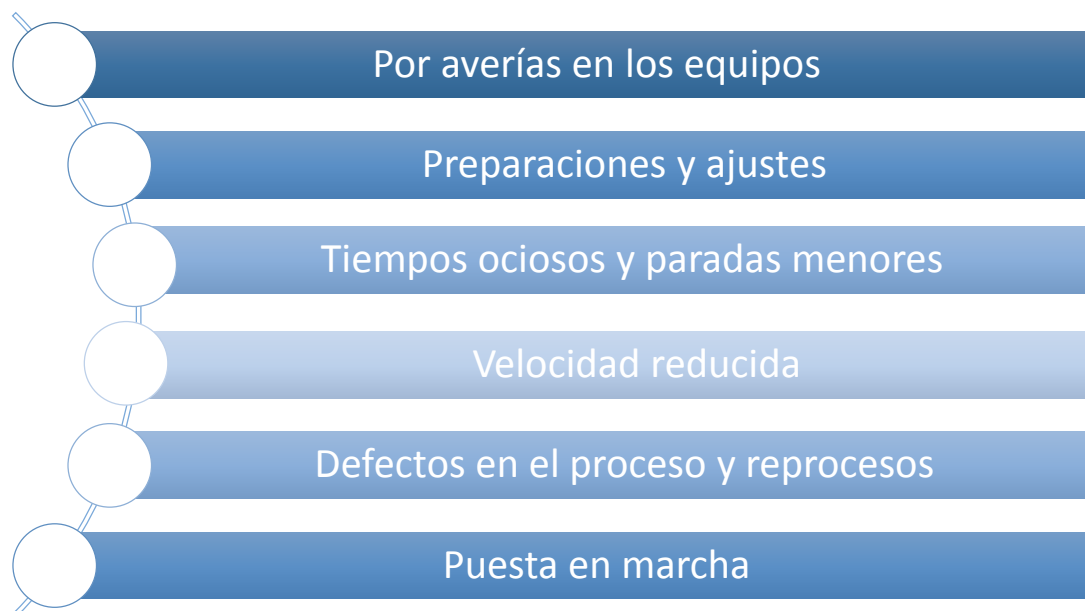
Se debe cuantificar el progreso obtenido y asegurarse que todos estén al tanto de ello. Esto ayudará a que los trabajadores tengan una actitud más positiva ante el sistema y que observen como sus acciones, por más pequeñas que parezcan, rinden frutos a largo plazo.

#### **2.1.4. Las seis grandes pérdidas de los equipos**

Una de las principales metas que se tienen con el Sistema de Mantenimiento Productivo Total, es que la eficacia de sus equipos incremente. Pueden representar un obstáculo en este camino ciertos factores; los mismos que pueden ser problemas que surgen en el proceso productivo, en los recursos humanos y en los equipos; en esta sección nos enfocaremos en estos últimos. Se los conoce más comúnmente como las Seis Grandes Pérdidas.

Se buscará entonces reducir estas pérdidas lo máximo que sea posible. Pues toda pérdida representa una oportunidad que se tiene para mejorar en algo que no está siendo aprovechado a su máximo potencial, u optimizar ciertos recursos.

Las Seis Grandes Pérdidas son las siguientes:



**Figura 23 Seis Grandes Pérdidas del TPM**

A continuación, se da una breve explicación sobre cada una de estas pérdidas:

#### **2.1.4.1. Pérdidas por averías en los equipos**

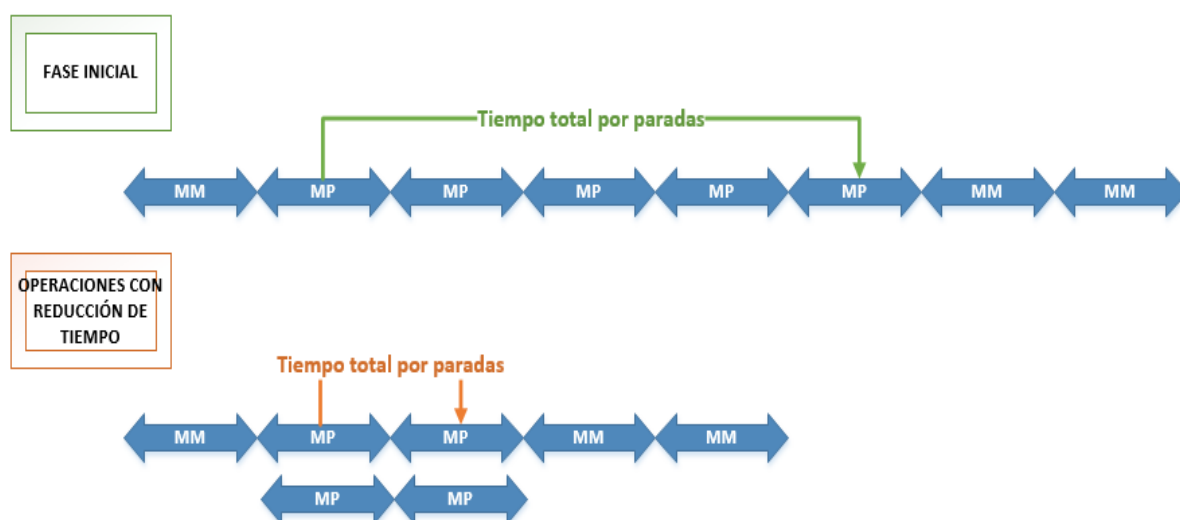
Estas pérdidas ocasionan tiempos muertos en la producción y con ello la reducción del volumen de producción planificado. Las averías pueden darse de manera esporádica o crónica. Las primeras se caracterizan por tener causas únicas y fáciles de reconocer. Mientras tanto, los fallos crónicos se dan por múltiples razones, estas causas son más complejas y cuyos efectos son difíciles de relacionar. Por lo general se tiene un problema adicional con las fallas crónicas, pues se dan tan frecuentemente que se consideran con el tiempo, normales.

#### **2.1.4.2. Pérdidas por preparaciones y ajustes**

Estas pérdidas se dan cuando se desea cambiar alguna herramienta o se va a cambiar de producto a fabricar en los mismos equipos. Para tratar estas pérdidas se utilizan las técnicas SMED (por sus siglas en inglés Single Minute Exchange Die), esta técnica se refiere a que los cambios de herramientas para la producción se realicen en un tiempo menor a diez minutos; para poder aplicar todas estas

estrategias es necesario comprender qué ajustes se deben hacer y la razón para que se hagan. Una vez que se realice esto se debe clasificar a cada actividad por actividades con Máquina Parada (MP) y Actividades con Máquina en Movimiento (MM).

Se puede ayudar con gráficas como la que se muestra en la *Figura 23*. Para asegurarse que estas paradas se disminuyan en el porcentaje deseado y llegar a tener paradas con minutos de un solo dígito.



**Figura 24 Cambios en las paradas de producción de acuerdo a técnicas SMED**

Fuente: (Cuatrecasas L. TPM en un entorno Lean Management. 2010)

#### 2.1.4.3. Pérdidas por tiempos ociosos y paradas menores

Cuando se tienen paradas breves o menores pueden aparecer posibles defectos, o que haya caídas en la capacidad de los equipos, con una directa disminución en la productividad. Las paradas breves se caracterizan porque se da una recuperación rápida a las condiciones normales de trabajo.

Se pueden tener valores que nos permitan cuantificar con cuanta frecuencia se dan este tipo de paras. Para ello lo más común que se utiliza en las empresas es el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF por sus siglas en inglés). Esta expresión nos

permite cuantificar el tiempo que transcurre desde que se da una parada hasta la siguiente. Para realizar este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$MTBF = \frac{TT}{Npb} \quad \text{Ecuación. 1}$$

*Donde:*

*MTBF: Tiempo Medio Entre Fallos*

*TT: tiempo de trabajo real de operación*

*Npb: número de fallos.*

#### **2.1.4.4. Pérdidas por velocidad reducida**

Este tipo de pérdidas se dan principalmente porque no se trabajan las máquinas en las condiciones para las que fueron diseñadas. Esto por lo tanto hace que la producción no sea la que se espera. Se da por lo general debido a que los operadores no conocen lo suficiente sobre dichas máquinas o porque haya circunstancias en las que se trabaja en serie con diferentes equipos y uno de ellos retrasa al resto, entonces se estará trabajando a una velocidad menor que la esperada. En dicho caso se puede tomar al equipo de menor velocidad como un cuello de botella y trabajar individualmente con el mismo.

#### **2.1.4.5. Pérdidas por productos defectuosos y reproceso**

Cuando hablamos que tenemos productos defectuosos hablamos que estas pérdidas han consumido un tiempo y recursos que al final van a añadir un costo adicional al producto sin haberle añadido algún valor. Se suele en algunos casos arrojar todo el producto que no cumple con los requisitos, o se lleva a la producción uno nuevo. Si se debe realizar un reproceso a algún producto se estará utilizando el doble de mano de obra y mucho más tiempo de producción de lo anticipado.

#### **2.1.4.6. Pérdidas por puesta en marcha**

En estas pérdidas se busca aumentar la efectividad del equipo, pues las fallas resultan de una pérdida de rendimiento del equipo al momento de arrancar. Pierde

las capacidades iniciales de funcionamiento, por lo tanto, va disminuyendo su capacidad de producción.

### **2.1.5. Mantenimiento autónomo**

Una de las bases fundamentales del TPM es el Mantenimiento Autónomo, que pretende dar solución a algunos de los problemas que se dan comúnmente en el área de producción, como problemas por factores como: filtros sucios, equipos con fugas de lubricantes, máquinas con vibración, o porque el equipo se encuentra descuidado o deteriorado.

Para lograr corregir estos problemas el mantenimiento autónomo se apoyará con los mismos operadores que son quienes están en mayor contacto con las máquinas. Para lograr esta meta se debe seguir ciertos pasos y niveles.

#### **2.1.5.1. Niveles y pasos de implantación**

En el mantenimiento autónomo por lo general se avanza en base a los siguientes niveles: (Cuatrecasas, 2010)

- Nivel básico
- Nivel de eficiencia
- Nivel de plena implantación

Dentro del nivel básico se cumplirá con los objetivos más sencillos. El principal es que los operadores realicen actividades simples de mantenimiento como son limpieza, lubricación y re-ajustes.

Mientras tanto en el nivel de eficiencia se buscará comenzar a eliminar las Seis Grandes Pérdidas, que se mencionó anteriormente. Se añadirá entonces nuevas actividades a los operadores, en este caso serán inspecciones pequeñas que ellos deberán realizar y reportar. Es mucho más sencillo que las personas que más conocen a las máquinas noten cuando algún elemento o pieza está a punto de fallar o presenta un funcionamiento irregular.

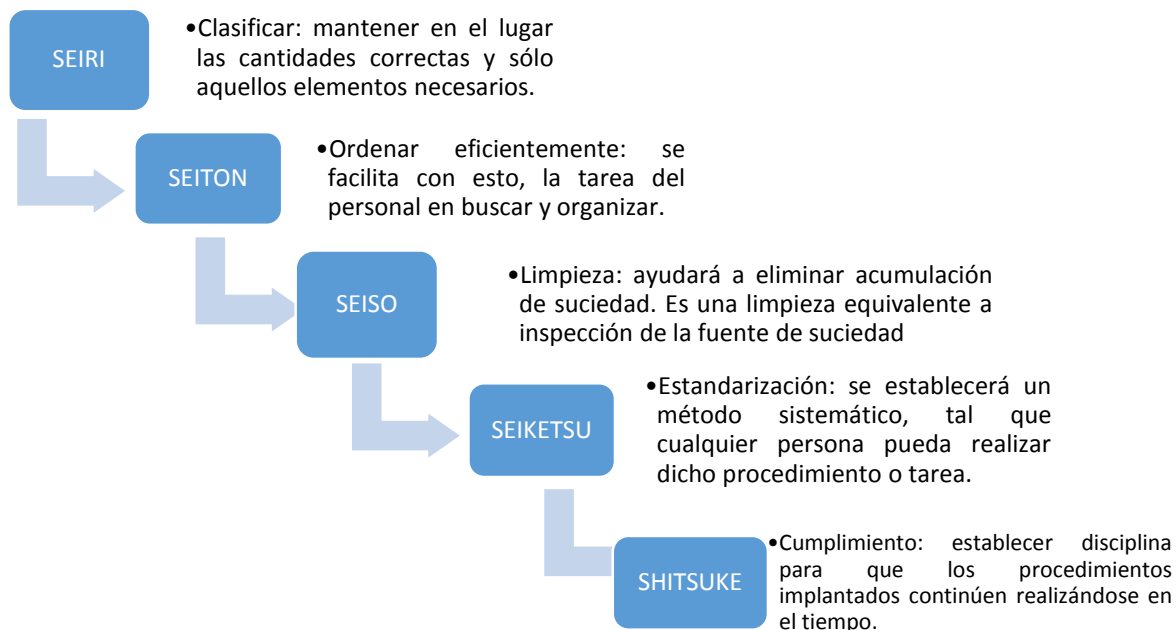
En el último nivel se trata de mantener un proceso de mejora continua; es decir, asegurarse que las actividades que realizan los operadores se estén llevando a cabo y de la manera correcta. Todo esto se realiza cumpliendo ciertos pasos fundamentales. Para entenderlos mejor se presenta el siguiente esquema.



**Figura 25 Niveles y pasos del Mantenimiento Autónomo**

#### 2.1.5.2. Las 5´S

El TPM utiliza la ayuda de estas herramientas, para el Mantenimiento Autónomo son de gran importancia para cumplir con su primer objetivo, cuyos 5 términos de origen japonés, comienzan con la letra S y son los siguientes:



**Figura 26 Las 5´S**

Gracias a la implementación de estas herramientas se logrará tener un lugar de trabajo eficiente, una mejor estandarización y preparaciones, se podrán realizar controles visuales y tomar acciones de carácter preventivo.

### **2.1.6. Mantenimiento planificado**

Este es uno de los pilares que nos traerán beneficios en aspectos como disminuir averías, accidentes y mejorar la eficiencia en cuanto a las acciones de mantenimiento. Con él se pretende tener actividades programadas de mantenimiento, las cuales serán llevadas a cabo por personal preparado para las mismas.

El Mantenimiento Planificado se compone principalmente por dos tipos de sistemas, en la siguiente figura se explica esta clasificación:





**Figura 27 Clasificación Mantenimiento Planificado**

#### **2.1.6.1. Mantenimiento preventivo**

El principio del Mantenimiento Preventivo, es el de anteponerse a las fallas que se pueden presentar en los equipos. Esto se puede lograr con actividades de mantenimiento correctamente planificadas, con procedimientos y costos estimados de los mismos, a cargo de personal capacitado en este tipo de actividades. Esto ayudará a tener mejoras en el presupuesto destinado a esta área.

Al momento de realizar un plan de Mantenimiento Preventivo se puede tomar 3 estrategias en consideración para definir las periodicidades y actividades. Estas son:

- Las recomendaciones del fabricante
- La experiencia de los trabajadores
- El historial de la máquina

Los Manuales de los equipos serán fundamentales para identificar qué actividades se deben realizar en el mantenimiento del equipo. De los Manuales proporcionados por el fabricante se identifican:

- Los componentes o elementos de cada equipo
- Qué actividades se deben hacer a estos elementos
- La frecuencia con que se debe intervenir
- En algunos de los casos obtendremos los procedimientos detallados de cómo realizar estas actividades.

#### **2.1.6.2. Mantenimiento preventivo periódico**

Este tipo de mantenimiento preventivo sustentará sus actividades en periodos establecidos. Sean estos basados en sugerencias de fábrica o por experiencias de los trabajadores. Se realizarán actividades como lubricación, cambio de elementos, rectificación de componentes, limpiezas, ajustes.

#### **2.1.6.3. Mantenimiento predictivo**

Con ayuda de instrumentos precisos se podrá determinar cuándo una pieza o equipo está próximo a sufrir una avería y debe ser intervenido. Se puede planificar de manera más precisa las actividades de mantenimiento preventivo en estos equipos. Los procesos para hacer este tipo de análisis requieren de personas especializadas en los mismos. Los equipos por lo general suelen ser costosos, es uno de los factores que influyen a que no se los haga con frecuencia, o que sólo se los haga en equipos con alta criticidad.

#### **2.1.6.4. Mantenimiento correctivo**

Este tipo de mantenimiento se centra en realizar actividades para, como su nombre lo indica, corregir, ya sean defectos o fallas en los equipos o elementos que lo componen.

#### **2.1.6.5. Por problemas de diseño**

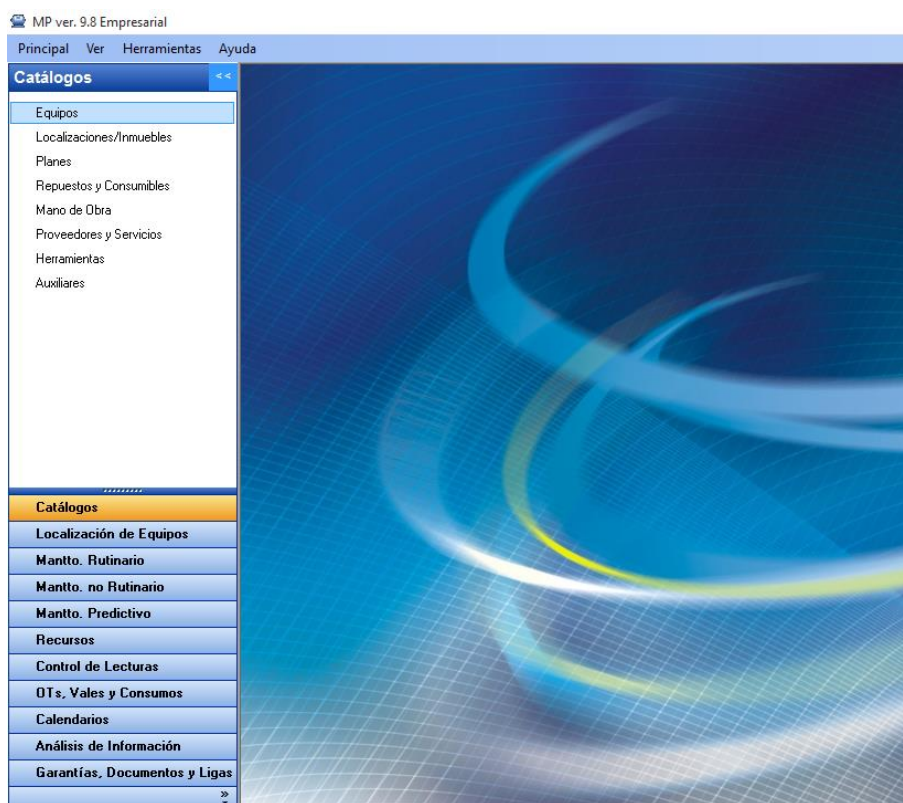
Se centra en analizar posibles fallas de diseño, las cuales repercuten en daños constantes en las máquinas o incluso pueden ocasionar accidentes en el proceso.

#### **2.1.6.6. Por averías**

Se procede a realizar este tipo de mantenimiento en el momento en que algún equipo falla. Algunas de sus desventajas son que se puede tener mayor cantidad de pérdidas, sea por producto defectuoso por mano de obra o por costos de repuestos.

### **2. 2 Software**

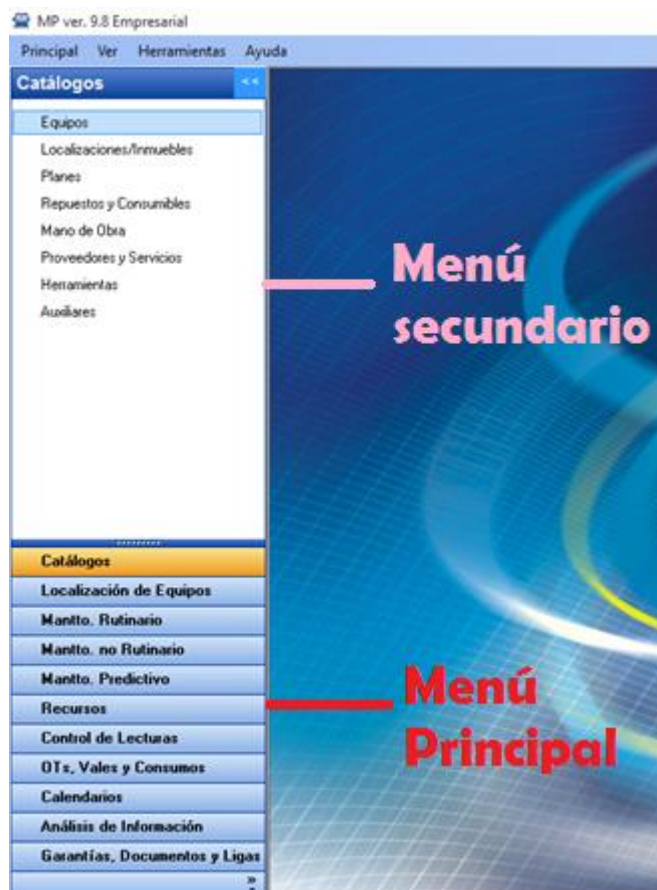
Para la administración de la gestión de mantenimiento de la planta se utilizará el software *MP versión 9.8*, es un sistema computacional fácil de comprender y manejar, con herramientas que permitirán tener un amplio control en los equipos, planes de mantenimiento de los mismos, que mostrará cronogramas precisos de cuándo se deben realizar los mantenimientos. Además, cuenta con opciones de indicadores, que facilitarán a la gerencia el control sobre la disponibilidad de los equipos, planificación de presupuestos y actividades.



**Figura 28 Ventana inicial del software**

#### **2.1.6.7. Herramientas del software MP versión 9.8**

El software cuenta con un Menú Principal, que es donde se muestran las funciones generales, también con un Menú Secundario en donde se tiene varias opciones para dichas funciones.



**Figura 29 Menú Principal y Secundario del software**

Entre las principales herramientas que servirán para este trabajo investigativo se encuentran la opción *Catálogos*, donde encontraremos las listas principalmente de todos los equipos, localizaciones, planes de mantenimiento, herramientas con los que se cuenta en la planta.

La opción *Mantto. Rutinario* nos servirá para poder relacionar a cada equipo con el plan de mantenimiento que le corresponda, así como indicar si algún equipo se encuentra fuera de servicio, para lo cual el sistema automáticamente detendrá los cronogramas de sus respectivos planes.

Otra opción muy importante es la de *Control de Lecturas*, en ella se actualizarán las lecturas, sean de tiempo, ciclos, números de despachos, entre otros; para que

los planes de mantenimiento que trabajen con estas frecuencias aparezcan en los momentos precisos.

*OT's, Vales y Consumos* será la opción con la que trabajará prácticamente a diario el Departamento de Mantenimiento, pues se debe revisar qué actividades se deben realizar y a qué equipos. Una vez que se generen las Órdenes de Trabajo las personas encargadas realizarán las actividades, y cuando se hayan realizado se debe colocar todos los detalles en el software, así se podrá mantener un registro absoluto, y se tendrá con el tiempo el historial de cada equipo.

La sección *Calendarios* será de mucha utilidad tanto para el área de mantenimiento, para planificar sus actividades, así como para el área de producción, que podrá planificar las paradas que se deban hacer. Se puede analizar los cronogramas de manera general o por equipos.

Seguramente la opción *Análisis de la Información* será la más importante para el área gerencial, pues el software cuenta con opciones de gráficas que permitirán analizar qué porcentaje de lo planificado se ha cumplido, también existen gráficas de costos por fallos, paros. Y sin duda algo que es muy importante son los indicadores, ellos son: Tiempo Medio Entre Fallos (TMEF), Tiempo Medio Para Reparación (TMPR) y Confiabilidad.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO Y AUTÓNOMO DE TPM

#### 3.1. Mantenimiento Planificado

Esta rama del Mantenimiento Productivo Total busca tener todas las actividades correctamente clasificadas, organizadas y con cronogramas que permitan planificar las mismas y los recursos que se utilizarán. Para lograr estos objetivos primero necesitaremos contar con una base de datos o con un catálogo que nos muestre en primera instancia como está clasificada la planta, para después identificar a todos los equipos y poder planificar sus actividades de mantenimiento.

##### 3.1.1. Localizaciones

Para poder identificar con mayor facilidad a todos los equipos se clasifica a la planta por *Localizaciones*. Se categoriza de acuerdo a las líneas de producción, áreas de almacenamiento y tratamiento de materia prima. A continuación, se enlistan las *Localizaciones* que posteriormente se ingresarán en el software.

#### LOCALIZACIONES PLANTA INDUSTRIAL IMPTEK - EL INGA

##### Área de Almacenamiento y Transporte de Asfalto

Almacenamiento de asfalto

Sistema de Carga y Descarga de Asfalto

##### Área de Construcción Liviana

Línea de Poliuretanos

Línea de Suelta

##### Área de Corte de Bandas

Línea de Cortes de Alumband

Línea de Cortes de Polibrea

Línea de Secado de Rollos

**CONTINÚA →**

**LOCALIZACIONES PLANTA INDUSTRIAL IMPTEK -  
EL INGA**

**Área de Emulsiones Asfálticas**

Almacenamiento de Emulsión

Área de Solución Jabonosa

**Área de Laminación**

Línea de Laminación N°1

Compensador de Láminas

Shock Absorber LL1

Compensador y alineador de armaduras

Empalmadora

Enrolladora

Estación Granuladora

Impregnación de Mástico

Tren de Laminación

Línea de Laminación N°2

Área de Gofrado

Compensador de láminas

Shock Absorber LL2

Enrolladora

Sistema de Secado

Área de Laminación

**Área de Mezcla en Frío**

Línea de Mezcla en Frío

**Área de Preparación de Mástico**

Almacenamiento de Fillers

Sistema de Mezclado

Mezclado

Pre-mezclado

Sistema de Transporte de Mástico

**Área de Productos Metálicos**

Auxiliares

Línea de Bajantes y Canales

Línea de Codos

Línea de Perfiles

**Servicios Generales**

Sistema Aire Comprimido

Sistema Contra Incendios

Sistemas de Tratamiento de Agua

**Sistema Eléctrico**

Tableros eléctricos

**Área de Calderos**

Almacenamiento de combustible

Calderos

**Figura 30 Localizaciones Planta Industrial IMPETK – El Inga**



### **3.1.2. Base de datos de equipos**

Se procede a definir qué información se ingresará para cada equipo.

Primero se analiza la información programada en el software sobre los datos que se ingresan de cada equipo. En caso de necesitar algún otro dato, mayor información o que algo sea irrelevante se puede ingresar o quitar esta información del Software. A continuación, se analiza el tipo de información.

Marca Modelo N° de serie	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Serán datos necesarios en caso de que se necesite algún repuesto para el equipo o servicio técnico.</li> </ul>
Capacidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Es un requerimiento indispensable si se debe reemplazar el equipo, con uno nuevo que satisfaga las necesidades.</li> </ul>
Código	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Información necesaria para el control interno y registro por parte de la empresa.</li> </ul>
Custodio	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Persona encargada de la línea de producción donde se encuentra el equipo.</li> </ul>
Instructivo Utilizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Es el documento interno que da las pautas de cómo llevar el Mantenimiento en el Sistema de Gestión de la Calidad.</li> </ul>
Prioridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tendrá las opciones Alta, Media o Baja. Permitirá saber la importancia que el equipo representa en caso de avería o para. Se detalla más posteriormente.</li> </ul>
Clasificación 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nos permite conocer a qué tipo de equipo de manera general nos referimos</li> </ul>
Clasificación 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Mostrará el mantenimiento requerido para el equipo ingresado.</li> </ul>
Centro de Costo	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Es la línea de producción que cargará con los gastos de mantenimiento del equipo.</li> </ul>
Equipo Padre	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Esta opción se utilizará en caso de que haya una máquina o equipo que este compuesto por varios más pequeños.</li> </ul>
Localización	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Será donde se coloque la ubicación del equipo, en las Localizaciones que se definió anteriormente.</li> </ul>
Tipo de Equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Será un dato importante al momento de filtrar los equipos, y poder asignar sus planes de mantenimiento.</li> </ul>
Campos Personalizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>•En caso de que se necesiten datos técnicos importantes, se puede programar esta información de acuerdo al Tipo de Equipo.</li> </ul>
Proveedor	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Podremos ingresar el proveedor del equipo con la fecha de adquisición del mismo.</li> </ul>
Notas Imágenes Archivos Adjuntos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Se podrá colocar en estas opciones, información adicional, imágenes del equipo, manuales, planos.</li> </ul>

**Figura 31 Listado de Información de Equipos IMPETK – El Inga**

**PRIORIDAD:**

Se realiza un análisis en base al cual se definirá la prioridad de los equipos a la hora de hacer su mantenimiento. Este análisis se lo efectúa con el parámetro de Intercambiabilidad que tienen los equipos.

Para conocer la prioridad de los equipos tenemos a continuación como ejemplo el listado de las máquinas de la Línea de Laminación N°1.

EQUIPOS	INTERCAMBIABILIDAD		
	A	B	C
Controlador de Tensiones	X		
Compensador de armaduras	X		
Compensador de láminas	X		
Balsa de Impregnación	X		
Granuladora	X		
Castillos de Enfriamiento	X		
Shock Absorber	X		
Enrolladora	X		
<b>PRIORIDAD</b>	<b>ALTA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>BAJA</b>

**Figura 32 Análisis de prioridad para los equipos**

Donde:

- A: No existe otro equipo que lo reemplace
- B: Se lo puede reemplazar con uno o dos equipos
- C: Se puede utilizar con cualquier otra máquina

Como vemos los equipos que se muestran en la *Figura 32*. Son de prioridad ALTA, por lo que a la hora de planificar su mantenimiento o en caso de averías, se los atenderá en primer lugar.

Este análisis se realiza para todos los equipos. Por disposiciones de la empresa no se detalla dicha información sobre cada uno.

### CLASIFICACIÓN:

Se define cuáles serán las opciones en *Clasificación 1*, que busca dar un detalle general sobre el tipo de equipo que se trata y *Clasificación 2* que definirá particularmente si se trata de equipos que necesitan mantenimiento en muchos casos certificado por proveedores externos. Estas opciones son:

#### *Clasificación 1:*

- Producción Industrial
- Equipos de instrumentación
- Equipos de laboratorio
- Vehículos

#### *Clasificación 2:*

- Mantenimiento general
- Mantenimiento y calibración
- Mantenimiento y verificación

Se verifica entonces que toda esta información se encuentre en el software.

Una vez establecida esta información se mantienen los datos de la *Tabla 2*. Y se comienza a levantar la información de todos los equipos, se toman fotos de cada uno, si existen placas con sus datos técnicos también se ingresan las mismas y se busca su información. En las *Figura 33 y 34*. podemos observar el proceso de identificar a los equipos y sus datos técnicos, en el caso que tengan sus respectivas placas.



**Figura 33. Tanque de Almacenaje**



**Figura 34. Motoreductor**

Se obtiene un total de 210 equipos en la planta de El Inga. Con la información de los equipos recolectada se define el Tipo de Equipo al que pertenecen, como ejemplo tenemos varias bombas en la planta, se especifica entonces su tipo, sean estas de engranajes, centrífuga, etc.

Estos Tipos de Equipos son:

<b>No.</b>	<b>Tipo de equipo</b>	<b>No.</b>	<b>Tipo de equipo</b>
1	Alineador	26	Jig de Soldadura
2	Balsa de Impregnación	27	Molino Coloidal
3	Bomba Centrifuga	28	Molino Trigonal
4	Bomba de Diafragma	29	Montacargas y Mini-cargadoras
5	Bomba de Engranajes	30	Motobomba
6	Bomba Multi-etapa	31	Motor combustión interna alternativo
7	Cabezal inyectora	32	Motor Eléctrico
8	Caldero Acuotubular	33	Moto-reductor
9	Castillos de Enfriamiento	34	Ozonificador
10	Chiller/Sistemas de Enfriamiento	35	Volteadora
11	Compensador	36	Prensa
12	Compresor de Pistón	37	Quemador
13	Compresor de Tornillo	38	Reductor
14	Conformadora	39	Shock Absorber
15	Controlador de tensiones	40	Sistema Contra Incendios
16	Cortadora de Láminas	41	Sistema de Secado
17	Elevador de Cangilones	42	Tablero Eléctrico
18	Empalmadora	43	Tanque de Almacenamiento Asfalto
19	Enrolladora	44	Tanque de Almacenamiento Fillers
20	Equipo de frenado	45	Tanque de Mezclado
21	Equipos de Soldadura	46	Teclé Eléctrico
22	Filtro	47	Tolvas Granuladoras
23	Gofradora	48	Tornillo Sin Fin
24	Intercambiador de Calor	49	Tren de Laminación
25	Inyectora	50	Túnel de secado

**Figura 35 Tipos de Equipos de la empresa IMPTEK Planta El Inga**

### 3.1.3. Planes de mantenimiento

Para elaborar los planes de Mantenimiento primero se debe definir qué tipo de Mantenimiento predomina en cada equipo, pudiendo ser Predictivo, Preventivo, Correctivo. Este análisis se lo realiza únicamente para los equipos de la Línea de Laminación N°1. Ya que dentro del alcance se ha establecido que para todos los equipos de la Planta El Inga se elaborará planes de Mantenimiento Preventivo.

Debido a que en la línea de producción mencionada se implementará el TPM, se hace entonces un análisis más detallado sobre las actividades que tendrán sus planes de Mantenimiento.

### 3.1.3.1. Categorización de equipos

Para realizar el análisis que nos ayudará a determinar el tipo de mantenimiento predominante para cada equipo, utilizamos la siguiente matriz de categorización:

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA					
LÍNEA:	LAMINACIÓN N°1	MÁQUINA/EQUIPO:	CATEGORÍA		
N°	Parámetro	DESCRIPCIÓN	A	B	C
1	Intercambiabilidad	Puede ser sustituida por otra máquina de la planta	Es irremplazable	Se la puede reemplazar por 1 o 2 máquinas	Se puede reemplazar con cualquier otra máquina
2	Nivel de utilización	Porcentaje en el que la máquina se ha utilizado durante la jornada.	Se la utiliza entre el 90 y 100%	En un porcentaje inferior a 90 % de la jornada	Trabajos de apoyo o complementarios
3	Mantenibilidad	Facilidad y seguridad con la que se puede realizar el mantenimiento	Baja mantenibilidad	Media mantenibilidad	Elevada mantenibilidad
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	Resistencia a condiciones como temperatura, presión, humedad.	Necesitan condiciones especiales de protección	Protección normal o moderada	No necesitan de grandes protecciones
5	Grado/ Automatización	Si la máquina es automática, semi-automática o si es manual.	Automáticas, Robots	Semi-automática	Operada manualmente
6	Seguridad Operacional	Determinar cuánto puede afectar a el hombre en caso de accidente o mal funcionamiento	Muy peligrosa	Peligrosidad reducida	No representa peligrosidad, sólo en caso de mal uso
7	Afectación al medio ambiente	Grado de afectación al medio ambiente.	Provoca graves afectaciones	Afecta en baja medida	No afecta en ningún grado
<b>TOTAL</b>					
<b>PRIORIDAD:</b>			Alta	Media	Baja

**Figura 36 Matriz de Categorización de Maquinaria**

(Fuente: Cruz R. Metodología para la diferenciación y categorización de las máquinas e instalaciones., 2008, pg. 127)

A continuación, se tiene el desarrollo de estas tablas para algunos de los equipos de la Línea de Laminación N° 1:

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA						
LÍNEA:	LAMINACIÓN No.1	MÁQUINA/EQUIPO:	CONTROLADOR DE TENSIONES/EMPALMADORA			
N°	Parámetro	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA			
			A	B	C	
1	Intercambiabilidad	No se tiene una máquina con la que se pueda reemplazar a este equipo	X			
2	Nivel de utilización	Utilizada al 87,5% de la producción		X		
3	Mantenibilidad	Media mantenibilidad		X		
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	Necesita protección normal		X		
5	Grado/Automatización	Semi-automática		X		
6	Seguridad Operacional	Peligrosidad reducida		X		
7	Afectación al medio ambiente	Afecta en medida moderada		X		
TOTAL			1	6	0	
Tipo de Mantenimiento				<b>Prevent.</b>		

**Figura 37 Matriz de Categorización de Controlador de Tensiones**



MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA

LÍNEA:	LAMINACIÓN No.1	MÁQUINA/EQUIPO:	COMPENSADOR DE LÁMINAS		
Nº	Parámetro	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
			A	B	C
1	Intercambiabilidad	Existen dos compensadores pero cada uno con una función específica. Si existe daño habría para en la producción	X		
2	Nivel de utilización	Utilizada al 87,5% de la producción		X	
3	Mantenibilidad	Media mantenibilidad		X	
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	No necesita protección adicional			X
5	Grado/Automatización	Semi-automática		X	
6	Seguridad Operacional	Peligrosidad alta	X		
7	Afectación al medio ambiente	No afecta al ambiente			X
TOTAL			2	3	2

Tipo de Mantenimiento **Prevent.**

**Figura 38 Matriz de Categorización de Compensador de Láminas**

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA

LÍNEA:	LAMINACIÓN No.1	MÁQUINA/EQUIPO:	BALSA DE IMPREGNACIÓN		
Nº	Parámetro	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
			A	B	C
1	Intercambiabilidad	No se la puede reemplazar con otro equipo	X		
2	Nivel de utilización	Utilizada al 87,5% de la producción		X	
3	Mantenibilidad	Alta mantenibilidad	X		
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	Necesita protección normal		X	
5	Grado/Automatización	Semi-automática		X	
6	Seguridad Operacional	Peligrosidad elevada	X		
7	Afectación al medio ambiente	Afecta en medida moderada		X	
TOTAL			3	4	0

Tipo de Mantenimiento **Prevent.**

**Figura 39 Matriz de Categorización de Balsa de Impregnación**

## MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA

LÍNEA:	LAMINACIÓN No.1	MÁQUINA/EQUIPO:	GRANULADORA		
N°	Parámetro	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
			A	B	C
1	Intercambiabilidad	No existe otra máquina con la que se pueda reemplazar	X		
2	Nivel de utilización	Utilizada al 70% de la producción		X	
3	Mantenibilidad	Media mantenibilidad		X	
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	Necesita protección normal		X	
5	Grado/Automatización	Semi-automática		X	
6	Seguridad Operacional	Peligrosidad reducida	X		
7	Afectación al medio ambiente	Afecta en medida moderada		X	
TOTAL			2	5	0
Tipo de Mantenimiento			<b>Prevent.</b>		

Figura 40 Matriz de Categorización de Granuladora

## MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA

LÍNEA:	LAMINACIÓN No.1	MÁQUINA/EQUIPO:	SHOCK ABSORBER		
N°	Parámetro	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
			A	B	C
1	Intercambiabilidad	No se puede reemplazar a la máquina con otra	X		
2	Nivel de utilización	Utilizada al 87,5% de la producción		X	
3	Mantenibilidad	Media mantenibilidad		X	
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	No necesita protección adicional			X
5	Grado/Automatización	Semi-automática		X	
6	Seguridad Operacional	Peligrosidad reducida		X	
7	Afectación al medio ambiente	No afecta al ambiente			X
TOTAL			1	4	2
Tipo de Mantenimiento			<b>Prevent.</b>		

Figura 41 Matriz de Categorización de Shock Absorber

## MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA

LÍNEA:	LAMINACIÓN No.1	MÁQUINA/EQUIPO:	ENROLLADORA		
N°	Parámetro	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
			A	B	C
1	Intercambiabilidad	No existe otra máquina con la que se pueda reemplazar la función que tiene	X		
2	Nivel de utilización	Utilizada al 87,5% de la producción		X	
3	Mantenibilidad	Media mantenibilidad	X		
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	Necesita protección normal		X	
5	Grado/Automatización	Semi-automática		X	
6	Seguridad Operacional	Peligrosidad reducida		X	
7	Afectación al medio ambiente	No afecta al ambiente			X
TOTAL			2	4	1
Tipo de Mantenimiento			<b>Prevent.</b>		

Figura 42 Matriz de Categorización de Enrolladora

## MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA

LÍNEA:	LAMINACIÓN No.1	MÁQUINA/EQUIPO:	MOTOREDUCTOR GRANULADORA		
N°	Parámetro	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
			A	B	C
1	Intercambiabilidad	No existe otro equipo para reemplazar a este motoreductor.	X		
2	Nivel de utilización	Utilizada al 87,5% de la producción		X	
3	Mantenibilidad	Mantenibilidad alta	X		
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	Necesita protección normal		X	
5	Grado/Automatización	Semi-automática	X		
6	Seguridad Operacional	Peligrosidad reducida		X	
7	Afectación al medio ambiente	No afecta al ambiente			X
TOTAL			3	3	1
Tipo de Mantenimiento			<b>Predic</b>	<b>Prevent.</b>	

Figura 43 Matriz de Categorización de Moto-reductor de Granuladora

## MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE MAQUINARIA

LÍNEA: LAMINACIÓN No.1		MÁQUINA/EQUIPO: MOTOREDUCTOR CASTILLOS DE ENFRIAMIENTO			
N°	Parámetro	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
			A	B	C
1	Intercambiabilidad	No existe otro equipo para reemplazar a este moto-reductor.	X		
2	Nivel de utilización	Utilizada al 87,5% de la producción		X	
3	Mantenibilidad	Mantenibilidad alta	X		
4	Resistencia a las condiciones del medio ambiente	Necesita protección normal		X	
5	Grado/Automatización	Semi-automática	X		
6	Seguridad Operacional	Peligrosidad reducida		X	
7	Afectación al medio ambiente	No afecta al ambiente			X
TOTAL			3	3	1
Tipo de Mantenimiento			<b>Predic</b>	<b>Prevent.</b>	

**Figura 44 Matriz de Categorización de Moto-reductor de Castillos de Enfriamiento**

A continuación, se da el listado de estos equipos con los mantenimientos que, según el análisis, se debe dar prioridad.

LISTADO DE MANTENIMIENTOS SEGÚN EQUIPOS			
LÍNEA DE PRODUCCIÓN:			
LÍNEA DE LAMINACIÓN N1			
EQUIPOS	TIPO DE MANTENIMIENTO		
	PREDICTIVO	PREVENTIVO	CORRECTIVO
CONTROLADOR DE TENSIONES/EMPALMADORA		X	
COMPENSADOR DE LÁMINAS		X	
BALSA DE IMPREGNACIÓN		X	
GRANULADORA		X	
SHOCK ABSORBER		X	
ENROLLADORA		X	
MOTOREDUCTOR DE GRANULADORA	X	X	
MOTOREDUCTOR DE CASTILLOS DE ENFRIAMIENTO	X	X	

**Figura 45 Listado de Tipo de Mantenimiento según equipos de la Línea de Laminación N°1**

Como se observa en la *Figura 45*. En todos los equipos, a excepción de los moto-reductores en donde también se prioriza el Mantenimiento Predictivo, en los demás, predomina el Mantenimiento Preventivo, por lo que se dará prioridad a la elaboración de los mismos por cada equipo. Sólo se ha colocado el análisis de dos de los moto-reductores presentes en esta línea de laminación, son los de mayor criticidad en la línea, sin embargo, los demás cuentan con similares características por lo que para estos equipos también se tomará en consideración elaborar actividades de tipo predictivas.

### 3.1.3.2. DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES

Los planes de mantenimiento de este Trabajo estarán enfocados principalmente en las Recomendaciones del fabricante, por ser en su mayoría máquinas nuevas y de las cuales no existe un historial representativo que nos pueda ser útil. En algunos casos se tomarán sugerencias de las personas a cargo de los trabajos de mantenimiento y de los trabajadores, pues ellos tienen experiencia que será de gran

utilidad y conocerán información que en ocasiones en los manuales de los equipos no es tan clara o específica.

La elaboración de los planes de mantenimiento no se hará para cada equipo ingresado, sino como se había mencionado anteriormente, se realizarán para cada Tipo de Equipo. Por lo que como mínimo se deben tener 50 Planes de Mantenimiento Preventivo. En algunos casos pese a ser el mismo tipo de equipo habrá datos, como la capacidad, que hagan variar detalles de equipo a equipo, por lo que la cantidad de planes puede aumentar.

Una vez que tenemos recolectada la información de los equipos en base a sus manuales, elaboramos las actividades para cada plan de mantenimiento de los equipos.

### ***FRECUENCIA***

Uno de los objetivos de este Trabajo es cambiar en todos los casos posibles el Régimen de las frecuencias que se tendrán para las actividades de mantenimiento. Anteriormente se tenía un régimen de fechas calendario, es decir, los mantenimientos de todos los equipos se realizaban cada mes, tres meses, etc. Se han visto inconvenientes en mantener este régimen, pues la actividad de los equipos es muy variable. En este caso se presenta un problema claro, se puede tener un exceso de mantenimiento en algunos equipos mientras que en otros hay mantenimiento tardío, lo que se ve reflejado por daños en los equipos, provocando en ocasiones paros de varios días. Todo esto genera pérdidas a la empresa.

Para combatir este problema se decide cambiar el régimen a una frecuencia en la que el tiempo, que sugieren los fabricantes para realizar las actividades de mantenimiento, antes reflejado en uno, dos, tres meses ahora se lo tiene por horas. No en todos los equipos se cambiará a este régimen, pues son equipos que trabajan 24 horas al día 7 días a la semana, y en otros casos como los Tanques de Almacenamiento siempre se encuentran con material dentro, en dichos casos sería innecesario este cambio de régimen.

Para poder calcular entonces las Horas Reales de Operación y así asignar las frecuencias de las actividades de mantenimiento se utiliza la siguiente expresión:

$$\mathbf{Horas = Hd * DL * ML * Iop} \quad \text{Ecuación. 2}$$

Donde:

- Hd: Número de horas de trabajo en el día
- DL: Número de días laborables al mes
- ML: Número de meses para los que se desea la frecuencia.
- Iop: Índice de horas efectivas de operación

Los datos con los que se trabajará inicialmente serán los siguientes:

**Hd= 10 horas/día**

**DL=22 días/mes**

**ML= 1 mes**

**Iop= 0.875**

*Nota:* el índice de horas efectivas de operación toma en cuenta restar aquellos tiempos de cambio de turno, demoras por movimientos de un lugar a otro, entre otros. El valor asignado de 0.875 es proporcionado por la empresa.

El valor de las horas que los equipos trabajarán aproximadamente en un mes será entonces el calculado a continuación:

$$\mathbf{Horas = 10 * 22 * 1 * 0.875}$$

$$\mathbf{Horas = 192,5 \approx 190}$$

En la siguiente tabla se dan los valores correspondientes para 2 meses en adelante, también se calcula para quince días, en cuyo caso el número de días laborables (DL) cambia a 11 días.

**Tabla 1****Horas estimadas de trabajo de los equipos de acuerdo a los meses**

Meses	Cálculo Horas	Aproximado
15 (días)	96.25	95
1	192,2	190
2	385	385
3	577,5	575
6	1155	1155
12	2310	2310

Tomando en consideración estos valores se elabora los planes de Mantenimiento Preventivo para los equipos. Es importante manifestar que los valores de la *Tabla 1*. Están sujetos a cambios, ya que más adelante cuando se active cada equipo con su respectivo plan se podrá definir si esta cantidad de horas corresponde al número de meses que en realidad se trabaje o produzca. Por lo que las horas al día de trabajo pueden variar.

**MEDIDAS DE SEGURIDAD**

Dentro de los planes de mantenimiento se deben adjuntar medidas de seguridad que se deben tener presentes al momento de efectuar las actividades. Las mismas que cambiarán de acuerdo a los tipos de mantenimiento, si son en equipos mecánicos, eléctricos o tanques (lugares cerrados).

La empresa IMPTEK proporciona las siguientes Medidas de Seguridad:

**MEDIDAS DE SEGURIDAD EN ESPACIOS CERRADOS**

- 1.- Equipo de trabajo mínimo 2 personas.
- 2.- Revise o coloque el respectivo bloqueo y etiquetado al equipo.  
Responsable del Bloqueo \_\_\_\_\_
- 3.- Asegúrese que exista buena ventilación en el lugar de trabajo.
- 4.- Salga a tomar aire por lo menos cada media hora.



- 5.- Revise que las vías de evacuación no se encuentren obstruidas.
- 6.- Revise que el lugar de trabajo tenga una buena iluminación.

Equipo de Protección Personal a utilizarse

- 1.- Guantes [\_\_]
- 2.- Zapatos de seguridad [\_\_]
- 3.- Casco de seguridad [\_\_]
- 4.- Gafas de seguridad [\_\_]
- 5.- Mascarilla [\_\_]

#### MEDIDAS DE SEGURIDAD EQUIPOS MECÁNICOS

- 1.- Revise que el área este limpia y ordenada
- 2.- Revise o coloque el respectivo bloqueo y etiquetado al equipo  
Responsable del Bloqueo \_\_\_\_\_
- 3.- Revise que las herramientas se encuentren en buen estado
- 4.- Revise que exista un equipo contra incendios en el área.
- 5.- Revise que las vías de evacuación no se encuentren obstruidas.
- 6.- No realizar trabajos de limpieza con líquidos combustibles.

Equipo de Protección Personal a utilizarse

- 1.- Guantes [\_\_]
- 2.- Zapatos de seguridad [\_\_]
- 3.- Casco de seguridad [\_\_]
- 4.- Gafas de seguridad [\_\_]
- 5.- Mascarilla [\_\_]

#### MEDIDAS DE SEGURIDAD EQUIPOS ELÉCTRICOS

Para Realizar Trabajos Con Tensión

- 1.- Revise que el área este limpia y ordenada
- 2.- No utilice elementos metálicos (cadenas, anillos)
- 3.- Aislé el lugar donde se va a realizar el trabajo
- 4.- Revise que las herramientas se encuentren en buen estado
- 5.- Revise que exista un equipo contra incendios en el área.

Para Realizar Trabajos Sin Tensión

- 1.- Revise que el equipo se encuentre desconectado.
- 2.- Revise o coloque el respectivo bloqueo y etiquetado al equipo.  
Responsable del Bloqueo \_\_\_\_\_
- 3.- Realice una descarga del equipo a tierra.
- 4.- Revise que las vías de evacuación no se encuentren obstruidas.

Equipo de Protección Personal a Utilizarse

- 1.- Guantes [\_\_]
- 2.- Zapatos de seguridad [\_\_]
- 3.- Casco de seguridad [\_\_]
- 4.- Gafas de seguridad [\_\_]

## 5.- Mascarilla [ ]

Con toda esta información se elaboran los planes de mantenimiento planificado para los tipos de equipo. Por cuestiones internas de la empresa no se puede detallar cada uno de los planes, sin embargo, se adjunta una lista de los planes de mantenimiento realizados, que son en total 121, en **ANEXO A**.

### 3.1.4. Adquisición de horómetros

Ya que las frecuencias para los Planes de Mantenimiento en su mayoría serán trabajadas en horas, se necesita un instrumento que nos permita conocer exactamente cuántas horas trabajan los equipos. Es por ello que es imprescindible adquirir este instrumento.

Los factores que se tienen en cuenta para el momento de adquirirlos serán:

- Cantidad a adquirir
- Voltajes de los equipos en los que se colocará
- Factibilidad económica
- Otras prestaciones

Para ello primero se elabora una lista de las localizaciones generales en las que se colocarían estos instrumentos, se considera innecesario colocar en todos los equipos, pues muchos de los equipos trabajan en serie con otros. Lo que significa que si uno está trabajando el otro también lo hará. Además, facilitará la actualización de horas por parte del personal.

La lista de equipos en donde se colocarán los horómetros con su respectivo voltaje es la siguiente:

<b>LISTADO DE HORÓMETROS EN EQUIPOS PLANTA INDUSTRIAL IMPTEK, EL INGA</b>					
<b>LOCALIZACIONES</b>			<b>EQUIPOS</b>	<b>ESP. EQUIPOS (voltaje)</b>	<b>CANTIDAD</b>
Área de Almacenamiento y transporte de asfalto	<b>Sistema de Carga y descarga de asfalto</b>		Bomba de descarga de asfalto	120	1
Área de construcción liviana	<b>Línea de poliuretanos</b>		Motor trifásico de inducción abierta N° 1	24	1
Área de corte de bandas	<b>Línea de Cortes de alumband</b>		Motor de corte de alumband	240	1
	<b>Línea de cortes de polibrea</b>		Motoreductor de cortadora de polibrea	440	1
	<b>Línea de Secado de rollos</b>		Motor secador de rollos N° 1	208	1
Área de emulsiones asfálticas	<b>Línea de emulsiones asfálticas</b>		Bomba para salida de emulsiones	220	1
			Bomba de aceite plastificante	220	1
			Bomba multi-etapas	220	1
			Bomba despacho de emulsiones	220	1
			Bomba de asfalto para emulsiones	220	1

**CONTINÚA →**

LISTADO DE HORÓMETROS EN EQUIPOS PLANTA INDUSTRIAL IMPTEK, EL INGA						
LOCALIZACIONES			EQUIPOS	ESP. EQUIPOS (voltaje)	CANTIDAD	
Área de emulsiones asfálticas	Área de solución jabonosa		Motor agitador tanque solución jabonosa N° 1	220	1	
			Motor agitador tanque solución jabonosa N° 2	200	1	
Área de laminación	Línea de Laminación N° 1		Bomba de carga de asfalto	220	1	
			Bomba de Mástico Línea de Laminación N°1	220	1	
	Línea de Laminación N° 2	Área de Gofrado	Motor Gofradora	220	1	
Área de mezcla en frío	Línea de Mezcla en frío		Motoreductor Banda transportadora	220	1	
Área de Preparación de mástico	Almacenamiento de Fillers		Elevador de cangilones	120	1	
	Sistema de Mezclado	Carga Aceite Plastificante	Motor Aceite Plastificante Laminación	110	1	
		Mezclado		Motoreductor Tanque Mezclador N° 1	120	1
				Motoreductor Tanque Mezclador N° 2	120	1
				Motoreductor Tanque Mezclador N° 3	120	1

CONTINÚA →

LISTADO DE HORÓMETROS EN EQUIPOS PLANTA INDUSTRIAL IMPTEK, EL INGA					
LOCALIZACIONES			EQUIPOS	ESP. EQUIPOS (voltaje)	CANTIDAD
Área de Preparación de mástico	Sistema de Mezclado	Pre-Mezclado	Motor de dispersión de Pre-mezclador N° 1	120	1
			Motor de dispersión de Pre-mezclador N° 2	120	1
			Motor Molino Trigonal Pre-mezclado	208	1
			Motor Filtro Pre-mezclado	120	1
			Bomba de recirculación	220	1
Línea de Metales	Línea de Bajantes y Canales		Cortadora de canales y bajantes	220	1
			Motor Conformadora canales N° 1	110	1
			Motor Conformadora canales N° 2	110	1
			Conformadora de Bajantes	220	1
		Línea de codos	Motor Conformadora de codos	220	1
		Línea de Perfiles	Conformadora de perfiles	220	1
	Sistema de abastecimiento de agua industrial			Motobomba Abastecimiento agua industrial L. Laminación N° 1	120

CONTINÚA →

LISTADO DE HORÓMETROS EN EQUIPOS PLANTA INDUSTRIAL IMPTEK, EL INGA					
LOCALIZACIONES		EQUIPOS	ESP. EQUIPOS (voltaje)	CANTIDAD	
Sistema de abastecimiento de agua industrial		Motobomba Abastecimiento agua industrial L. Laminación N° 2	120	1	
		Motobomba para solución jabonosa	220	1	
Área de calderos	<b>Almacenamiento de combustible</b>	Motobomba tanque almacenamiento Diésel N° 2	220	1	
Servicios Generales	<b>Sistema Aire Comprimido</b>	Motor compresor de pistón	118	1	

**Figura 46 Listado de equipos que llevarán horómetros**

Se contabiliza un total de 37 horómetros que se deberán colocar. En la Línea de Laminación N°1 y Línea de Laminación N°2 se cuenta con Paneles de Control digitales en donde se puede programar estos horómetros, por lo que no será necesario adquirir para estas máquinas.

Como se observa en la *Figura 46*. Los voltajes varían en rangos que van desde 24 V hasta 220 V. Es por ello que este factor influirá al momento de decidir qué instrumento comprar.

Una vez contemplada esta información se procede a realizar las respectivas cotizaciones de los equipos y se analiza entre tres ofertas.

Estas ofertas se las resume en la siguiente tabla, para mayor facilidad de análisis.

ALTERNATIVAS DE HORÓMETROS					
Detalles		A	B	C	D
<b>Marca</b>		Hangyoung Nux	EATON	Autonics	PANASONIC
<b>Datos Técnicos Fundamentales:</b>	Rango de Voltaje	24/240 VAC	230 V	24-240 VAC	24-240 VAC
		6-240 VDC		6-240 VDC	24-240 VDC
	Tipo de medidor	Digital	Analógico	Digital	Digital
<b>Costo</b>		\$75.0 + IVA	\$134.50 + IVA	\$76.0 + IVA	\$167,50 + IVA
<b>Tiempo de entrega</b>		Dos semanas	Cuatro semanas	Dos semanas	Quince semanas
<b>Calidad, basado en recomendaciones del proveedor (A, AA, AAA)</b>		A	AAA	AA	AA
<b>Otras prestaciones</b>	Batería externa:	Si. (vida aproximada 10 años)	Sin batería externa	Si. (vida aproximada 10 años)	Si. (vida aproximada 10 años)
	Precisión	+/- 0,01%	--	+/- 0,01%	--
	Tamaño:	48 X 24 X 57 mm	35 X 85 X60 mm	48 X 24 X 58 mm	--
	Tipo de montaje:	En tablero	En riel DIN	En tablero	En tablero
	No. Dígitos:	8	7	8	Dígitos: 7
	Grado IP:	IP66	IP40	IP66	--

**Figura 47 Alternativas de Horómetros**

Para decidir cuál es la mejor opción se realiza una matriz de valor y de decisión.

MATRIZ DE VALOR										
Ord	Criterios de decisión	1	2	3	4	5	6	Sum	%	WF
1	Requerimiento técnicos	1	1	1	1	1	1	5	0,3333	0,33
2	Costo		0,5	1	1	1	1	3,5	0,2333	0,24
3	Calidad		0,5	1	1	1	1	3,5	0,2333	0,23
4	Tiempo de entrega				0,5	1	1	1,5	0,1000	0,1
5	Otras prestaciones				0,5	1	1	1,5	0,1000	0,1
<b>SUM</b>								15	1,0000	1

Figura 48 Matriz de Valor

MATRIZ DE DECISIÓN										
Ord	CRITERIOS DE VALORACIÓN	WF	ALTERNATIVA A		ALTERNATIVA B		ALTERNATIVA C		ALTERNATIVA D	
			Rfa	Pa	RFb	Pb	RFc	Pc	RFc	Pc
1	Requerimiento técnicos	0,33	9	2,97	6	1,98	9	2,97	8,2	2,706
2	Costo	0,24	9	2,16	4	0,96	8,8	2,112	3,2	0,768
3	Calidad	0,23	5	1,15	9,5	2,185	8,5	1,955	8,5	1,955
4	Disponibilidad de equipos	0,1	8	0,8	6	0,6	8	0,8	2	0,2
5	Otras prestaciones	0,1	9,5	0,95	6,5	0,65	9,5	0,95	8	0,8
$\Sigma$		1		8,03		6,375		8,787		6,429
Orden de prelación			2		4		1		3	

Figura 49 Matriz de Decisión

Para la asignación de un valor de costo en la *Matriz de Decisión* se debe saber el presupuesto que se tiene para la compra de estos equipos. La empresa ha



asignado \$3000.0 a este fin, con este valor podremos entonces ayudarnos en la toma de decisión.

Como vemos en esta última matriz la mejor opción es la dada por la Alternativa C.

Se decide adquirir los horómetros de marca *AUTONICS*, su ficha técnica se adjunta en **ANEXO B**.



**Figura 50. Horómetro Marca Autonics**

### **3.1.5. Recursos**

Para poder obtener el presupuesto aproximado de cada Mantenimiento Preventivo correspondiente a la Línea de Laminación N°1, se tiene en el software la aplicación que nos permite vincular a cada equipo con su determinado plan los recursos respectivos que se utilizarán en las actividades. Para ello se debe contar con una base en donde se tenga registrada la información de los repuestos y consumibles con los que cuenta la empresa.

Para aquellos equipos cuya criticidad es alta y necesiten repuestos importantes, se deberá adquirir los mismos. Para tener esta información la empresa ha

comenzado el ingreso de los repuestos en existencia, en el auxiliar correspondiente al software MP, denominado *Inventario de Repuestos*.

Nota: la empresa se ha encargado de levantar esta información e ingresarla en el software.

## **3.2. Mantenimiento autónomo**

El Mantenimiento Autónomo es el pilar del TPM, en donde se trabaja directamente con los operadores y hace que trabajen en conjunto el área de Mantenimiento con la de Producción. En el pasado la parte operativa no realizaba actividades de mantenimiento en los equipos, el Mantenimiento Autónomo busca eliminar este hecho e involucrar a las personas que más conocen a la máquina, en este caso los operadores, y que sean ellos quienes se encarguen de actividades básicas y simples, pero, importantes de mantenimiento en cada equipo.

Para poder llevar esto a cabo es necesario que se apliquen las 5's en el área productiva y se implementen las actividades de mantenimiento que los operadores realizarán.

### **3.2.1. Registro de anomalías**

Para que las actividades de Mantenimiento Autónomo se lleven a cabo, primero es necesario dejar las máquinas en buenas condiciones iniciales.

Para ello se realiza no sólo la limpieza inicial, sino que se analizan cuáles son las fuentes de contaminación, dónde existe dificultad para realizar actividades de limpieza, lubricación y reajustes en la Línea de Laminación No.1. Para este análisis se considera necesario tener el aporte de los operadores de las máquinas, es por ello que se elaboran tarjetas de Registro de Anomalías, que serán colocadas junto a la Línea de Laminación N°1.

Estas tarjetas de Reporte de anomalías serán de dos tipos:

- Blancas: aquellas que el área de Producción reporta para que el Departamento de Proyectos y Mantenimiento tome acciones de reparaciones y mejora.
- Amarillas: aquellas que el área de Mantenimiento y Proyectos reporta a Producción para que tome ciertas acciones de mejora.

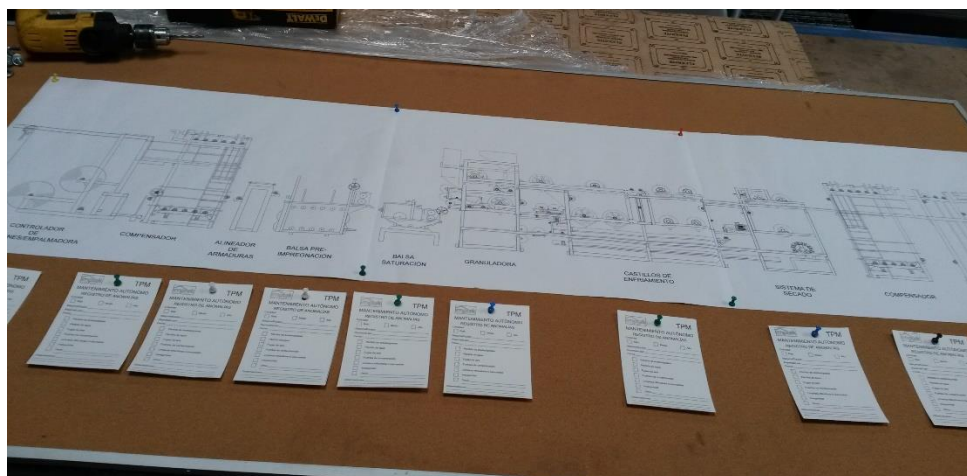
El formato de las tarjetas es el siguiente:

The image shows two TPM anomaly report cards. The left card is white and the right card is yellow. Both cards have the 'mptek' logo and the title 'TPM MANTENIMIENTO AUTÓNOMO REGISTRO DE ANOMALÍAS'. They include fields for 'Criticidad' (Bajo, Medio, Alto), 'Máquina/Equipo', 'Reportado por', and 'Fecha'. A checklist of anomalies is provided, including 'Pérdida de aceites/grasas', 'Pérdida de agua', 'Fugas de aire', 'Fuentes de contaminación', 'Limpieza dificultosa o inaccesible', 'Inseguridad', and 'Otros'. An 'Observaciones' field is at the bottom.

**Figura 51 Tarjetas de reporte de anomalías**

Cabe recalcar que este procedimiento no sólo permitirá tener acciones de mejora en la etapa inicial de esta implementación, sino que será una estrategia permanente para que se puedan ejecutar mejoras o dar soluciones a ciertas anomalías.

Para tener un mejor manejo de los reportes y sus respuestas, junto a la máquina se instalará una cartelera destinada a colocar las tarjetas, donde se aprecia toda la línea de laminación.



**Figura 52 Pizarra para tarjetas de Registro de Anomalías**

Para llevar un óptimo control tanto sobre las anomalías que se han reportado, así como de las soluciones que se tendrán para las mismas, se elabora un formato con el cual se hará el seguimiento de este proceso.

Para la elaboración de este formato, se ha recurrido a la herramienta AMEF, o Análisis de Modo de Efecto y Fallos. Si bien no se aplica exactamente como sugieren los diferentes autores, su base nos ayuda a la construcción de este formato. La principal diferencia que tiene nuestro caso con el que comúnmente manejan los AMEF, es que por lo general esta herramienta va destinada para proyectos que están en la etapa inicial, es decir, cuando aún se encuentran en diseño o construcción. Nuestro caso resulta lo contrario. Tenemos las máquinas y equipos ya en funcionamiento y puede resultar más complicado dar una solución para las fallas, anomalías o fuentes de contaminación.

Esta herramienta nos brinda un gran aporte para, de acuerdo a cada anomalía registrada, identificar los efectos que puede causar dicha falla con sus respectivas causas, además de que podemos asignar un valor dependiendo de la criticidad, el cual nos indicará automáticamente cuáles son los proyectos de mayor prioridad y por los que se debe empezar en la planificación.

Una vez asignadas las soluciones a los problemas, con las personas a cargo de dicho proyecto, los encargados por parte de producción darán seguimiento al cumplimiento de dichas acciones correctivas.

El formato es el siguiente:



MANTENIMIENTO AUTÓNOMO																	
SOLUCIONES A ANOMALÍAS																	
LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1																	
No	Reportado por	Fecha	Máquina	PROBLEMA/ ANOMALÍA	Detalles del problema	Posible(s) efecto(s)	Severidad (S)	Posible(s) Causa(s) Raíz	Probabilidad (P)	Criticidad (C) = (S)*(P)	SOLUCIÓN	Estado	Fecha de entrega	Responsable del proyecto	Responsable de seguimiento	Observaciones de soluciones	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	

Figura 53 Formato de seguimiento de anomalías y soluciones

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE SEVERIDAD</b>		
<b>EFFECTO</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>RANGO</b>
<b>Ninguno</b>	Sin efecto	1
<b>Muy poco</b>	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño de las máquinas o sistema	2
<b>Poco</b>	Cliente algo molesto. El producto puede tener que ser re-trabajado, sin deshecho.	3
<b>Menor</b>	El cliente se siente un poco fastidiado. El producto puede ser seleccionado, sin deshecho y una parte re trabajada.	4
<b>Moderado</b>	El cliente se siente insatisfecho. Se puede llegar a necesitar re-trabajo en el 100% del producto.	5
<b>Significativo</b>	El cliente se siente inconforme. Una parte del producto necesita reparación o re-trabajo con costos elevados.	6
<b>Alto</b>	El cliente está muy insatisfecho. Una parte del producto debe ser desechada y el resto reparada a precios muy elevados	7
<b>Muy alto</b>	Se ha perdido la función primaria del artículo. Puede que todo el producto tenga que ser desechado	8
<b>Peligroso con aviso</b>	Peligro potencial. Involucra un incumplimiento de alguna norma gubernamental, pero con aviso.	9
<b>Peligroso sin aviso</b>	El peligro afecta la operación segura. Presenta incumplimiento de norma gubernamental sin aviso.	10

**Figura 54 Criterios de Evaluación de Severidad**

**(Fuente: Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation. Potential Failure Mode and effects analysis FMEA. Reference Manual. Fourth Edition.)**

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE OCURRENCIA		
OCURRENCIA	PROBABILIDAD DE FALLA	RANGO
Remota	< 0,01 por mil piezas	1
Muy poca	0,1 por mil piezas	2
	0,5 por mil piezas	3
Poca	1 por mil piezas	4
	2 por mil piezas	5
	5 por mil piezas	6
Moderada	10 por mil piezas	7
	20 por mil piezas	8
Alta	50 por mil piezas	9
	≥100 por mil piezas	10

**Figura 55 Criterios de Evaluación de Ocurrencia**

(Fuente: *Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation. Potential Failure Mode and effects analysis FMEA. Reference Manual. Fourth Edition.*)

### 3.2.2. Estandarización de actividades de mantenimiento autónomo

Una vez definidos los equipos en los cuales se aplicará el Mantenimiento autónomo, en este caso todos los que pertenecen a la Línea de Laminación N°1, se procede a estandarizar las actividades básicas de mantenimiento que son necesarias para mantener al equipo en óptimas condiciones.

#### 3.2.2.1. Formatos de estandarización de actividades

Para la elaboración del formato en donde se definirán las actividades, es necesario plantearse las 6 preguntas básicas; qué, por qué, dónde, cómo, cuándo, quién. Contempladas estas preguntas se elabora un formato amigable, sencillo, que contemple todo lo necesario y que cualquier persona que comience a trabajar en estos equipos lo pueda hacer de una manera rápida y eficiente.

Las actividades que se realizan en el Mantenimiento Autónomo son actividades básicas de tres tipos:

- Limpieza
- Lubricación
- Reajustes



Se debe considerar para estas actividades que el tiempo que se tarden en hacerlas debe ser el mínimo posible para que no se conviertan en actividades que, por el contrario, ocasionen paras muy largas, lo que implica más gastos. Por ello en los formatos de estandarización, se especifica el tiempo que tardarán y el número de operadores que se necesitan para llevar a cabo estas actividades, mientras más específico se realice este formato, se dará menor margen a tiempos ociosos.

Para facilidad de los operadores se muestran con ilustraciones qué equipos y qué partes serán a las que deban realizar mantenimiento. Así como la localización de dónde se encuentran dichos equipos, una vez más, el tener identificados por Tipo de Equipo facilitará a que la cantidad de formatos sea menor. En el **ANEXO C**, tenemos el esquema del formato, en el cual además se presenta como ejemplos las actividades que se realizan para el equipo *Secador de Láminas* y para el equipo *Controlador de Tensiones*.

### **3.2.2.2. Formatos de registro de actividades de mantenimiento autónomo**

Para poder llevar el control de las actividades de mantenimiento autónomo realizadas por los operadores, se elaboran formatos de registro de las mismas.

En estos formatos se necesita identificar en qué equipos realizan las actividades, y cuáles se deben llevar a cabo para cada equipo.

Ya que la frecuencia con la que deben elaborar las actividades se ha programado en base a las horas que marcan los horómetros de los equipos, se considera idóneo que en los formatos de registro se apunten estas horas y las horas que debe tener para el próximo mantenimiento, ayudará a los trabajadores a tener presente las futuras actividades. También debe establecer el responsable de cada actividad. El formato es el que se muestra a continuación:

		Registro de Mantenimiento de Maquinarias y Equipos													Código: MTO-08							
		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO													Revisión: 00							
		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO													Mes:							
LOCALIZACIÓN (ES):		Línea de Laminación N° 1				RESPONSABLE (S):																
N°	EQUIPOS	ACTIVIDADES	Tiempo est. (min)	FRECUENCIA (horas)	No. Operarios	Fechas / horas (horómetro)																
						1	Tiempo real	Resp	2	Tiempo real	Resp	3	Tiempo real	Resp	4	Tiempo real	Resp	5	Tiempo real	Resp		
31	<b>BALSA DE IMPREGNACIÓN (Horómetro de Referencia: Trac./Enfriamiento)</b>	Limpieza de los rodillos y verificación de alineación y correcto nivelado	20	75	2																	
		Prox:																				
32		Lubricación de chumaceras y rodamientos	10	150	1																	
		Prox:																				
37	<b>ELEVADOR DE CANGILONES (Horómetro de Referencia: Elevador Cangilones)</b>	Limpieza cangilones y estructura	10	40	1																	
		Prox:																				
38		Limpieza válvula de iris y revisar su estado	4	40	1																	
		Prox:																				
39		Lubricación chumaceras y rodamientos.	15	150	2																	
		Prox:																				

Figura 56 Formato de Registro de Mantenimiento Autónomo de Maquinarias y Equipos

### **3.2.2.3. Materiales e insumos**

Es indispensable para no aumentar el tiempo que se demoran en realizar las actividades, que se den todas las facilidades y eliminar factores de demora, como cuando no tienen a su alcance las herramientas e insumos necesarios, es por ello que se les indica en los Formatos de Estandarización qué insumos y herramientas necesitan en cada mantenimiento.

Para que cuenten con todo lo necesario se implementa un área designada a las herramientas e insumos que utilizarán específicamente en estas actividades. Aplicando las 5'S, estarán correctamente clasificadas e identificado el lugar en dónde colocarlas.

El listado de todas las herramientas e insumos se define una vez elaboradas las actividades de mantenimiento autónomo y se procede a cotizar lo necesario.

A continuación, se enlista todo lo necesario y se define qué cosas se deben comprar. Los casos en los que no se necesita adquirir material nuevo, es porque en la planta se cuenta con dichos insumos.

<b>HERRAMIENTAS E INSUMOS REQUERIDOS PARA REALIZAR LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b>				
<b>No.</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SE TIENE EN PLANTA</b>	<b>SE DEBE ADQUIRIR</b>
1	Bomba engrasadora	3		X
2	Grasa Multifak EP2	2 kg	X	
3	Grasa Thermatex EP2	2 kg	X	
4	Grasa Texclad	2 kg	X	
5	Aceite de transmisión MEROPA 220	1 Gl	X	
6	Aceitero	1		X
7	Limpiador de frenos	1	X	
8	Paño sin pelusa	4		X
9	Haípe	5 lb	X	
10	Espátula	2		X
11	Brocha	2		X
12	Juego de llave de tuercas (10-24 mm)	1		X
13	Llave mixta 19 mm	1	X	
14	Llave mixta 24 mm	1	X	
15	Llave mixta 27 mm	2		X
16	Llave mixta 28 mm	1	X	
17	Llave mixta 30 mm	1	X	
18	Medidor de tensión	1		
19	Nivel de burbuja	1	X	
20	Escoba	1	X	
21	Llave de tubo 18-3"	1		X
22	Llave ajustable 12"	1		X
23	Juego llaves allen mm	1		X
24	Juego llaves allen pulg	1		X
25	Martillo de bola	1		X
26	Juego de destornilladores	1		X

**Figura 57 Herramientas e Insumos para realizar actividades de Mantenimiento Autónomo**

Las cantidades de insumos, son valores aproximados que se consumirán en un mes.

Para los artículos que se deben comprar se obtuvo dos cotizaciones. De las cuales se analizó principalmente los costos y marcas de las herramientas.

Se tienen pocas variaciones, la mayor diferencia son principalmente en marcas de herramientas como llaves mixtas y destornilladores. Estas herramientas van a tener en algunos casos trabajos pesados. Por lo que se decide escoger las de marca Stanley que nos ofrece mayor confiabilidad, basándonos en la experiencia con dichas herramientas.

## CAPÍTULO 4

### IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO

#### PLANIFICADO Y AUTÓNOMO

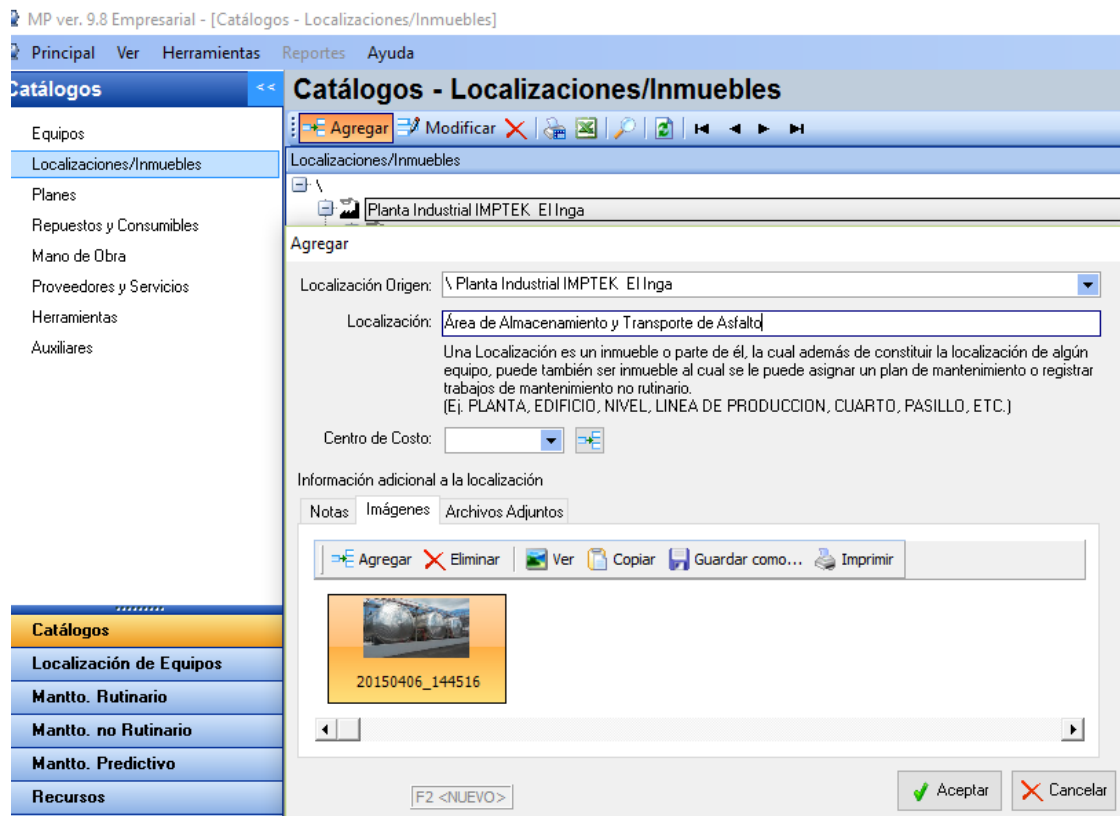
##### 4.1 Mantenimiento planificado

Ya que se han establecido la lista de localizaciones, los tipos de equipo, y se ha definido la información a ingresar de cada equipo; se procede ahora a asentar dicha información en el software MP versión 9.8 que permitirá la gestión de este mantenimiento.

###### 4.1.1. Localizaciones

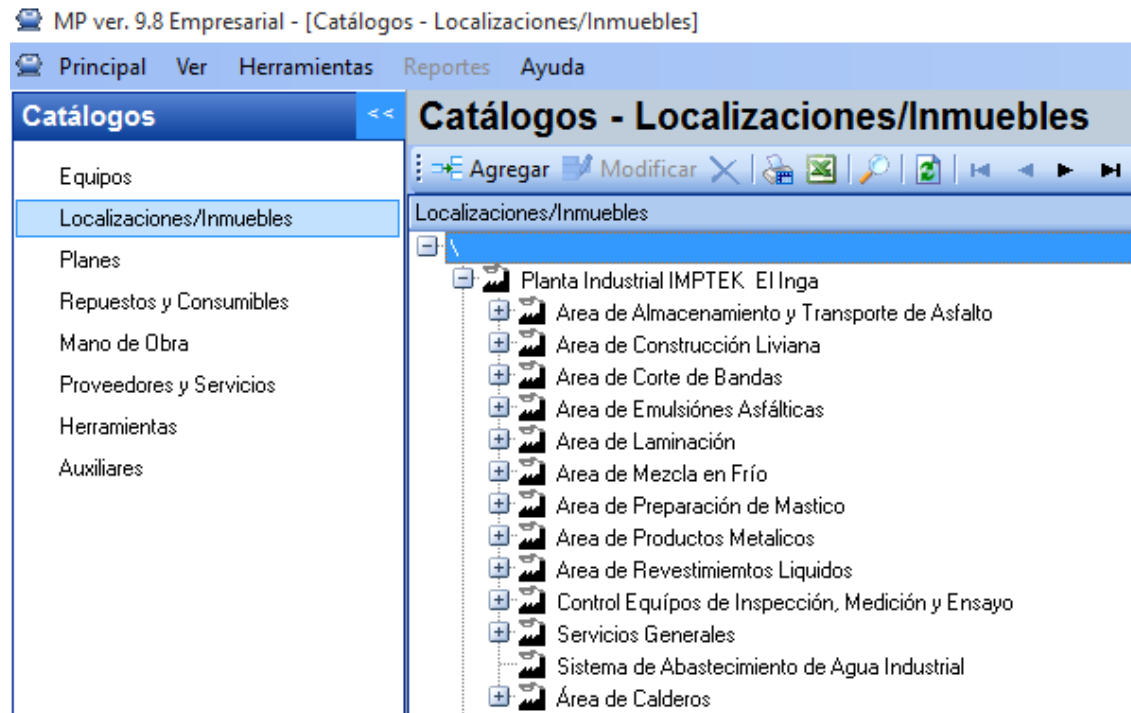
A las localizaciones que ya se han establecido ahora se las va a ingresar en el software MP versión 9.8 Para ello se debe ir, a la opción *Catálogos*, a la herramienta *Localizaciones*; seleccionamos agregar, como se muestra en la figura siguiente, y escribimos el nombre de la localización, se puede adjuntar a la misma fotos o información adicional que se considere importante.

Como ejemplo tenemos el ingreso del Área de Almacenamiento y Transporte de Asfalto, con una imagen que permite apreciar físicamente qué área es.



**Figura 58 Ingreso de Localizaciones en el Software MP versión 9.8.**

Una vez que se han agregado todas las Áreas se puede apreciar la lista final. En cada una se desplegará sus respectivas sub-áreas.






**Figura 59. Localizaciones ingresadas en el Software MP versión 9.8.**

#### **4.1.2. Equipos**

Una vez levantada toda la información de cada equipo se procede a ingresar en el software. Para ello vamos a utilizar el siguiente ejemplo.

Como ejemplo del ingreso de los equipos se realizará paso a paso el ingreso del equipo: Secador de Láminas, perteneciente a la Línea de Laminación 1 (de láminas con armaduras).



EQUIPO	SECADOR de láminas
Imágenes:	
<b>Secador</b>	
<b>Cuchillas</b>	<b>Placa del motor</b>
	
<b>DATOS</b>	
Marca:	FPZ
Modelo/Diseño:	K11-MS
No. de serie:	E90596 2014
Capacidad:	20.0 HP
Custodio:	Jefe de Producción
Prioridad:	Alta
Clasificación 1:	Equipo de producción
Clasificación 2:	Mantenimiento
Centro de costo:	Laminación
Localización:	Área de Laminación/Línea de Laminación 1/ Tren de Laminación
Tipo de Equipo:	Sistema de Secado
Proveedor:	--
Notas:	Este modelo cuenta con material fono-absorbente.
Archivos Adjuntos:	BLOWER. Pdf/ SN1801-9.pdf

**Figura 60 Información de equipo Secador de Láminas.**

Pasos para ingresar en el software la información:

- 1) Abrir en el menú *Catálogos* la opción *Equipos*. Seleccionar la opción *Agregar*, se desplegará una ventana cuyos campos están vacíos y donde observamos, se encuentra toda la información que se estableció en la *Figura 31*, como se muestra a continuación:

Agregar

Equipo :  \*

Capacidad:

Marca:

Modelo/Diseño :

N° de Serie :

Código:

Custodio :

Instructivo Utilizado :

Prioridad:

Clasificación 1:

Clasificación 2:

Centro de Costo:

Equipo Padre:

Localización:

Tipo de Equipo:

Campos Personalizados:

**Campos Personalizados:**

**Figura 61 Imagen de la ventana para Agregar un equipo en el software MP.**

- 2) Ingresar la información que tenemos en la *Figura 60*.

Como información adicional el dato *Instructivo Utilizado* será el mismo para todos los equipos que se ingresen en este Trabajo Investigativo y será: IT-MTO-42. Este documento pertenece a información interna de la empresa, sobre la Gestión de Mantenimiento.

El *Código* es un dato que junto con la empresa se asigna para todos los equipos.

Se define la *Localización* dando click en el recuadro y seleccionando en este caso dentro de Planta Industrial Imptek/Área de Laminación/Línea de Laminación N1/Tren de Laminación.

En las opciones de *Imágenes* y *Archivos Adjuntos*, se debe colocar *Agregar* y seleccionar las imágenes y archivos mostrados en la tabla. En estas opciones vale aclarar que si en la empresa no se cuenta con archivos como Manuales o fichas técnicas se deben conseguir con el Proveedor o en la página del fabricante, pues será información necesaria para elaborar los Planes de Mantenimiento Preventivo o para actividades futuras de reparación.

Equipo : SECADOR LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 \*

Capacidad: 20.0 HP

Marca: FPZ

Modelo/Diseño : K11-MS

N° de Serie : E90586 2014

Código: IEA-052-019

Custodio : SUPERVISOR DE IMPERMEABILIZACIÓN

Instructivo Utilizado : IT-MTD-42

Prioridad: Alta ▼

Clasificación 1: 01.- Equipo de Producción ▼ ➡

Clasificación 2: 01.- Mantenimiento ▼ ➡

Centro de Costo: 120700 ▼ ➡ **Laminación**

Equipo Padre:

Localización: \Planta Industrial IMPTEK El Inga \Area de Laminación \Lir ▼ ➡

Tipo de Equipo: 52.- Sistema de Secado ▼ ➡

Campos Personalizados Proveedor Notas Imágenes Archivos Adjuntos

➡ Agregar ✖ Eliminar 📁 Abrir 💾 Guardar como...

Ruta	Archivo
Documentos\BLOWER L.LAMINACION 1\	BLOWER.pdf
Documentos\BLOWER L.LAMINACION 1\	SN1801-9.pdf

◀ ▶ F2 <NUEVO>

**Figura 62 Información del Equipo Secador Línea de Laminación N°1 ingresada.**

Se presiona *Aceptar* y el equipo ya se encuentra en la base de datos del Software MP.

Este trabajo se debe hacer con los 210 equipos de los cuales se obtuvo la información.

Cuando se han ingresado todos, se va a poder apreciar una lista como la de la siguiente figura.

MP ver. 9.8 Empresarial - [Catálogos - Equipos]

Principal Ver Herramientas Reportes Ayuda

### Catálogos - Equipos

Agregar Modificar Grupos Descripción Localización \ Planta Industrial IMPTEK El Inga \ Area de Laminación \ Línea de Laminación

Filtro rápido Quitar filtro

Arrastra el encabezado de la Columna a esta área para agruparla

Tipo	Descripción	Prioridad	Tipo de Equipo	Clasificación 1
	ALINEADOR DE ARMADURAS 40 M/MIN KATHERINE GONZÁLEZ / LUIS ZAMBRANO	Alta	40.- Alineador	01.- Equipo de Producción
	ALINEADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN FIFE GUIDE	Alta	40.- Alineador	01.- Equipo de Producción
	BALSA DE IMPREGNACIÓN LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 REISER	Alta	31.- Balsas de Impregnación	01.- Equipo de Producción
	BALSA DE PRE-IMPREGNACIÓN LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 REISER	Alta	31.- Balsas de Impregnación	01.- Equipo de Producción
	BOMBA DE MÁSTICO LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 200 GPM VIKING PUMP LS224A 8591940257	Alta	13.- Bomba de Engranajes	01.- Equipo de Producción
	CASTILLOS DE ENFRIAMIENTO LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN IMPTEK FAUSTO REYES	Alta	37.- Castillos de Enfriamiento	01.- Equipo de Producción
	COMPENSADOR DE ARMADURAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN REISER REISER	Alta	20.- Compensador	01.- Equipo de Producción
	COMPENSADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 40 M/MIN REISER REISER	Alta	20.- Compensador	01.- Equipo de Producción
	CONTROLADOR DE TENSIONES LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN ANDRÉS SALAS/ IVÁN VELASCO	Alta	32.- Controlador de tensiones	01.- Equipo de Producción
	ELEVADOR DE CANGILONES LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 MARTIN	Alta	36.- Elevador de Cangilones	01.- Equipo de Producción

Descripción: **ALINEADOR DE ARMADURAS 40 M/MIN KATHERINE GONZÁLEZ / LUIS ZAMBRANO**  
 Localización: \ Planta Industrial IMPTEK El Inga \ Area de Laminación \ Línea de Laminación N°1 Compensador y alineador de armaduras

Datos Generales Campos Personalizados Proveedor Notas Imágenes Archivos Adjuntos

Equipo : **ALINEADOR DE ARMADURAS** Capacidad: **40 M/MIN**  
 Marca: Modelo/Diseño : **KATHERINE GONZÁLEZ / LUIS ZAMBRANO**  
 N° de Serie : Custodio : **SUPERVISOR DE IMPERMEABILIZACION**  
 Instructivo Utilizado : **IT-MTO-42** Código: **IEA-040-006**  
 Prioridad: **Alta** Clasificación 1: **01.- Equipo de Producción**  
 Tipo de Equipo: **40.- Alineador** Clasificación 2: **01.- Mantenimiento**  
 Equipo Padre:  
 Centro de Costo: **120700** **Laminación**

**Figura 63 Información del Equipo Secador Línea de Laminación N°1 ingresada.**

#### 4.1.3. Planes de mantenimiento

El siguiente paso es ingresar en el programa los Planes de Mantenimiento que se han elaborado, como se muestra a continuación. Como se mencionó en ANEXO A, se adjunta la lista de los Planes de Mantenimiento Preventivo que se elaboraron.

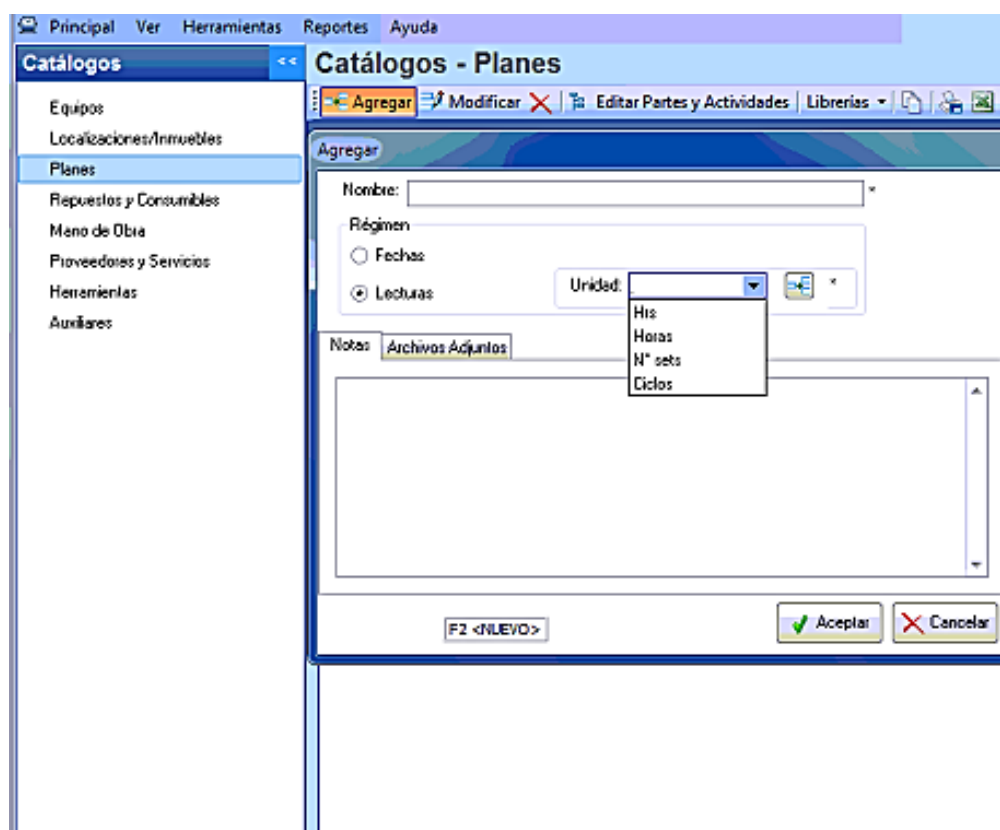
Utilizaremos como ejemplo el Plan de Mantenimiento del equipo *Secador de Láminas*. Para el cual se ha definido la siguiente información.

LISTADO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
EQUIPO:		SECADOR DE LÁMINAS		
Observaciones:		Cuenta con motor de 20.0 HP. Este equipo tiene un plan propio, el cual sólo será adjuntado al del Secador de Láminas		
ELEMENTOS/ PARTES	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA	IMÁGENES
Blower	Limpieza interna	Para realizar la limpieza interna, se deben seguir los siguientes pasos:	2310 hr	<p>Para efectuar la limpieza interna:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar la unidad en posición vertical, apoyando el cárter del ventilador sobre una superficie plana y estable (1).</li> <li>Aflojar los tornillos (2).</li> <li>Desmontar el pie (3).</li> <li>Aflojar los tornillos de la tapa (4).</li> <li>Quitar la tapa (5).</li> <li>Aflojar el tornillo y quitar la arandela (6).</li> <li>Desmontar el cojinete y la tapa del cojinete (7).</li> <li>Desmontar el rodete (8).</li> <li>Limpiar y ensamblar los componentes siguiendo la secuencia en orden contrario.</li> <li>Sellar con System RS01 Arexons o Loctite 5970.</li> </ul> 
		*Colocar la unidad en posición vertical, apoyando el ventilador sobre una superficie plana y estable.		
		*Aflojar los tornillos, desmontar el pie.		
		*Aflojar los tornillos de la tapa, Quitar la tapa.		
		*Aflojar el tornillo y quitar la arandela.		
		*Desmontar el cojinete y la tapa del cojinete.		
		*Desmontar el rodete.		
		*Limpiar y ensamblar los componentes siguiendo la secuencia en orden contrario.		
*Sellar con System RS01 Arexons o Loctite 5970.				
Rodamientos	Cambio de pieza	Abrir el equipo, asegurándose que está desconectado de toda fuente eléctrica	4620	
		Cambiar los rodamientos		
Filtros	Revisión General	Controlar los depósitos de polvo que se acumulan en las superficies externas del equipo.	575	
		*Sacar el filtro y limpiarlo con aire comprimido.		
		*Si esta en mal estado se lo debe cambiar.		

Figura 64 Información Plan de Mantenimiento Preventivo de Secador de Láminas

Para ingresar los Planes de Mantenimiento se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) En el menú *Catálogos* se debe seleccionar la opción *Planes*. Se Selecciona *Agregar* y se escribe el nombre del plan de mantenimiento que se va a ingresar. Tal como se muestra en la figura siguiente:



**Figura 65 Ventana para Agregar un Plan de Mantenimiento**

En esta ventana se seleccionará el Régimen bajo el cual trabajará el Plan de Mantenimiento, en caso de seleccionar *Lecturas*, podemos ingresar qué unidad se utilizará, seleccionando el cuadro verde de la parte derecha de esta opción. Allí colocamos en este caso *Horas*, se puede ir ingresando las unidades conforme se requieran. Una vez seleccionada esta opción en la opción *Notas* colocamos las Medidas de Seguridad establecidas anteriormente.

Una vez ingresadas estas medidas la ventana quedará como se muestra a continuación

Nombre:  \*

Régimen

Fechas

Lecturas

Unidad:  \*

Notas

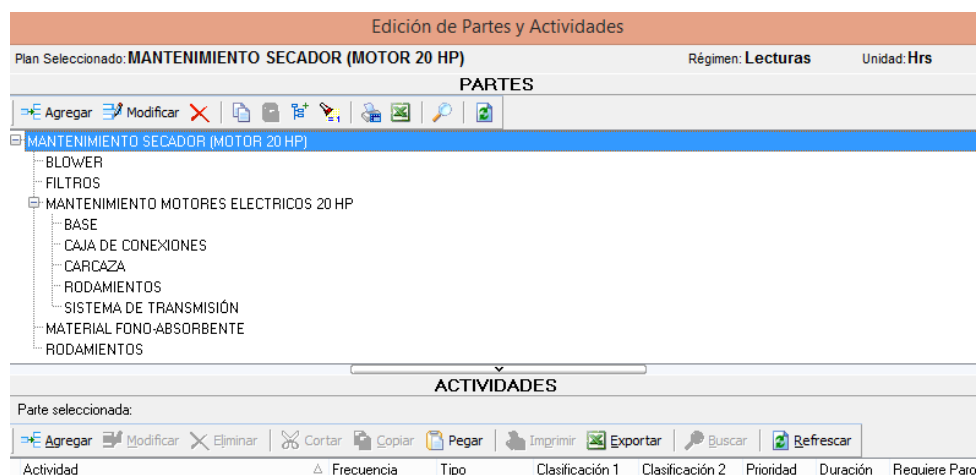
Medidas de Seguridad

- 1.- Revise que el área este limpia y ordenada
- 2.- Revise o coloque el respectivo bloqueo y etiquetado al equipo   
Responsable del Bloqueo \_\_\_\_\_
- 3.- Revise que las herramientas se encuentren en buen estado
- 4.- Revise que exista un equipo contra incendios en el área
- 5.- Revise que las vías de evacuación no se encuentren obstruidas
- 6.- No realizar trabajos de limpieza con líquidos combustibles
- 7.- Requiere permiso de trabajo   
Permiso \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_

**Figura 66 Pantalla de Plan de Mantenimiento Secador**

- 2) Cuando el plan esté creado se debe ingresar las actividades, para ello es necesario ingresar los elementos o componentes (de ser el caso), se debe dar click en el plan al cual se desea modificar y seleccionar la opción *Edición de Partes y Actividades*. Allí tenemos dos vistas en la superior podremos agregar las partes a las que se realizará el mantenimiento, mientras que en la inferior se encuentran específicamente las actividades con sus detalles.





**Figura 67 Ventana de edición de Partes y Actividades de Cada Plan de Mantenimiento.**

Como observamos en la figura en la ventana inferior hay la opción *Agregar*, seleccionamos la misma y se nos desplegará la ventana siguiente:

**Figura 68 Ventana para agregar las actividades de mantenimiento de cada Parte de los equipos.**

En esta ventana seleccionaremos qué tipo de actividad es, por ejemplo, si es una actividad de Limpieza, o de Cambio de Pieza, etc. Se definirá además la frecuencia. Se definirá la Prioridad que tiene dicha actividad y su tiempo de duración, esto permitirá planificar junto con el Área de Producción las paradas. Se definirá a detalle el Procedimiento que se seguirá. Y al igual que en otras opciones se puede insertar *Notas, Imágenes, Archivos Adjuntos*, toda esta información hará que las actividades de Mantenimiento estén perfectamente detalladas y haya menor margen a errores.

Este procedimiento se debe realizar para todos los planes de mantenimiento.

#### **4.1.4. Instalación de horómetros**

Para poder conectar a cada equipo con su plan de mantenimiento se necesita que sus horómetros se encuentren funcionando, pues el software comenzará a elaborar su registro de horas, desde ese momento. Para poder colocar los horómetros en cada tablero se debe realizar un agujero en las tapas de los mismos y realizar las conexiones como se muestra en las figuras.



**Figura 69 Perforación de tablero eléctrico**



**Figura 70 Instalación de horómetro en Tablero Eléctrico.**

#### **4.1.5. Asociación de equipos con sus planes de mantenimiento**

A medida que se van instalando los horómetros se vincula a cada equipo con su respectivo plan de mantenimiento. Para ello se debe seguir el procedimiento a continuación descrito:

- 1) Selección en el *Menú Principal* la opción *Mantto. Rutinario* y en el *Menú Secundario* seleccionar *Asociación Equipos-Planes*.

Principal Ver Herramientas Reportes Ayuda

**Mantto. Rutinario** << **Mantto. Rutinario - Asociación Equipos-Planes**

Asociación Equipos-Planes

Mantenimientos Iniciales

Mantenimientos Próximos

Equipos Fuera de Servicio

Hist. Mantos. Cerrados (por Equipo)

Ligar Planes Desligar Plan

Filtro rápido Quitar filtro Descripción Localización \ Planta Industrial IMI

Arrastra el encabezado de la Columna a esta área para agruparla

Tipo	Descripción (Equipo/Inmueble)	Plan ligado
	ALINEADOR DE ARMADURAS 40 M/MIN KATHERINE GONZÁLEZ / LUIS ZAMBRANO	MANTENIMIE
	ALINEADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN FIFE GUIDE	MANTENIMIE
	BALSA DE IMPREGNACIÓN LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 REISER	MANTENIMIE
	BALSA DE PRE-IMPREGNACIÓN LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 REISER	MANTENIMIE
	BOMBA DE MÁSTICO LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 200 GPM VIKING PUMP LS224A 8E	MANTENIMIE
	CASTILLOS DE ENFRIAMIENTO LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN IMPTEK FAUS	MANTENIMIE
	COMPENSADOR DE ARMADURAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/ MIN REISER RI	MANTENIMIE
	COMPENSADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 40 M/MIN REISER REISE	MANTENIMIE
	COMPENSADOR DE LÁMINAS Y SHOCK ABSORBER LL1	
	COMPENSADOR Y ALINEADOR DE ARMADURAS	
	CONTROLADOR DE TENSIONES LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN ANDRÉS SAL	MANTENIMIE
	ELEVADOR DE CANGILONES LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 MARTIN	MANTENIMIE
	EMPALMADOR LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 40 M/MIN ANDRÉS SALAS / IVÁN VELAS	MANTENIMIE

Plan: **MANTENIMIENTO ALINEADOR** Régimen: **Lectu**

Imprimir Exportar Buscar Grupos Ver Columnas Guardar Columnas Rest

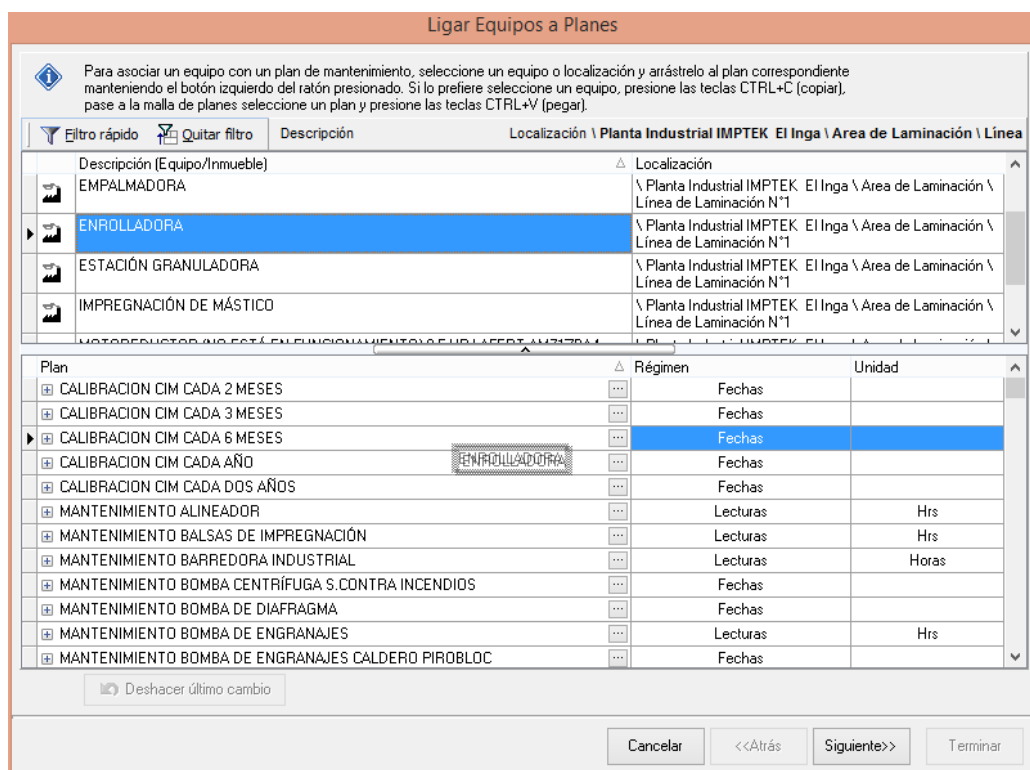
Arrastra el encabezado de la Columna a esta área para agruparla

Parte	Actividad
\ CHUMACERAS	Lubricación General
\ RODILLOS	Rectificación
	Revisión General
\ SENSORES ALINEADOR	Calibración

Total 37 Registros

**Figura 71 Ventana de Asociación de Planes con Equipos**

- 2) Seleccionamos la opción *Ligar Planes*. En esta nueva ventana seleccionamos el equipo y lo arrastramos al Plan de Mantenimiento que le corresponde a este tipo de equipo. Presionamos siguiente y ahora el equipo ya cuenta con su plan de Mantenimiento.



**Figura 72 Ventana de Asociación de Cada Equipo con su Respectivo Plan de Mantenimiento**

#### 4.1.6. Registro de horas

Una vez culminada la etapa de vinculación de cada equipo con su respectivo Plan de Mantenimiento Preventivo, las Órdenes de Trabajo comenzarán a generarse automáticamente en el software, siempre y cuando se vayan actualizando las horas de trabajo de los equipos. Para poder realizar esto se mantiene una bitácora de Mantenimiento en donde se registra cada semana las horas que marcan los horómetros.

Para actualizar las horas de los equipos realizamos lo siguiente:

- 1) Vamos al Menú Principal y seleccionamos la opción *Control de Lecturas*, seleccionamos *Registro de Lecturas*.

Tipo	Descripción Equipo	Unida
	ALINEADOR DE ARMADURAS 40 M/MIN KATHERINE GONZÁLEZ / LUIS ZAMBRANO	Hrs
	ALINEADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN FIFE GUIDE	Hrs
	BALSA DE IMPREGNACIÓN LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 REISER	Hrs
	BALSA DE PRE-IMPREGNACIÓN LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 REISER	Hrs
	BOMBA DE MÁSTICO LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 200 GPM VIKING PUMP LS224A 8591940257	Hrs
	CASTILLOS DE ENFRIAMIENTO LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN IMPTEK FAUSTO REYES	Hrs
	COMPENSADOR DE ARMADURAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/ MIN REISER REISER	Hrs
	COMPENSADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 40 M/MIN REISER REISER	Hrs
	CONTROLADOR DE TENSIONES LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN ANDRÉS SALAS / IVÁN VELASCO	Hrs
	ELEVADOR DE CANGILONES LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 MARTIN	Hrs
	EMPALMADOR LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 40 M/MIN ANDRÉS SALAS / IVÁN VELASCO	Hrs
	ENROLLADORA LÍNEA LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN BOATO INTERNATIONAL VCH90 A112.001	Hrs
	GRANULADORA LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 1000 KG REISER	Hrs
	MOTOR DE BOMBA DE MÁSTICO LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 15 HP ABB M2QA160L6A 3GC10500313129041002	Hrs
	MOTOR ELEVADOR DE CANGILONES L LAMINACIÓN N° 1 3.0 HP US TEFC-XE.	Hrs
	MOTOREDUCTOR BALSA DE IMPREGNACIÓN L LAMINACIÓN N° 1 2 HP LAFERT AM90LB4 1008610	Hrs
	MOTOREDUCTOR BALSA DE PRE-IMPREGNACIÓN L LAMINACIÓN N° 1 3 HP CSM M100A4 50802606	Hrs
	MOTOREDUCTOR BANDA SALIDA DE ROLLOS ENROLLADORA LÍNEA N°1 1.0 HP AEG AMEE 80Z AA4 IEC 60034 982105	Hrs
	MOTOREDUCTOR DE RODILLOS DE ARRASTRE ENROLLADORA LÍNEA N° 1 6.5 HP C.A.T.I.SPA PADOVA ME 112A4 L113024490020002	Hrs
	MOTOREDUCTOR ESTACIÓN DE PESAJE ENROLLADORA LÍNEA N°1 0.5 HP AEG AM71ZBA4 IEC60034 982109	Hrs
	MOTOREDUCTOR GIRO DE ESPIGA ENROLLADORA LL1 5.0 HP C.A.T.I.ME 100B4 L113099760016001	Hrs

Figura 73 Ventana de Registro de horas de los equipos

- 2) Seleccionamos la opción *Registro de Lecturas*, de acuerdo a cada equipo colocamos la hora y la fecha en la que fue tomado el dato. Presionamos aceptar y automáticamente el software actualizar el historial de lecturas.

Descripción Equipo	Unidad	Promedio Mensual de uso	Lectura Base	Lectura acumulada	Última Lectura contador	Última Fecha Actualización	Nueva Lectura del Contador	Fecha de la Nueva Lectura	Status
ALINEADOR DE ARMADURAS 40 M/MIN KATHERINE GONZÁLEZ / LUIS ZAMBRANO	Hrs	77		608	608	13/04/2016		15/04/2016	
ALINEADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN FIFE GUIDE	Hrs	77		608	608	13/04/2016		15/04/2016	
BALSA DE IMPREGNACIÓN LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 REISER	Hrs	77		608	608	13/04/2016		15/04/2016	
BALSA DE PRE-IMPREGNACIÓN LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 REISER	Hrs	77		608	608	13/04/2016		15/04/2016	
BOMBA DE MÁSTICO LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 200 GPM VIKING PUMP LS224A 8591940257	Hrs	70		419	419	13/04/2016		15/04/2016	
CASTILLOS DE ENFRIAMIENTO LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/MIN IMPTEK FAUSTO REYES	Hrs	77		608	608	13/04/2016		15/04/2016	
COMPENSADOR DE ARMADURAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1 40 M/ MIN REISER REISER	Hrs	77		608	608	13/04/2016		15/04/2016	
COMPENSADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N° 1 40 M/MIN REISER REISER	Hrs	77		608	608	13/04/2016		15/04/2016	

OTA: Los equipos que están Fuera de Servicio no aparecen en la lista. Para registrar la lectura de un equipo Fuera de Servicio es necesario ponerlo en servicio.

Figura 74 Ventana de Actualización de horas por cada equipo



FECHAS		FECHAS									
FECHAS		03/12/15	15/12/15	06/01/16	26/01/16	03/02/16	12/02/16	02/03/16	11/03/16	18/03/16	27/03/16
Área concarabó	Compu. Pistón	163,94	141,31	7,91	86,16	198,35	183,23	114,34			
	Compu. Bomba Filtros	241,02	387,48	319,08	253,20	397,33	246,48	441,30			
Línea Laminación N°1	Revol. Móstico	153,20	196,33	217,30	252,18	297,11	320,26	372,58			
	Troca. / Servomotores	286,57	301,55	300,43	366,19	390,32	427,2	452,51			
Línea Laminación N°2	Troca. / Servomotores	297,43	351,38	388,43	433,11	485,35	521,52	552,38			
	Generación	0,0	0,0	0,0	0,0	2,23	2,23	2,23			
Sistema Mezclado	Electr. Campaña	238,50	268,11	395,11	334,36	353,29	383,12	410,38			
	M. Troca	243,18	328,51	390,52	351,31	400,29	437,14	500,36			
Área Corte e Bandas	M. Bomba	248,53	317,8	255,34	326,35	462,42	500,36				
	Generación	167,51	224,35	244,53	281,34	313,12	323,38	375,06			
Línea de Metales	M. Mezclador N°1	143,23	200,34	244,26	295,47	347,56	415,46	476,0			
	Pte. Mezclador N°2	191,21	181,21	198,52	216,24	243,51	274,06	312,47			
Línea de Metales	Mezclador N°1	42,53	48,08	85,45	103,08	135,12	145,57	166,55			
	Mezclador N°2	82,06	137,50	145,48	163,47	383,06	416,40	493,0			
Línea de Metales	Mezclador N°3	105,34	105,34	105,34	105,34	188,13	185,33	236,0			
	Bomba recirculaci.	283,46	432,38	499,53	583	680,23	726,02	900,00			
Línea de Metales	Calculadora Alumbad	264,15	320,41	310,11	408,44	453,42	493,08	563,06			
	Troca. Secado	294,44	336,26	374,24	432,07	492,02	539,03	615,2			
Línea de Metales	Desalobricador Can	13,00	19,51	21,57	25,25	33,35	34,45	26,15			
	Bojantes N°1	184,46	138,48	143,12	146,56	276,03	529,8	568,2			
Línea de Metales	Canales N°1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Canales N°2	261,35	216,45	216,45	222,3	230,34	250,37	252			
Línea de Metales	Clavos	15,34	22,21	22,21	22,21	34,55	42,11	44,3			
	Perfiles	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			

Figura 75 Bitácora de Mantenimiento

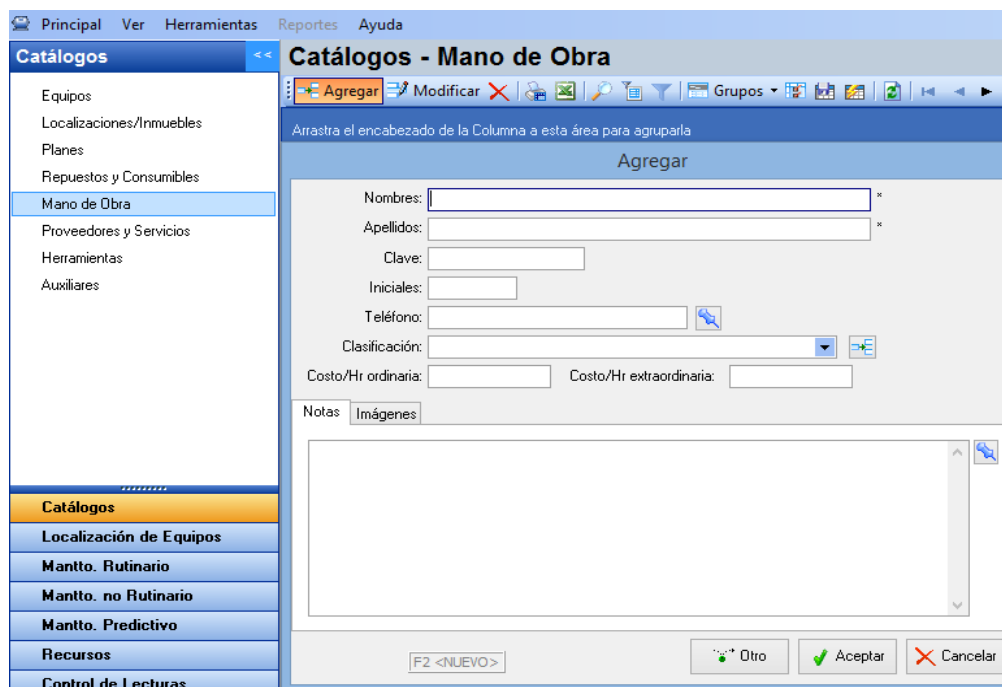
4.1.7. Asociación de recursos

Ya que las actividades de Mantenimiento Preventivo se encuentran listas para comenzar a ejecutarlas, ahora es importante conocer sobre los costos que representarán las mismas. La empresa ha ingresado la lista de repuestos y consumibles con los que cuenta en sus bodegas, lo que facilita la vinculación de los mismos con cada actividad de los equipos.

Para vincular estos recursos debemos tener los costos de los mismos, sin embargo, estos no son los únicos costos que se tienen en las actividades de mantenimiento. Se debe considerar además los costos de la mano de obra involucrada en cada actividad. Y en el caso de ser mantenimientos ejecutados por proveedores externos se necesita la información y costos de los mismos. Esta información se tiene en base a registros de trabajos anteriores.

Para poder ingresar los costos de mano de obra y servicios externos seguimos estos pasos:

- 1) Vamos a la opción del Menú Principal *Catálogos*, seleccionamos *Mano de Obra*. Aquí colocamos *Agregar* y colocamos el nombre y cargo de la persona, con el respectivo costo por hora.



**Figura 76 Ventana para agregar los datos de personal asignado a actividades de mantenimiento**

- 2) Para ingresar a los proveedores y sus servicios, en la misma opción de *Catálogos*, seleccionamos *Proveedores y Servicios*. Primero ingresamos al Proveedor, colocando información como, si es nacional o extranjero, dirección, números de teléfono. Después seleccionando a dicho proveedor agregamos el o los servicios que le corresponden, con los costos de los mismos. Tenemos el ejemplo con el proveedor RBC Service, encargados de las actividades de rectificación de rodillos.



**Figura 77 Ventana para agregar a proveedores responsables de realizar actividades de mantenimiento**

**Figura 78 Ventana para agregar actividades de proveedores responsables de realizar actividades de mantenimiento**

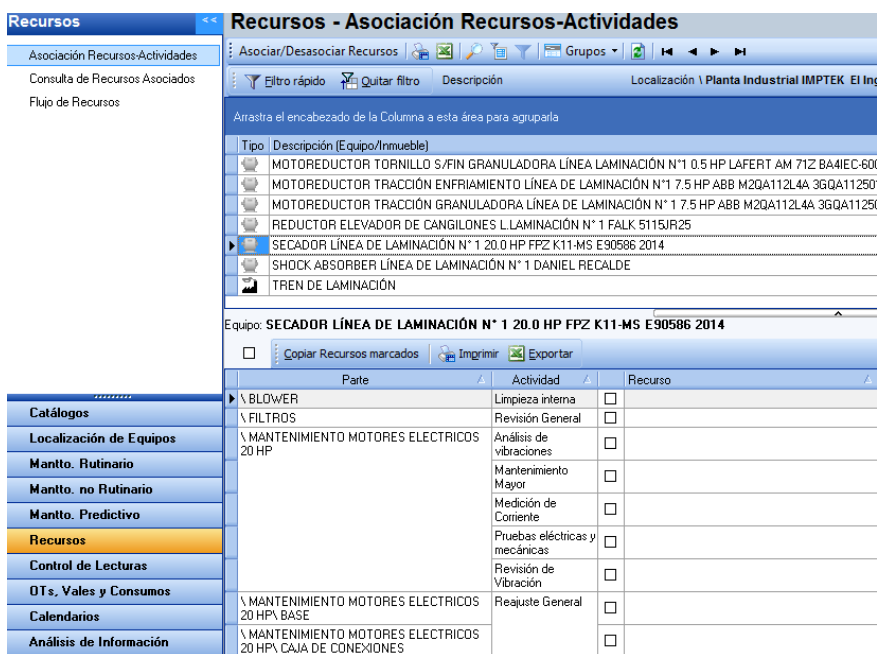
Para realizar la vinculación de los recursos, ahora ingresados, con sus equipos tomamos como ejemplo los recursos necesarios para el equipo: Secador de Láminas, cuyas actividades de Mantenimiento Preventivo están descritas en la Figura 64. Se muestran en la siguiente tabla dichos recursos. Ya que el Plan de Mantenimiento del Motor es elaborado independientemente y luego vinculado al del secador se muestran los detalles para estas actividades también.

## RECURSOS NECESARIOS PARA ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

EQUIPO				
SECADOR DE LÁMINAS LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1				
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	TIPO DE RECURSO	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO *
Limpieza Interna	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	2h00	\$ 8,04
	Herramientas	Destornillador estrella	1	**
Cambio de pieza (rodamientos)	Herramientas	Destornillador estrella	1	**
	Repuestos y consumibles	Rodamientos	2	27,32
	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	1h00	\$ 8,04
Revisión General (filtros)	Repuestos y consumibles	Filtro	1	63
	Herramientas	Destornillador estrella	1	**
	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	0h20	\$ 8,04
EQUIPO				
MOTOR ELÉCTRICO DE 20 HP				
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	TIPO DE RECURSO	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO *
Análisis de Vibraciones	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	1	\$ 8,04
	Servicios Externos	Análisis de vibraciones	1	\$ 12,00
Mantenimiento Mayor	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	0h20	\$ 8,04
	Repuestos y consumibles	Grasa Multifak EP2	0,1 kg	5.6
	Herramientas	Desarmadores (juego)	1	**
	Herramientas	Llaves mixtas (juego)	1	**
Medición de corriente	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	0h20	\$ 8,04
	Herramientas	Ameprimetro y multímetro de pinzas	1	**
Prueba eléctricas y mecánicas	Herramientas	Destornillador estrella	1	**
	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	0h20	\$ 8,04
Reajuste General	Mano de Obra	Asistente	0h20	\$ 8,04
	Herramientas	Llaves mixtas (juego)	1	**
Limpieza	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	0h20	\$ 8,04
Lubricación	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	0h30	\$ 8,04
	Repuestos y consumibles	Grasa Multifak EP2	0,1 kg	5.6
Revisión alineación/tensión	Mano de Obra	Asistente de Mantenimiento	0h30	\$ 8,04
*El costo de para Mando de Obra es por hora				
** La empresa cuenta con estos insumos/herramientas por lo que no representan costo				

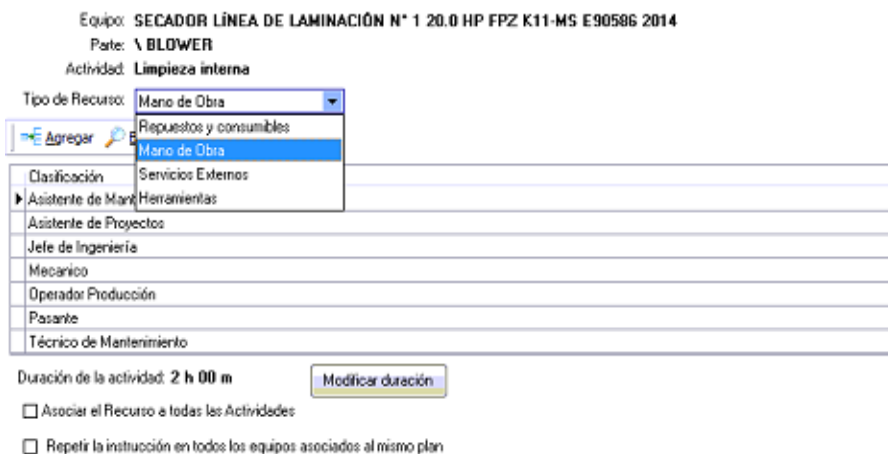
Figura 79 Recursos para mantenimiento de Secador de Láminas

- 1) Con esta información seleccionamos en el Menú Principal la opción *Recursos*, filtramos los equipos de la Línea de Laminación N°1, para mayor facilidad y vamos en este caso, al equipo Secador Línea de Laminación N°1.



**Figura 80 Ventana para asociar/desasociar recursos con cada actividad de mantenimiento de los equipos**

- 2) Escogemos para cada actividad de los equipos, los recursos correspondientes a los mismos.



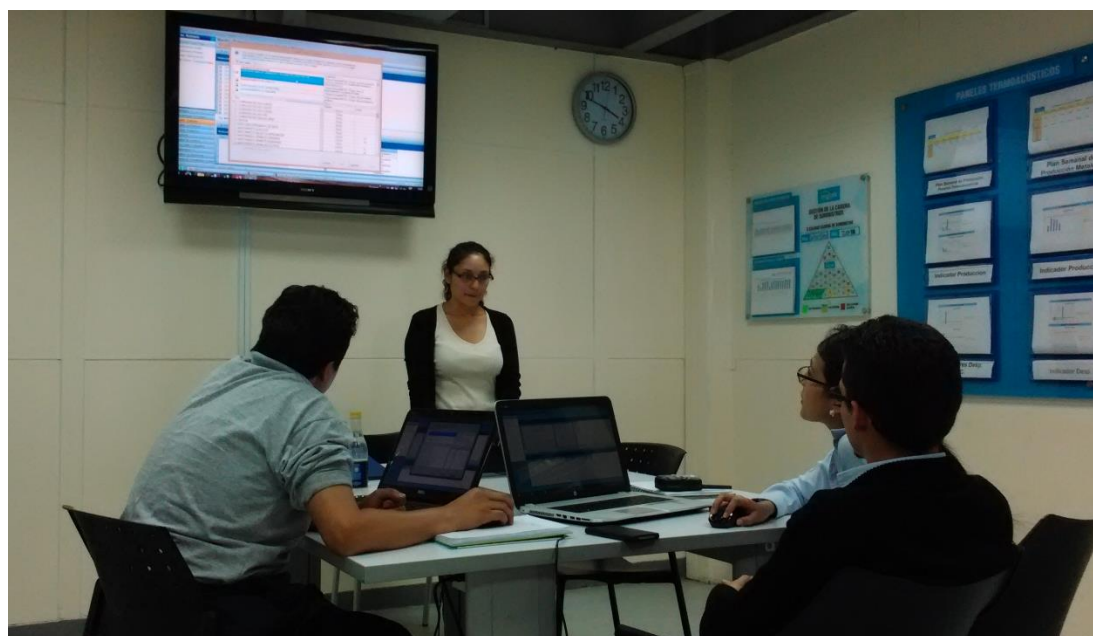
**Figura 81 Ventana para asignar Recursos**

Una vez que todo este asignado se podrá obtener los costos y cantidades necesarias de recursos anuales, con detalle mensual.

#### **4.1.8. Capacitación de manejo de software MP9**

Ya que el sistema se encuentra funcionando correctamente en el software MP versión 9.8, es necesario que todas las personas responsables del Sistema de Gestión de Mantenimiento manejen a esta, su principal herramienta. Se realiza una capacitación sobre el manejo de dicho programa al área de Proyectos y Mantenimiento. Durante la capacitación se realizan ejercicios prácticos para que los miembros del equipo se familiaricen con el software.

Adjunto a la capacitación se entrega a la empresa el Manual de Operaciones del Software MP9.



**Figura 82 Capacitación de manejo de software MP9**

#### **4.1.9. Ejecución de actividades de mantenimiento planificado**

Después que las horas de trabajo, en base a los horómetros, comienzan a ser actualizadas, el software comienza a generar Órdenes de Trabajo. Para que el software identifique que las acciones se comienzan a ejecutar se debe pasar a la

*Fase 1. Órdenes de Trabajo Abiertas*, en el programa, a medida que las actividades de mantenimiento se cumplan se registrarán a las mismas en estas Órdenes Abiertas.

Al momento de finalizar con las acciones se pasa a la *Fase 2. Órdenes de Trabajo Listas para Cerrar*. Se definen los consumibles utilizados para el mantenimiento, y llegan a la última fase, *Fase 3. Órdenes de Trabajo Cerradas*.

El Historial de estas actividades de trabajo nos permitirá identificar información sobre los tiempos que han demorado los trabajos, y los recursos. Con esto se puede analizar qué variación puede existir en comparación con la información colocada al momento de la planificación de todas las actividades de mantenimiento.

Algunas de las Órdenes de Trabajo generadas por el sistema para la Línea de Laminación N°1 se encuentran en la figura siguiente.

**OTs, Vales y Consumos - Fase 4 - Historial de OTs Cerradas**

Imprimir OT Reabrir OT Consumos Imágenes Grupos

Filtro rápido Quitar filtro Descripción Localización \ Planta Industrial IMPTEK El Inga \ Area de Laminación \ Línea de Laminación N°1

Arrastra el encabezado de la Columna a esta área para agruparla

Folio OT	Periodo	Duración Est.	Responsable	Estado	Porcentaje realizado	Fecha	Filtro	Obs
000406	11/03/2016 ... 31/03/2016	1 h 00 m		Cerrada	100 %	06/04/2016	...	
000394	09/03/2016 ... 31/03/2016	1 h 00 m SE		Cerrada	100 %	06/04/2016	...	SI
000378	09/03/2016 ... 31/03/2016	4 h 40 m SE		Cerrada	100 %	06/04/2016	...	SI
000369	09/03/2016 ... 31/03/2016	3 h 30 m DV		Cerrada	100 %	06/04/2016	...	SI
000356	16/02/2016 ... 29/02/2016	1 h 00 m SE		Cerrada	100 %	11/04/2016	...	
000346	12/02/2016 ... 29/02/2016	2 h 00 m DV		Cerrada	100 %	07/03/2016	...	
000337	11/02/2016 ... 29/02/2016	2 h 40 m SE		Cerrada	100 %	07/03/2016	...	
000336	11/02/2016 ... 29/02/2016	2 h 50 m SE		Cerrada	100 %	07/03/2016	...	SI
000314	26/01/2016 ... 31/01/2016	1 h 00 m DV		Cerrada	100 %	03/02/2016	...	
000311	26/01/2016 ... 31/01/2016	2 h 00 m SE		Cerrada	100 %	03/02/2016	...	
000310	22/01/2016 ... 31/01/2016	4 h 00 m DV		Cerrada	100 %	03/02/2016	...	SI
000304	18/01/2016 ... 31/01/2016	1 h 00 m DV		Cerrada	100 %	03/02/2016	...	
000294	13/01/2016 ... 31/01/2016	1 h 00 m SE		Cerrada	90 %	03/02/2016	...	SI
000291	13/01/2016 ... 31/01/2016	2 h 10 m SE		Cerrada	80 %	03/02/2016	...	SI
000285	13/01/2016 ... 31/01/2016	2 h 30 m MV		Cerrada	0 %	03/02/2016	...	
000279	13/01/2016 ... 31/01/2016	4 h 40 m SE		Cerrada	71 %	03/02/2016	...	
000227	23/12/2015 ... 31/12/2015	6 h 40 m SE		Cerrada	83 %	11/01/2016	...	
000226	23/12/2015 ... 31/12/2015	5 h 00 m MV		Cerrada	100 %	11/01/2016	...	
000225	23/12/2015 ... 31/12/2015	0 h 40 m SE		Cerrada	80 %	11/01/2016	...	SI
000224	23/12/2015 ... 31/12/2015	34 h 20 m SE		Cerrada	97 %	12/01/2016	...	SI
000223	23/12/2015 ... 31/12/2015	4 h 00 m SE		Cerrada	100 %	11/01/2016	...	SI
000222	22/12/2015 ... 31/12/2015	6 h 00 m JCH		Cerrada	100 %	06/01/2016	...	SI
000221	22/12/2015 ... 31/12/2015	60 h 30 m JCH		Cerrada	98 %	06/01/2016	...	SI
000220	22/12/2015 ... 31/12/2015	9 h 30 m JCH		Cerrada	100 %	06/01/2016	...	
000219	22/12/2015 ... 31/12/2015	79 h 00 m JCH		Cerrada	100 %	06/01/2016	...	SI
000210	21/12/2015 ... 31/12/2015	2 h 40 m SE		Cerrada	85 %	11/01/2016	...	SI
000178	26/11/2015	8 h 00 m MV		Cerrada	100 %	10/12/2015	...	

**Figura 83 Ventana con órdenes de trabajo de mantenimiento rutinario (planificado)**

## **4.2. Mantenimiento autónomo**

Una vez que se han elaborado los formatos de estandarización de actividades de Mantenimiento Autónomo y las tarjetas de Registro de anomalías se debe capacitar al personal para que tengan conocimiento de este nuevo tipo de actividades.

### **4.2.1. Capacitaciones**

Para dar a conocer el nuevo sistema que se va a implementar, se realizan las siguientes capacitaciones.

#### **4.2.1.1. Introducción al TPM y mantenimiento autónomo**

En esta primera capacitación a los operadores, se explica de manera teórica qué es el TPM y principalmente en qué consiste el Mantenimiento Autónomo. La misma consiste de dos partes. Las cuales son:

- 1) Introducción al TPM y al Mantenimiento Autónomo.

En esta primera parte se explicó de qué se trata el Mantenimiento Productivo Total, sus beneficios y cómo puede llevar a la empresa a ser más productiva. Se habló sobre cada uno de los pilares del TPM y se realizó énfasis en el Mantenimiento Autónomo.

Se obtuvo una respuesta positiva por parte de los trabajadores, quienes creen que trabajando en equipo se puede mejorar en muchos aspectos a nivel de producción y en general en actividades dentro de la planta.



**Figura 84 Capacitación Sobre Introducción de TPM y Mantenimiento Autónomo**

## 2) Actividades Estandarizadas de Mantenimiento Autónomo

La segunda parte de la capacitación conllevaba la introducción del tipo de actividades que los trabajadores comenzarían a desempeñar en la Línea de Laminación N°1. Se presentó los formatos de estandarización de actividades y los de Registro de Actividades de Mantenimiento Autónomo. Se enseñó con ejercicios prácticos el manejo de los mismos.

En esta segunda parte de la capacitación se obtuvo como resultado lo que muchos autores aseguran es algo normal y que en toda implementación de esta herramienta sucede, y es la resistencia por parte de los trabajadores al cambio, al creer que su carga de trabajo va a aumentar. Sin embargo, con la colaboración de todos, se llegó a comprender la importancia de realizar dichas actividades, definiendo el compromiso por parte de producción y mantenimiento para lograr cumplir los objetivos de la mejor manera.





**Figura 85 Capacitación Sobre Actividades de Mantenimiento Autónomo**

#### **4.2.1.2. Capacitación de actividades de mantenimiento autónomo**

Antes de establecer las actividades de Mantenimiento Autónomo en el área de producción, se realiza un análisis previo de las mismas junto con el Jefe de Producción y con el Supervisor de operadores. Esto se hace con el fin de obtener observaciones por parte de las personas que realizarán las actividades. Una vez analizadas dichas observaciones y ejecutadas algunas modificaciones, se puede pasar a la etapa de implementación. No sin antes asegurarse que todos los operarios están capacitados para llevar a cabo los procedimientos que se establecen en los formatos de Estandarización de Actividades de Mantenimiento Autónomo.

Para ello se realizan capacitaciones, teóricas y prácticas con los operadores. En la primera se enseña conocimientos básicos del manejo de instrumentos de medición, como torquímetros, medidores de tensión de bandas; de los elementos que van a tratar.



Durante las capacitaciones prácticas se enseña al personal cómo realizar las diferentes actividades como lubricación de chumaceras, limpieza de estaciones de freno, la limpieza correcta de las máquinas, inspección de sistemas neumáticos, entre otros, utilizando las herramientas, equipos, instrumentos.



**Figura 86 Capacitación Teórica Sobre Actividades de Mantenimiento Autónomo**





**Figura 87 Capacitaciones Prácticas Sobre Actividades de Mantenimiento Autónomo**

Además de capacitar sobre la ejecución de las actividades se hace un ejercicio práctico para que los operadores identifiquen los horómetros de los equipos, y cómo llenar esta información en los formatos de registro.

#### **4.2.1.3. Capacitación manejo tarjetas de registros de anomalías**

Se debe capacitar a los operarios a cerca del manejo de las tarjetas de registro de anomalías y cómo se dará solución a las mismas; antes de realizar las actividades de mantenimiento autónomo y de la limpieza inicial a toda la línea de producción.

En esta capacitación se enseña de manera práctica los siguientes puntos:

- Qué información colocar en las tarjetas de registro de anomalías.
- En dónde colocar cada tarjeta levantada.

- El proceso de solución que se llevará a cabo por parte del Departamento de Mantenimiento y Proyectos, una vez levantadas las tarjetas.
- Cuando se levanten tarjetas amarillas por parte del Departamento de Mantenimiento y Proyectos hacia el área de Producción, el tipo de soluciones que deben dar.



**Figura 88 Capacitaciones Manejo de Registros de Anomalías**

#### **4.2.2. Implementación tarjetas de registros de anomalías**

Antes de que se empiece con el sistema de Registro de Anomalías, se realiza una limpieza general a la línea de producción. El área de mantenimiento es la encargada de realizar estas actividades, la limpieza general se la hace durante una para general de la empresa en la última semana de diciembre del 2015.

Una vez que la línea se encuentra limpia, se hace la entrega formal a los operarios del pizarrón en donde colocarán las Tarjetas de Reportes de Anomalías. A partir de ese momento se tiene un sistema con mayor comunicación entre el área de Producción y el de Mantenimiento.



**Figura 89 Implementación Tarjetas de Registro de Anomalías**

#### **4.2.3. Implementación de 5´s para el área de herramientas e insumos**

Para cumplir con las actividades planificadas de mantenimiento autónomo, es necesario que los trabajadores cuenten con un ambiente seguro y ordenado; con todas las herramientas necesarias para sus actividades. Para ello se adecúa el área de Herramientas e Insumos, aplicando la herramienta de 5´s.

- 1) Clasificación: se decide qué cosas sirven y qué cosas no deben estar cerca de la línea de producción. En este caso se retiran elementos, piezas que ya no son utilizadas. Se repara un deteriorado anaquel que guarda ciertas herramientas, de las cuales sólo no serán útiles cinco llaves mixtas y un nivel de burbuja que se encuentran allí, las demás se almacenarán en la bodega de mantenimiento.



ANTES



DESPUÉS



Figura 90 Clasificación del área junto a la Línea de Laminación N°1

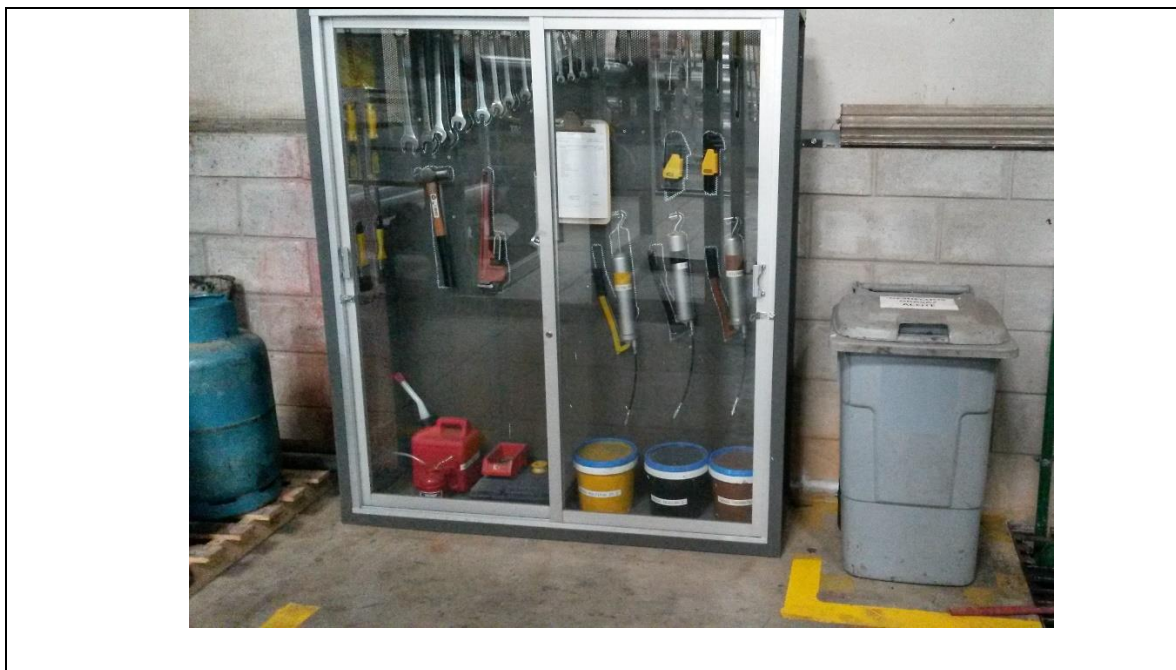
- 2) Se organiza el área identificando con rótulos cada espacio. Además, se limita con líneas en el suelo las ubicaciones de los contenedores y el anaquel. Se definen los lugares que ocupan las herramientas e insumos destinados a las actividades de Mantenimiento Autónomo. En el caso de las grasas, son de tres tipos, para temperaturas elevadas, para chumaceras sumergidas en agua, y para chumaceras en condiciones menos severas. Para mejor identificación se las pinta con diferentes colores. Además, se delimita el contorno de cada herramienta en el anaquel de Herramientas e Insumos.

**ANTES**

DESPUÉS







**Figura 91 Organización del área junto a la Línea de Laminación N°1.**

- 3) Limpieza del área junto a la línea de producción. Se realizan actividades de limpieza de área de herramientas e insumos necesarios para las actividades de Mantenimiento Autónomo.

ANTES





DESPUÉS

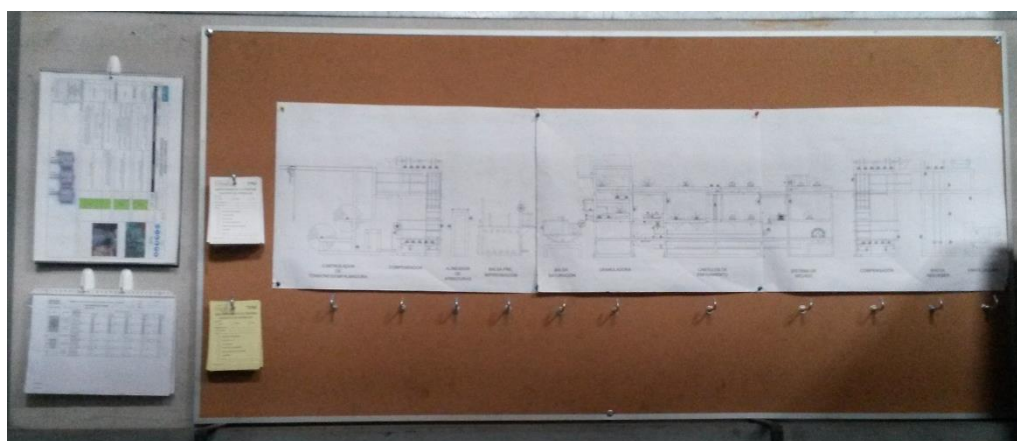
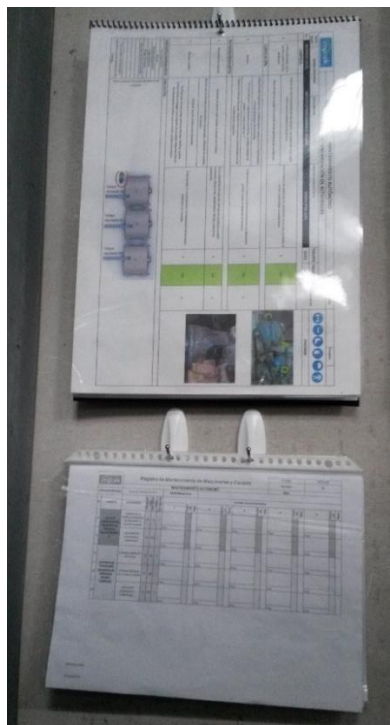


**Figura 92 Limpieza del área junto a la Línea de Laminación N° 1**

- 4) Todo este proceso se estandariza para que los operadores constantemente depositen en los sitios asignados los desechos que tienen en sus contenedores. Mantengan limpia el área de herramientas e insumos.
- 5) Se realiza inspecciones al azar de esta área para verificar que exista cumplimiento de este proceso.

#### **4.2.4. Inicio de ejecución de actividades de mantenimiento autónomo**

Antes de empezar a realizar las actividades de Mantenimiento Autónomo, los formatos tanto de estandarización de actividades de Mantenimiento Autónomo como los de Registro de Actividades de Mantenimiento Autónomo, se colocan junto a la Línea de Laminación N°1, en un lugar accesible de fácil visualización, tanto para operadores como para el área de mantenimiento.



**Figura 93 Ubicación de Formatos de Mantenimiento de Máquinas y Equipos en La Línea de Laminación N°1**

Una vez que todo está listo para poder realizar las actividades de Mantenimiento Autónomo, se inicia oficialmente con el programa.

Los operadores son quienes ahora están a cargo de distribuirse dichas actividades; deben tener en cuenta las horas marcadas por los horómetros de los equipos y registrar sus tiempos de acción.

## **CAPÍTULO 5**

### **RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO Y AUTÓNOMO**

#### **5.1 Mantenimiento planificado**

##### **5.1.1 Análisis de horas de trabajo de los equipos**

El ingreso de los equipos de la planta de El Inga, en el software MP9 se finaliza en el mes de julio del 2015; a partir de este momento se comienzan a realizar los planes de Mantenimiento Preventivo para los mismos. Los primeros planes en vincularse junto a sus equipos, son los de la Línea de Laminación N°1, en dónde como se expuso en el Capítulo 2, no necesitan de horómetros, pues en su Tablero de Control es posible programar a los contadores de horas. Es gracias a esta programación de actividades de mantenimiento y al análisis realizado a las horas en una jornada que, en el mes de septiembre del 2015, se identifica una variación importante en los cuatro meses anteriores de las horas de trabajo estimadas en cada mes.

Esta disminución de horas de trabajo se da porque las jornadas de trabajo hasta el mes de mayo del 2015 fueron de 10 horas al día, a partir de este mes disminuye drásticamente a una jornada de 8 horas. Existen varias razones para estos cambios, algunas de ellas son:

- En el mes de Junio la Línea de Laminación N° 2, que antes se encontraba en la planta de Cashapamba se traslada completamente a la nueva planta de El Inga. Ahora el trabajo está repartido en dos líneas de producción. Destinando la Línea N°1 a la elaboración únicamente de láminas con armaduras y la Línea N°2 a láminas sin armaduras.

- Para poder realizar este traslado de maquinaria, en el cual se iba a tener una para muy significativa, la empresa se abasteció de productos para poder cumplir con los clientes durante este tiempo.
- Al igual que durante los años pasados se tiene un decremento en ventas en el segundo semestre del año.

Ya que existe una variación de la cantidad de horas que los equipos trabajarán en cada mes, se debe rectificar las frecuencias en las que se realizan las actividades de Mantenimiento, pues no estarían yendo acorde con las cifras reales.

Se utiliza nuevamente la *Ecuación 2*, para determinar nuevamente las horas que un equipo trabajará cada mes.

Ahora los datos con los que se trabajará serán los siguientes:

**Hd= 8 horas/día**

**DL=22 días/mes**

**ML= 1 mes**

**Iop= 0.875**

*Nota:* el índice de horas efectivas de operación, que toma en cuenta aquellos tiempos de cambio de turno, demoras por movimientos de un lugar a otro, puesta a punto de la máquina, entre otros, no cambiará. El valor es de 0.875.

El valor de las horas que los equipos trabajarán aproximadamente en un mes será entonces el calculado a continuación:

$$\mathbf{Horas = 8 * 22 * 1 * 0.875}$$

$$\mathbf{Horas = 154 \approx 150}$$

En la siguiente tabla se dan los valores correspondientes para 2 meses en adelante, para calcular para quince días, el número de días laborables (DL) cambia a 11 días.

**Tabla 2**

**Horas de los equipos, estimadas de trabajo actualizadas**

Meses	Cálculo Horas	Aproximado
15 (días)	77	75
1	154	150
2	308	300
3	462	450
6	924	900
12	1848	1800

**5.1.2 Actividades realizadas de mantenimiento preventivo**

La vinculación de los equipos con sus planes de mantenimiento comienza a realizarse desde el mes de agosto del 2015, con la Línea de Laminación N°1 como primera etapa, a partir de esta fecha se realizan las vinculaciones de las demás líneas de producción a medida que se crean sus planes de mantenimiento preventivo. Para realizar el análisis final de este proyecto, se toman los datos registrados hasta el 15 de mayo del 2016 en el software MP9.

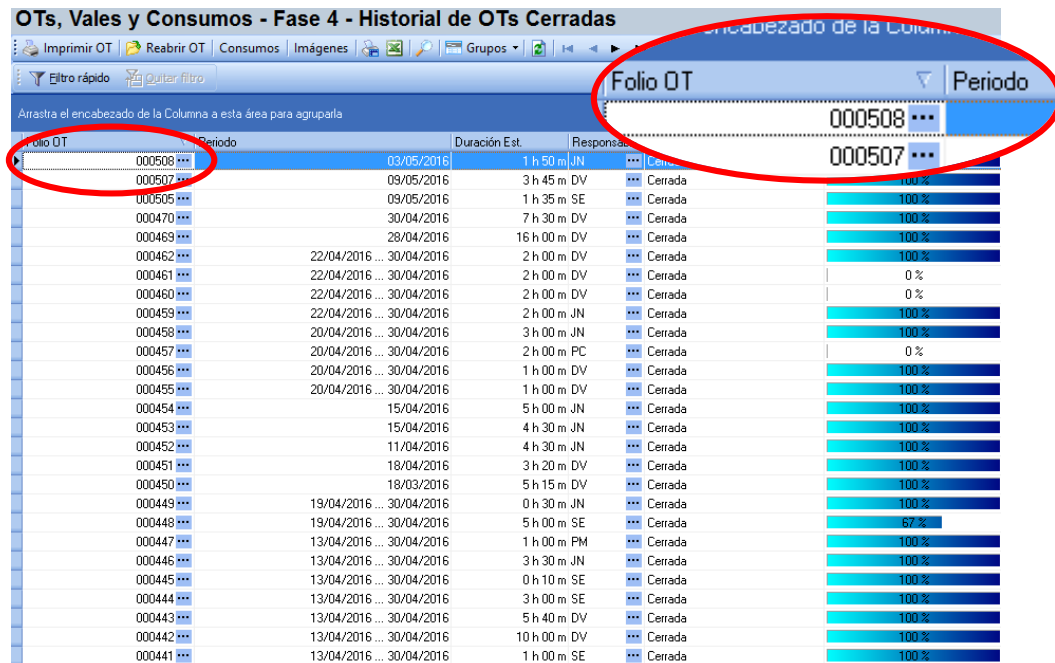
Tenemos registradas en el software las órdenes de trabajo de las actividades de mantenimiento que se han efectuado en el lapso de tiempo presentado. Estas actividades de órdenes de trabajo pueden ser las realizadas por Mantenimiento Rutinario, es decir planificado y preventivo, y Mantenimiento No Rutinario o correctivo. A continuación, se detallan cuántas órdenes se han tenido hasta el 15 de mayo del 2016.

**Tabla 3**

**Cantidad de órdenes de trabajo realizadas**

Cantidad de Órdenes de Trabajo		
Rutinarias	No Rutinarias	Total
224	87	311

Como vemos en la tabla las órdenes de trabajo que se han hecho gracias a los planes de mantenimiento rutinario son 224 en un lapso de 9 meses. En el sistema se tiene registrada hasta la orden de trabajo N° 508. Sin embargo, dentro de estos registros de mantenimiento se contempla a órdenes canceladas, que no se han llevado a cabo por diferentes razones, actividades de mantenimiento de maquinaria que no está contemplada en este proyecto, instrumentos de medición o mantenimiento a edificios. Por lo que restamos estas órdenes a las que sí consideramos en este proyecto.

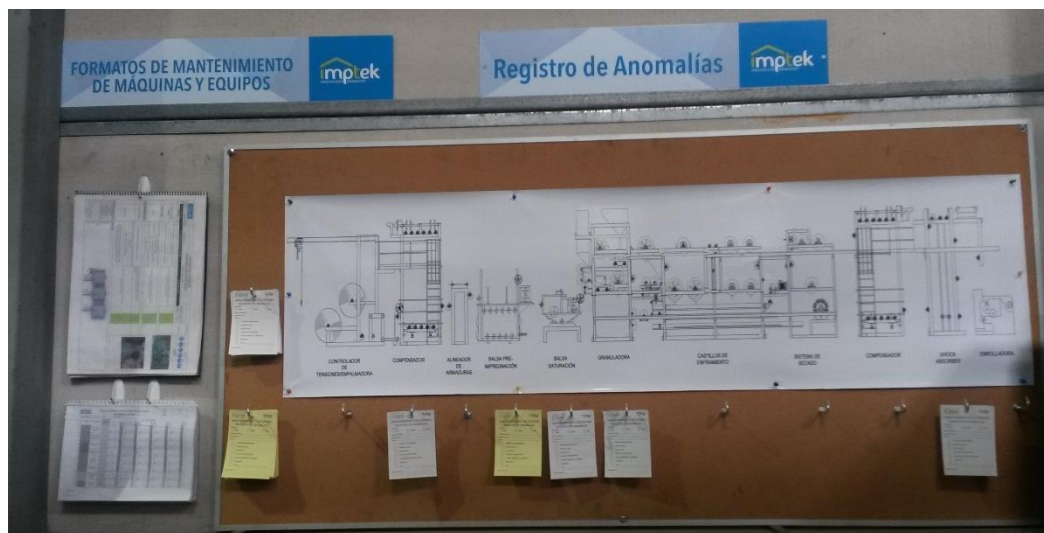


**Figura 94 Órdenes de Trabajo cerradas hasta el 15 de mayo de 2016**

## 5.2 Mantenimiento autónomo

### 5.2.1 Sistema de registro de anomalías

Una vez implementado el área en donde se levantan las Tarjetas de Registro de Anomalías se inicia su desarrollo.



**Figura 95. Utilización de la pizarra de Registro de Anomalías**

Se tienen tarjetas levantadas por el Departamento de Producción a Mantenimiento y Proyectos y viceversa. En el primer caso se da especial atención a lo que se solicita por parte de producción, se analiza junto al Departamento de Proyectos y Mantenimiento y se utiliza el formato establecido en la *Figura 53*.

En el **ANEXO D**, se describen algunas de las actividades registradas gracias a las Tarjetas de Registro de Mantenimiento y el seguimiento que se les ha dado, teniendo en algunos de los casos proyectos finalizados exitosamente.

Como se podrá ver, este formato trabaja de una manera muy dinámica, en donde se ha programado las celdas, para indicar lo siguiente:

- Severidad: es uno de los factores más importantes a la hora de tomar en consideración las actividades que solucionen el problema o anomalía, por lo que

el formato se pinta automáticamente de rojo, cuando el valor de severidad es igual o mayor a 8.

- **Criticidad:** este es el resultado de la multiplicación entre la severidad de los efectos y la probabilidad de ocurrencia de estos problemas. Las celdas están programadas para pintarse de amarillo cuando este valor sea igual o menor a 15, de ser mayor se pintarán de color rojo.
- **Estado:** nos muestra si las medidas que se están tomando para solucionar el problema han sido concluidas, se encuentran aún en proceso, o por alguna razón se han postergado. Para cada una se identifican con los siguientes colores:
  - Terminado: Gris
  - Postergado: Café
  - En proceso: Amarillo
- **Cronograma:** por último, esta celda nos muestra automáticamente si existe un retraso en la culminación del proyecto o de las soluciones, de acuerdo con las fechas de entrega que se ha establecido al momento de dar las posibles soluciones. Así en el caso de que exista un 'Retraso', la celda se pintará de color rojo.

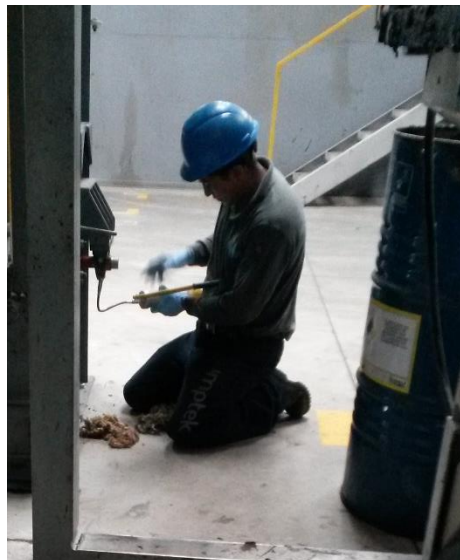
### **5.2.2 Actividades realizadas de mantenimiento autónomo**

Después que se implementan las actividades de mantenimiento autónomo en la Línea de Laminación N°1 se analiza el desarrollo de las mismas y se monitorea que el trabajo esté siendo cumplido como lo establecido, así como los resultados que se obtienen de ellas.

A continuación, podemos ver algunas de las actividades que se llevaron a cabo con sus resultados.



LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS



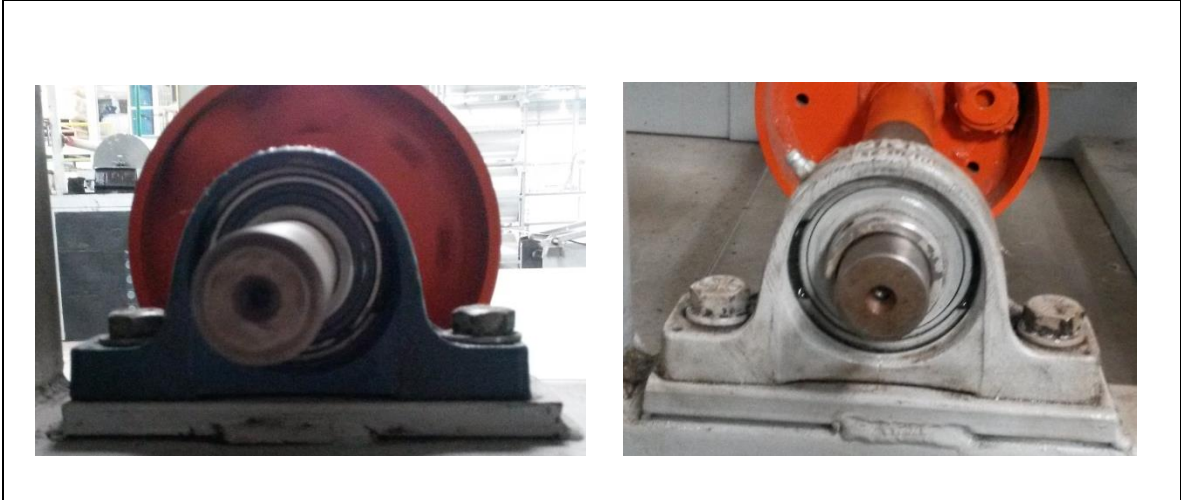
## CHUMACERAS

Antes



Después





**Figura 96 Actividad de Mantenimiento Autónomo. de Lubricación de Chumaceras**

**LIMPIEZA MOTOREDUCTORES - BOMBA**





Antes



Después



**Figura 97 Actividad de Mantenimiento Autónomo. Limpieza de motor-reductores**



**Figura 98 Actividad de Mantenimiento Autónomo. Limpieza estación de frenado**



**Figura 99 Actividad de Mantenimiento Autónomo. Limpieza balsa de impregnación**



**Figura 100 Actividad de Mantenimiento Autónomo. Limpieza mesa de empalme**

#### **5.2.2.1 Reportes de actividades de mantenimiento autónomo**

Gracias al trabajo que se efectúa con las actividades de mantenimiento autónomo se comienzan a obtener resultados positivos, no sólo al tener los equipos en buenas condiciones; sino que esto permite tener un mayor control sobre el estado en el que se encuentran dichos equipos y máquinas, además de encontrar anomalías, que pueden ser pequeñas o que podrían desembocar en grandes problemas si no son tratados inmediatamente.

A continuación, se detallan dos casos de anomalías encontradas por los operadores, al momento de realizar sus actividades de mantenimiento autónomo.

##### **1. MANGUERA EN MALAS CONDICIONES**

Anomalía: Durante la realización de la actividad de mantenimiento autónomo *Revisión de Fugas de agua en tuberías y mangueras de agua*, se encontró

que una de las tuberías al momento de ser instalada se había doblado y ahora la manguera presentaba una fuga de agua.

Solución: Por ser una actividad bastante sencilla el mismo operador que encontró la anomalía procedió a cambiar de manguera.

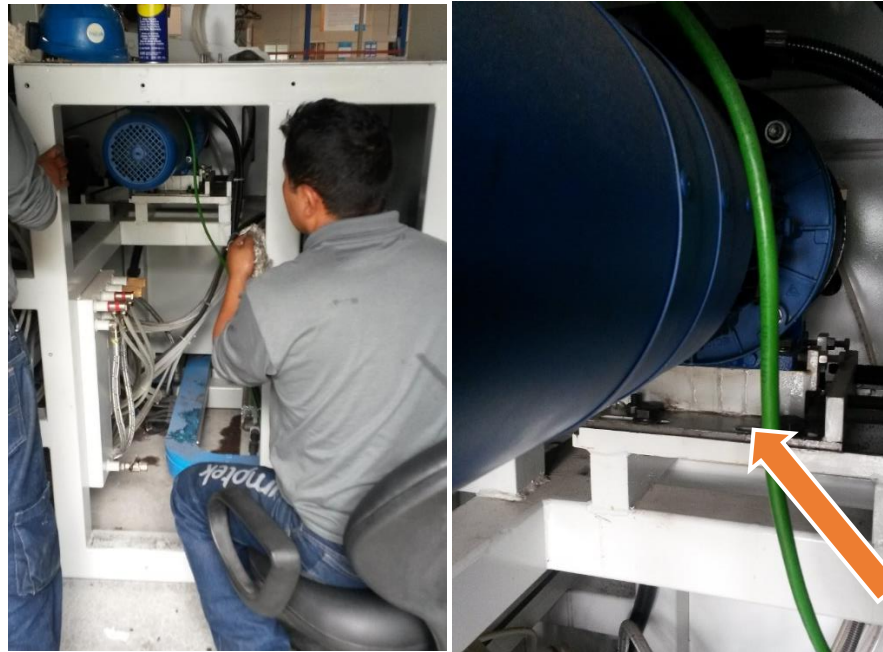


**Figura 101 Manguera en malas condiciones, encontrada durante las actividades de Mantenimiento autónomo.**

## 2. FUGA DE ACEITE EN REDUCTOR

Anomalía: Durante el desarrollo de la actividad *Limpieza de carcasa y aberturas de ventilación*, uno de los operadores encontró que, en el equipo *Motor-reductor de espiga de enrolladora*, había una fuga de aceite considerable. Este equipo se encuentra tapado por lo que no se hubiera podido apreciar dicha fuga fácilmente.

Solución: Se dio aviso al área de mantenimiento por ser un trabajo más complejo y que tomaba más tiempo. El Departamento de Mantenimiento encontró que uno de los retenedores había dejado de cumplir con sus funciones y se procedió a cambiarlo y reponer el aceite que el reductor perdió.



**Figura 102 Fuga de aceite en uno de los reductores, encontrada durante una de las actividades de Mantenimiento Autónomo.**

#### **5.2.2.2 Modificaciones en las actividades de mantenimiento autónomo**

Cuando las actividades de mantenimiento autónomo se comienzan a llevar a cabo, podemos empezar a analizar si existen variaciones con respecto a lo planificado y cómo se ha realizado en realidad, es por ello que a medida que avanzan las actividades nos vemos en la necesidad de realizar modificaciones a ciertas actividades.

Las actividades en las que se ha considerado necesario hacer un cambio, se detallan a continuación, junto con cómo eran antes y cómo se las manejará de aquí en adelante.



<b>Análisis Actividades de Mantenimiento Autónomo</b>									
LOCALIZACIÓN (ES):		Línea de Laminación N° 1							
N°	EQUIPOS	ANTES	DESPUÉS	ANTES			DESPUÉS		
		ACTIVIDADES		Tiempo est. (min)	FRECUENCIA (horas)	No. Operarios	Tiempo est. (min)	FRECUENCIA (horas)	No. Operarios
1	<b>CONTROLADOR DE TENSIONES Y EMPALMADORA</b>	Limpieza estaciones de frenado	Limpieza estaciones de frenado	15	75	2	15	40	1
2	<b>BOMBA DE ENGRANAJES TRANSPORTE DE MÁSTICO</b>	Limpieza carcasa del motor, de la bomba y aberturas de ventilación	Limpieza carcasa del motor, de la bomba y aberturas de ventilación	4	150	1	4	75	1
3	<b>GRANULADORA</b>	Limpieza de la estructura con aire comprimido y huaípe	Limpieza de la estructura con aire comprimido y huaípe	15	40	2	15	40	1
4	<b>MOTOREDUCTORES</b>	Lubricación de cadenas y piñones	Lubricación de cadenas y piñones y revisión de tensión	15	150	2	15	40	1

**Figura 103 Cambios realizados a actividades de Mantenimiento Autónomo.**

1. En la primera actividad *LIMPIEZA ESTACIONES DE FRENADO* del equipo Controlador de Tensiones y Empalmadora, se realizan cambios en la frecuencia y el número de operarios que ejecutan la actividad. En el primer caso se pasa de realizar la actividad con una frecuencia de 75 horas a realizarla cada 40 horas. Esto se realizó pues se escuchaban ruidos muy molestos en los frenos mucho antes de que se cumplan las 75 horas, y además fue registrado en una de las Tarjetas de Registro de Anomalías,

como se mostró en el apartado anterior, por lo que se realizó el siguiente análisis.

#### HIPÓTESIS SOBRE CAUSAS PARA EL RUIDO DE LOS FRENOS:

- a) Desgaste en los discos de freno
- b) Contaminación por desgaste de pastillas de freno.
- c) Contaminación por estar expuestos a fibra de vidrio y poliéster.

#### MÉTODOS PARA ANALIZAR LAS HIPÓTESIS:

- a) Se realiza una limpieza exhaustiva en los frenos, revisando minuciosamente el estado de los discos.



**Figura 104 Limpieza de frenos en Controlador de Tensiones**

- b) Se revisa a simple vista si existe contaminación por el polvillo de las pastillas y se mide el espesor de las mismas, el cual debe superar los 3 mm.



**Figura 105 Revisión del estado de pastillas de frenos de Controlador de Tensiones**

- c) Después de los dos pasos anteriores, una vez que están limpios los frenos, se toman los valores de temperatura de los frenos durante la producción y además se registra el momento en que el sonido vuelve, una vez que esto suceda se realiza nuevamente la limpieza a los frenos y se coloca un protector plástico temporal para evitar que la fibra de vidrio y poliéster ingresen a los frenos. Nuevamente se registran datos sobre la temperatura a la que se encuentran los frenos sin cubierta y se analiza cuánto tiempo pasa desde la última limpieza hasta que nuevamente comienza a sonar.



**Figura 106 Frenos después de limpieza y recubrimiento.**

#### RESULTADOS

- a) Después de revisar cuidadosamente a los discos de frenos se determina que no tienen daños ni grietas que pudieran causar acumulación de contaminantes.
- b) A simple vista las pastillas no son causantes de la contaminación en los frenos, su espesor si es mayor al mínimo requerido.
- c) Los valores de temperatura antes y después de colocado el protector, además del tiempo que se demoran en volver a sonar los frenos se describen en la siguiente tabla

ANÁLISIS DE CONDICIONES DE FRENOS				
EQUIPO	CONTROLADOR DE TENSIONES Y EMPALMADORA			
Frenos	Fecha de limpieza inicial	Fecha en la que comienza a sonar nuevamente	Días de producción	Promedio de temperatura de frenos en este lapso de tiempo
Sin Cubrir	21/03/2016	31/03/2016	5	28°C
Cubiertos	31/03/2016	13/04/2016	5	41°C

**Figura 107 Análisis de condiciones de frenos**

Como podemos ver en la *Figura 107*, existe un incremento en la temperatura de los frenos, además que el tiempo antes de que suenen nuevamente los frenos es el mismo, sin y con protector. A esto le sumamos que, cuando se retira el protector, existe gran cantidad de polvillo de las pastillas de freno, acumulado, lo que nos muestra que esa es la principal fuente de contaminación para los frenos, algo que no fue notorio al inicio.



**Figura 108 Contaminación de los frenos**

La solución en este caso es reemplazar las pastillas de freno por unas nuevas de otro material, como es la cerámica. Esa es una acción que hasta

el momento de finalizar este proyecto no se lleva a cabo pues en la empresa se cuenta con repuestos en stock para estos frenos, por lo que se reemplazará de modelo cuando estos repuestos lleguen al término de su vida útil.

Debido a que la fibra de vidrio y el poliéster no son la mayor fuente de contaminación se decide reducir la frecuencia de limpieza con lo que se soluciona este problema.

Además, durante las acciones de limpieza se verifica que la actividad es factible de llevar a cabo con solamente un operador en el tiempo estimado.

2. La segunda actividad hace referencia a la LIMPIEZA DE LA CARCASA DEL MOTOR Y DE LA BOMBA DE MÁSTICO.

Se decide cambiar la frecuencia de esta actividad pues una vez terminada la limpieza pasa poco tiempo hasta que se vuelve a contaminar el exterior de la bomba, por encontrarse en un área donde se acumula gran cantidad de tierras minerales.

Se cambia la frecuencia de 75 a 40 horas.





**Figura 109 Bomba de mástico con contaminación acumulada**

3. Como tercera actividad a modificar tenemos la LIMPIEZA DE LA ESTRUCTURA del equipo Granuladora.

En este caso se cambia lo que se había establecido a realizar por dos operadores a un solo operador, pues al momento de ejecutar la actividad fue suficiente que una persona lo realizara sin sobre pasar por un tiempo considerable al tiempo que se había estimado.

4. La siguiente actividad que se modificó hasta la fecha de cierre de análisis de este proyecto, es la modificación en la instrucción de la actividad de LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES del sistema de transmisión de los Motoreductores. A esta actividad se le añade la acción de revisión de tensado de las cadenas.

Cabe señalar que esta observación fue sugerida por parte de los mismos operarios, quienes vieron la necesidad de revisar la tensión de dichos elementos al notar cierta irregularidad en su funcionamiento habitual.

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

Este análisis identifica cuál ha sido el costo total del proyecto, la inversión por parte de la empresa y los respectivos beneficios que le brinda el mismo.

#### 6.1 Análisis financiero

Analizaremos todos los costos que intervinieron para que el trabajo se cumpla como lo planificado.

##### 6.1.1 Costos directos

Estos costos son aquellos que intervienen directamente en la implementación del proyecto, sea por mano de obra o por herramientas/insumos utilizados.

**Tabla 4**

**Costos directos de materiales, insumos y herramientas.**

COSTOS DIRECTOS MATERIALES/ INSUMOS/ HERRAMIENTAS				
No.	DESCRIPCIÓN	CANT	P. UNITARIO (\$)	P. TOTAL (\$)
1	Soporte técnico anual de Software MP9	1	650	650
2	Horómetros	40	57	2280
3	Etiquetadora más rollo de vinil continuo blanco (1/2x21´)	1	199,42	199,42
4	Impresiones	12	0,6	7,2
5	Pizarra	1	40	40
6	Gigantografía	1	10	10
7	Material de oficina	varios	15	15
8	Rótulos	4	100	400
9	Anaqueles para Herramientas de Mantenimiento Autónomo	1	70	70

**CONTINÚA →**



<b>10</b>	<b>Herramientas para actividades de Mantenimiento Autónomo</b>	<b>varios</b>	<b>307,97</b>	<b>307,97</b>
<b>11</b>	Torquímetro	1	300	300
<b>12</b>	Tensímetro	1	84	84
			<b>COSTO TOTAL</b>	<b>4363,59</b>

**Tabla 5**

**Costos directos de Mano de Obra**

<b>COSTOS DIRECTOS MANO DE OBRA</b>				
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT (Hr)</b>	<b>COSTO FIJO (\$/Hr)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
<b>1</b>	Asistente de Mantenimiento	100	8,04	<b>804</b>

**Tabla 6**

**Costos Directos Totales**

<b>COSTOS DIRECTOS TOTALES</b>		
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO (\$)</b>
<b>1</b>	Costos de Materiales/Insumos/Herramientas	4363,59
<b>2</b>	Costos de Mano de obra directa	804
		<b>COSTO TOTAL 5167,59</b>

**6.1.2 Costos indirectos**

Estos son los costos que no intervienen de manera directa en la implementación del proyecto.

Tabla 7

## Costos de Mano de Obra indirecta

COSTOS INDIRECTOS MANO DE OBRA				
No.	DESCRIPCIÓN	CANT (Hr)	COSTO FIJO (\$/Hr)	COSTO TOTAL (\$)
1	Técnico de Mantenimiento	110	11	1210
2	Jefe de Proyectos y Mantenimiento	104	20	2080
3	Tutor de Proyecto de Investigación (ESPE)	30	30	900
			<b>COSTO TOTAL</b>	<b>4190</b>

Tabla 8

## Costos Misceláneos

COSTOS MISCELÁNEOS		
No.	DESCRIPCIÓN	P. TOTAL (\$)
1	Útiles de oficina	70
2	Servicios básicos	100
3	Transporte	480
4	Fotocopias/impresiones	100
5	Varios	50
		<b>COSTO TOTAL 800</b>

Tabla 9

## Costos Indirectos Totales

COSTOS INDIRECTOS TOTALES		
No.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Costos de mano de obra indirecta	4190
2	Costos Misceláneos	800
		<b>COSTO TOTAL 4990</b>

### 6.1.3 Costo total

Como vemos en esta última tabla, el proyecto tuvo un valor de \$10157.6.

**Tabla 10**

#### Costo total del proyecto

COSTO TOTAL DEL PROYECTO		
No.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Costos Directos Totales	5167,59
2	Costos Indirectos Totales	4990
	COSTO TOTAL	<b>10157,6</b>

### 6.1.4 Inversión

Dentro de los costos totales del proyecto se contempla como costo de mano de obra indirecta a la asesoría por parte del tutor asignado de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la misma que es quien asume este gasto. Además, los gastos misceláneos son asumidos por la autora del proyecto.

Por lo tanto, el valor final que la empresa IMPTEK invierte en el proyecto es de **\$ 8457.59**

**Tabla 11**

#### Inversión total del proyecto por parte de la empresa IMPTEK

INVERSIÓN IMPTEK		
No.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Costos directos totales	5167,59
2	Costos indirectos asumidos por IMPTEK	3290
	COSTO TOTAL	<b>8457,59</b>

## **6.2 Análisis económico**

### **6.2.1 Ahorro de gastos por actividades no planificadas para el departamento de mantenimiento.**

En base a los datos de costos del Departamento de Mantenimiento en el año 2015 y los que tienen en el 2016, se realiza el análisis de ahorro de los gastos que se tendrán por actividades de mantenimiento no planificado en los siguientes 4 años. Se debe tener en consideración que los gastos que se tiene del 2015 corresponden a aquellos antes de implementar las actividades de Mantenimiento Planificado y Autónomo, mientras que para el 2016 ya se tienen datos ciertos hasta el mes de mayo sobre los gastos con el proyecto implementado.

El análisis se lo hace con referencia en dos escenarios que el área financiera toma en consideración para sus proyecciones anuales.

#### **ESCENARIOS:**

- Optimista: las ventas de la empresa seguirán creciendo en un 5% cada año.
- Conservador: las ventas varían en  $\pm 2\%$  al año.

#### **6.2.1.1 Escenario optimista**

Como vimos en este escenario las ventas se incrementarán en un 5% en los próximos años. Y con ello el presupuesto asignado para el Departamento de Mantenimiento también incrementa en igual proporción, pero lo que se espera es que el porcentaje de este costo que corresponde a mantenimientos no programados disminuya.

La información proyectada hasta el año 2020 se da en la siguiente tabla.

Tabla 12

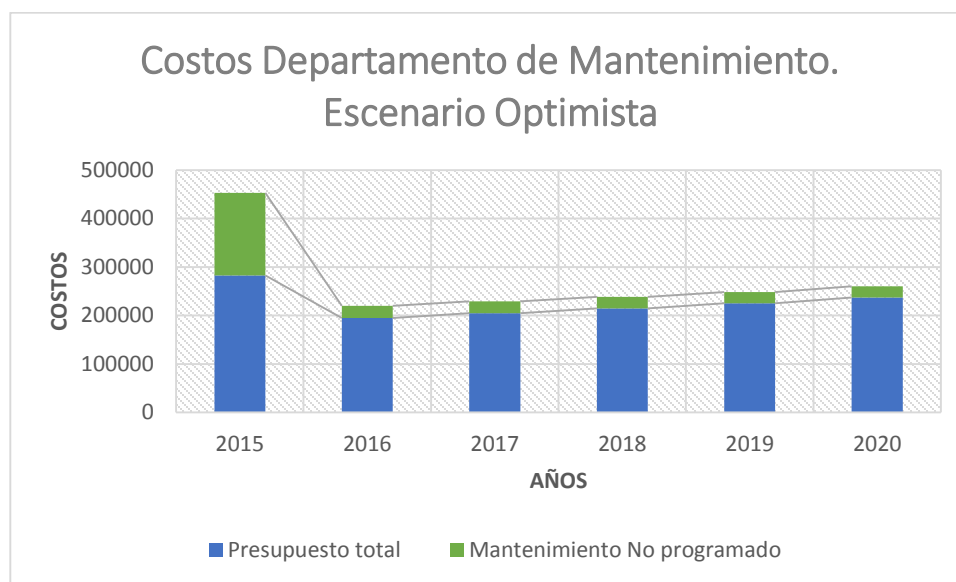
## Análisis de Costos del Departamento de Mantenimiento. Escenario Optimista

ESCENARIO OPTIMISTA (+5%)						
APLICANDO MANTENIMIENTO PLANIFICADO						
AÑO	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Subtotal programado</b>	113200	169587	180113	191268	203088	213243
<b>Subtotal No programado</b>	169800	25340,64	24560,93	23639,89	22565,35	23693,62
<b>Costo mantenimiento</b>	<b>283000</b>	<b>194928</b>	<b>204674,40</b>	<b>214908,12</b>	<b>225653,53</b>	<b>236936,20</b>

En las celdas en verde se puede apreciar los datos reales que se tienen para el año 2015 y 2016, las amarillas son las proyecciones realizadas.

En este caso el costo de las actividades de Mantenimiento No Programado o planificado, representaron el 60% del presupuesto del Departamento de Mantenimiento en el 2015, para el presente año se reduce al 13%. Este gran cambio se debe además de la nueva gestión de mantenimiento que ahora se tiene, a factores como el asentamiento de la maquinaria nueva y al cambio en sí de equipos antiguos por nuevos entre el 2015 y 2016. Para el año 2020 se estima una reducción de hasta el 10%.

En el siguiente gráfico podemos apreciar las variaciones en los costos de mantenimiento no programado con el escenario optimista.



**Figura 110 Gráfico de Costos de Departamento de Mantenimiento.  
Escenario Optimista**

#### 6.2.1.2 Escenario conservador

Se realiza el mismo análisis, pero en este caso el incremento de ventas es del 2%, por lo que el presupuesto total para el Departamento de Mantenimiento varía en esta proporción. Tenemos entonces los siguientes resultados.

**Tabla 13**

#### **Análisis de Costos del Departamento de Mantenimiento. Escenario Conservador**

ESCENARIO CONSERVADOR (+2%)						
CASO 2: APLICANDO MANTENIMIENTO PLANIFICADO						
AÑO	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Subtotal programado</b>	113200	169587	174967	180495	186173	189897
<b>Subtotal No programado</b>	169800	25340,64	23859,19	22308,34	20685,92	21099,63
<b>Costo mantenimiento</b>	<b>283000</b>	<b>194928</b>	<b>198826,56</b>	<b>202803,09</b>	<b>206859,15</b>	<b>210996,34</b>

En este caso al igual que en el Escenario Optimista, el costo de mantenimiento no programado con respecto al presupuesto baja de 60% en el 2015 al 13% en el 2016. Y se estima que para el 2020 se estandarice en un 10%.

Podemos ver en las gráficas las variaciones de estos costos.



**Figura 111 Gráfico de Costos de Departamento de Mantenimiento.  
Escenario Conservador.**

### 6.2.2 Análisis de ahorro por paras de producción

Uno de los objetivos a alcanzar con este proyecto es reducir el mantenimiento correctivo, especialmente aquel que genera paras no programadas, y por ende reducir las pérdidas que le generan a la empresa.

Es así que tenemos a continuación en la primera tabla el detalle de los costos que han representado para la empresa las paras no programadas en el lapso de enero a mayo tanto del 2015 como del 2016, intervalo del cual ya se tienen valores actualizados una vez que el sistema de gestión de mantenimiento ha sido implementado para el último año.

**Tabla 14**

#### **Costos por paras no programadas de producción**

Año	2015	2016
Período	<b>Ene-Mayo</b>	
<b>Costo por paras en la producción (\$)</b>	7227,02	6266,5

En base a estos valores se realiza la proyección para el año 2016 y los siguientes 4 años.

**Tabla 15**

**Proyecciones de gastos por paras no programadas de producción**

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Costo por paras en la producción</b>	17344,85	15039,60	13385,24	12180,57	11449,74	10991,75

La variación que existe del 2015 al 2016 representa al 13%. Con el cumplimiento del proyecto y una vez que se establezcan las actividades y valores, se estima que para el año 2020 se llegue a reducir el valor por paras no programadas en un 4%. Observamos entonces, que los costos por paras de mantenimiento no programado en el 2020 serán de \$10991.715, obteniendo una reducción de **\$6353.10**, comparado antes de implementar el Sistema de gestión de mantenimiento.

En el siguiente gráfico podemos apreciar esta disminución acorde a los años descritos.



**Figura 112 Gráfico de Costos por Paras de Producción.**



### 6.2.3 Análisis de ahorro por ejecución de actividades

En esta sección se definen los porcentajes de ahorro por costos de mantenimiento que se proyectan al año, tomando algunos ejemplos y analizándolos bajo ciertas condiciones.

#### 6.2.3.1 Análisis de ahorro por actividades de mantenimiento planificado

Para este análisis se han escogido dos de los planes de Mantenimiento Planificado realizados a equipos con un grado alto de criticidad.

Estos dos equipos son:

- Secador de Láminas de la Línea de Laminación N°1
- Motor-reductor de rodillo de arrastre en Enrolladora de la Línea de Laminación N°1.

El análisis se basa en comparar el costo que representa para el Departamento de Mantenimiento el cambio o reposición de un elemento o equipo, en el cual no se ha establecido o cumplido un plan de mantenimiento planificado vs uno que cuenta con dicho plan y cuyas actividades se han realizado como lo estipulado. Y definir así el ahorro que un adecuado Plan de Mantenimiento puede traer a la empresa.

##### 6.2.3.1.1 ANÁLISIS DE SECADOR DE LÁMINAS

En este equipo se analizará la actividad más crítica del plan de mantenimiento, **Lubricación de Rodamientos** del Motor. Algunos de los detalles de esta actividad de mantenimiento se muestran en la *Tabla 16*.

#### ANÁLISIS

Vamos a analizar en primera instancia el costo que representa a la empresa el cambio de los elementos, indiferentemente si se cumple con las actividades de mantenimiento planificado o no, como lo podemos ver en la *Tabla 17*.

**Tabla 16****Información actividad LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS**

MANTENIMIENTO PLANIFICADO (MP)						
EQUIPO		MOTOR DE SECADOR DE LÁMINAS				
PLAN DE MANTENIMIENTO		MANTENIMIENTO DE SECADOR DE LÁMINAS				
ACTIVIDAD	Duración (min)	Duración (hr)	Frecuencia (Hr)	# Operadores	Posibles efectos sin Actividad	Soluciones
Lubricación de rodamientos	30	0,5	450	1	Fallos prematuros de rodamientos. Vibraciones en el equipo	Cambio de rodamientos

**Tabla 17****Costos de reposición de rodamientos en Motor de Secador de Láminas**

COSTOS DE REPOSICIÓN DE RODAMIENTOS EN SECADOR AL FINALIZAR SU VIDA ÚTIL							
RODAMIENTO	REPUESTO (\$)	Cant. Repuestos	Duración de actividad (hr)	MANO DE OBRA		COSTO DE REPOSICIÓN TOTAL DE ELEMENTOS (\$)	
				Cant	Costo determinado (\$/hr)		Costo por Actividad
6208 ZZ	25	2	4	2	8,04	64,32	114,32

Posterior a esto definimos el costo que representa cumplir con la actividad de mantenimiento planificado. Estos valores los podemos ver en la *Tabla 18*.

Una vez que contamos con estos valores realizamos un análisis que nos permite comparar los costos que se tienen tomando en consideración dos casos, en el primero no se considera a la actividad de mantenimiento planificado, mientras que con el segundo sí. Las condiciones de los casos son:

Casos:

**1. Sin lubricación:**

*Tiempo de vida útil de rodamientos: 1800 horas*

**2. Con lubricación:**

*Tiempo de vida útil de rodamientos: 5400 horas*

*\*\*Estos valores se definen en base a datos históricos dentro de la empresa, experiencia por parte del personal de mantenimiento y por sugerencias de los manuales de los fabricantes\*\**

Tabla 18

## Costos de actividad LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS del equipo Motor de Secador de Láminas

COSTO ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO (MP)														
RODAMIENTO	Tipo	Grasa			Cantidad de grasa en rodamientos (gr)	COSTO TOTAL DE GRASA (\$)	COSTO OTROS SUMINISTROS (\$)	COSTO TOTAL SUMINISTROS (\$)	DURACIÓN DE ACTIVIDAD		MANO DE OBRA		COSTO TOTAL DE M.P EN LOS ELEMENTOS (\$)	
		Cantidad caneca (gr)	Costo por caneca (\$)	Costo (\$/gr)					(min)	(hr)	Cant	Costo determinado (\$/hr)		Costo por Actividad (\$)
6208 2Z	MULTIFAK EP2	15800	89,09	0,0056	15,4	0,08683	0,25	0,33683	6	0,1	1	8,04	0,804	1,141

Tabla 19

## Costos de Mantenimiento y Reposición de los elementos en dos posibles casos para la actividad de mantenimiento planificado LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS del equipo Motor de Secador de Láminas

ANÁLISIS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN AL FINALIZAR VIDA ÚTIL EN DOS CASOS												
RODAMIENTO	Sin Lubricación				Con Lubricación				Frecuencia de Actividad de M.P (hr)	# de Repeticiones de Actividad de M.P al año	COSTO DE ACTIVIDAD DE M.P POR AÑO DE UN ELEMENTO (\$/año)	COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO AL AÑO DE LOS ELEMENTOS (\$/AÑO)
	Tiempo de vida útil (hr)	Horas trabajo máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO REPOSICIÓN POR AÑO (\$/año)	Tiempo de vida útil (hr)	Horas trabajo máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO REPOSICIÓN POR AÑO (\$/año)				
6208 2Z	1800	1800	1,00	114,32	5400	1800	0,33	38,11	450	4	4,56	42,67

Con estos últimos valores podemos obtener el porcentaje de ahorro para la empresa que implica tener la actividad de mantenimiento planificada, en este caso corresponde a un Mantenimiento de tipo Preventivo, implementado en este equipo específico.

**Tabla 20**

**Cuadro de resumen de actividad LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS de equipo Motor de Secador de Láminas**

CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS					
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO	ELEMENTO/ REPUESTO	CANTIDAD	COSTO TOTAL DE ACTIVIDAD POR EQUIPO AL AÑO (\$/AÑO)		% DE AHORRO
			CASOS		
			SIN LUBRICACIÓN	CON LUBRICACIÓN	
Lubricación de rodamientos de Motor de Secador de Láminas	Rodamiento 6208 2Z	2	114,32	42,670	<b>62,67</b>

Como vemos en el cuadro, al realizarse la actividad de lubricación de los rodamientos cumpliendo con los parámetros que se han establecido para su frecuencia, procedimiento, etc. Se tiene un ahorro del **62.67%** para el Departamento de Mantenimiento al año. El ahorro corresponde al costo total de cambio o reposición de los elementos al finalizar su vida útil, más el costo que se tiene por el número de veces que la actividad de mantenimiento planificado se repite en el año.

**6.2.3.1.2 MOTOREDUCTOR DE RODILLO DE ARRASTRE EN ENROLLADORA DE LA LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1**

Este análisis es acerca del Plan de Mantenimiento del Motor-reductor de rodillo de arrastre en la Enrolladora de la línea de Laminación N° 1. En este plan se contemplan varias actividades, las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 21

**Información actividades MANTENIMIENTO MOTOREDUCTOR DE 6,5 HP del equipo Enrolladora de la Línea de Laminación N°1**

MANTENIMIENTO PLANIFICADO (MP)							
EQUIPO (S)		MOTOREDUCTOR DE RODILLOS DE ARRASTRE ENROLLADORA LÍNEA DE LAMINACIÓN N°1					
PLAN DE MANTENIMIENTO		MANTENIMIENTO MOTOREDUCTOR DE 6,5 HP					
N°	ACTIVIDAD (ES)	Duración de actividad (min)	Frecuencia (Hr)	# Operadores	Servicios Externos	Efectos en caso de no realizar la actividad	Soluciones
1	Análisis de Vibraciones	45	900	1	1	Fallos prematuros de rodamientos, vibraciones indeseadas en el equipo, fallas eléctricas en el motor, sobre calentamiento en el equipo.	Cambio de elementos en mal estado, reparaciones en el motor y/o reductor (en caso de ser posible). Compra de un nuevo equipo.
2	Mantenimiento Mayor	180	4000	2	0		
3	Medición de Corriente	20	450	1	0		
4	Pruebas Eléctricas y mecánicas	20	450	1	0		

**CONTINÚA →**

<b>5</b>	<b>Reajuste General de base</b>	<b>20</b>	<b>450</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>6</b>	Reajuste General de caja de conexiones	20	900	1	0
<b>7</b>	Limpieza de carcasa	20	450	1	0
<b>8</b>	Cambio de aceite de reductor	30	3600	1	0
<b>9</b>	Revisión General de reductor	30	450	1	0
<b>10</b>	Lubricación rodamientos	30	900	1	0
<b>11</b>	Revisión alineación y tensión de sistema de transmisión	30	900	1	0

### **ANÁLISIS**

En el análisis de este plan se debe contemplar que para la actividad de reposición o cambio se supone el caso crítico en que se deba reemplazar el equipo completo y no se puedan hacer reparaciones independientes. Además, para este análisis se van a definir dos posibles casos.

Estos casos son:

### **Caso 1**

En este caso se realiza el análisis del costo de reposición o reemplazo del equipo tomando en consideración el tiempo de para de la línea de producción mientras el equipo es traído por el proveedor, este costo lo afronta la empresa. Es decir, en este análisis veremos también cuánto afecta a la empresa la para por el cambio del equipo dañado y no sólo al área de mantenimiento.

### **Caso 2**

El segundo caso tendrá que ver netamente con el área de mantenimiento, pues en los costos de reposición y mantenimiento no se contemplan costos de para por máquina.

Primero analizaremos el caso 1. Comenzamos por calcular los valores de reposición que se tendrá en caso de que el equipo Motor-reductor de Arrastre de Rodillos de la Enrolladora, deje de funcionar.



**Caso 1****Tabla 22****Costo de reposición del equipo Motor-reductor de arrastre de rodillos de Enrolladora de la Línea de Laminación N°1. Caso 1**

COSTOS DE REPOSICIÓN (CR) DE EQUIPO SIN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO CASO 1 (MP)															
REPUESTO (\$)	COSTO (\$)	DURACIÓN DE ACTIVIDAD DE REPOSICIÓN (Hr)	MANO DE OBRA			CASOS DE TIEMPO DE ENTREGA				COSTOS DE PARA DE PRODUCCIÓN (\$)		COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN DE EQUIPO (\$)			
			Cant	Costo determinado (\$/hr)	COSTO POR ACTIVIDAD (\$)	A		B		MAQ (\$/hr)	MO (\$/hr)	Costo de para en Caso A (\$)	Costo de para en Caso B (\$)	CASO A	CASO B
ESPECIFICACIONES						Se tiene en stock (días)	No se tiene en stock (Hr de producción)	No se tiene en stock (días)	No se tiene en stock (Hr de producción)						
<b>MOTOREDUCTOR 6.5 HP + electrofreno</b>	<b>9666,92</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8,04</b>	<b>32,16</b>	<b>3</b>	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>320</b>	<b>151</b>	<b>74</b>	<b>5400</b>	<b>72000</b>	<b>15099,08</b>	<b>81699,08</b>

El siguiente cálculo se refiere al costo que representan las actividades de este plan de mantenimiento planificado y el nuevo equipo.

Tabla 23

**Costo actividades de plan de mantenimiento planificado del equipo Motor-reductor de arrastre de rodillos de Enrolladora de la Línea de Laminación N° 1**

COSTOS DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO															
No	ACTIVIDAD	SUMINISTROS/REPUESTOS UTILIZADOS EN ACTIVIDAD						DURACIÓN DE ACTIVIDAD (hr)	MANO DE OBRA			COSTO SERVICIOS EXTERNOS (\$)	COSTO TOTAL DE ACTIVIDAD (\$)	# Repeticiones al año	COSTO TOTAL DE ACTIVIDAD DE M.P POR AÑO (\$/AÑO)
		Nombre	Especificación	Cant.	Costo (\$)	Costos adicionales otros suministros (\$)	COSTO TOTAL (\$)		Cant.	Costo determinado (\$/hr)	COSTO POR MANO DE OBRA (\$)				
1	Análisis de Vibraciones	--	--	0	0	0,00	0,00	0,75	1	8,04	6,03	12	18,03	2	36,06
2	Mantenimiento Mayor	Rodamientos	6208 2Z	2	18,7	0,10	37,50	3,00	3	8,04	72,36	0	109,86	0,45	49,437
		Retenedores	45x62x7 mm	2	5,99	0,10	12,08					0	12,08		5,436
		Aceite	Meropa 220 (galón)	0,5	16,78	0,10	8,49					0	8,49		3,8205
3	Medición de Corriente	--	--	0	0	0,00	0,00	0,33	1	8,04	2,68	0	2,68	4	10,72
4	Pruebas Eléctricas y mecánicas	--	--	0	0	0,00	0,00	0,33	1	8,04	2,68	0	2,68	4	10,72
5	Reajuste General de base	--	--	0	0	0,00	0,00	0,33	1	8,04	2,68	0	2,68	4	10,72

**CONTINÚA →**

6	Reajuste General de caja de conexiones	--	--	0	0	0,00	0,00	0,33	1	8,04	2,68	0	2,68	2	5,36
7	Limpieza de carcaza	--	--	0	0	0,15	0,15	0,33	1	8,04	2,68	0	2,83	4	11,32
8	Cambio de aceite de reductor	Aceite	Meropa 220 (galón)	0,5	16,78	0,25	8,64	0,50	2	8,04	8,04	0	16,68	0,5	8,34
9	Revisión General de reductor	--	--	0	0	0,15	0,15	0,50	1	8,04	4,02	0	4,17	4	16,68
10	Lubricación rodamientos	Grasa	Multifak EP 2 (gramos)	7,7	0,00156	0,25	0,26	0,50	1	8,04	4,02	0	4,28	2	8,564024
11	Revisión alineación y tensión de sistema de transmisión	--	--	0	0	0,15	0,15	0,50	1	8,04	4,02	0	4,17	2	8,34
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO PLANIFICADO POR AÑO (\$/AÑO)														<b>185,518</b>	

Suponiendo entonces el caso de que el equipo tiene una vida útil de 5400 horas sin mantenimiento, realizamos el cálculo de ahorro que puede haber frente a los gastos que se generan al año con el plan de mantenimiento planificado para ese equipo y el costo que representa al año para la empresa en caso de falla.

**Tabla 24**

**Cuadro de resumen de resultados del plan de mantenimiento para el equipo Motor-reductor de rodillo de arrastre de Enrolladora de la Línea de Laminación N° 1. Caso 1**

CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS (CASO 1)								
PLAN DE MANTENIMIENTO	Tiempo de vida útil sin actividad de Mantenimeinto Planificado. (Hr)	Horas trabajo máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO TOTAL MANTENIMIENTO PLANIFICADO POR AÑO (\$/AÑO)	COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN DE EQUIPO POR AÑO (\$/AÑO)		% DE AHORRO	
					CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
MANTENIMIENTO MOTOREDUCTOR DE 6,5 HP + ELECTRO-FRENO	5400	1800	0,33	185,518	Se tiene en stock	No se tiene en stock	Se tiene en stock	No se tiene en stock
					5033,03	27233,03	96,31	

Como vemos existe un ahorro sumamente elevado, pues se considera en este caso el gasto que implica parar la producción, para la empresa y no solamente los gastos de mantenimiento.

## Caso 2

Realizamos el mismo análisis anterior, con la diferencia que no se contemplan los gastos que implica parar la producción. Obteniendo así un valor que le afecta directamente al área de mantenimiento.

**Tabla 25**

### **Costo de reposición del equipo Motor-reductor de arrastre de rodillos de Enrolladora de la Línea de Laminación N° 1. Caso 2**

COSTOS DE REPOSICIÓN (CR) DE EQUIPO SIN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO CASO 2 (MP)						
REPUESTO (\$)		DURACIÓN DE ACTIVIDAD DE REPOSICIÓN (Hr)	MANO DE OBRA			COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN DE EQUIPO (\$)
ESPECIFICACIONES	COSTO (\$)		Cant	Costo determinado (\$/hr)	COSTO POR ACTIVIDAD (\$)	
<b>MOTOREDUCTOR 6.5 HP + electrofreno</b>	<b>9666,92</b>	2	2	8,04	<b>32,16</b>	<b>9699,08</b>

El costo de llevar a cabo el plan de mantenimiento es el mismo que el presentado en la *Tabla 23*.

Ahora para definir las variaciones que tenemos con el nuevo costo de reposición realizamos los cálculos presentados en la *Tabla 25*.

Pese a que el costo de reposición del equipo disminuye aún se tiene un ahorro superior al 90%. En este caso específico el porcentaje de ahorro sube a tanto debido a que el gasto que representa llevar a cabo las actividades del plan de mantenimiento para este equipo es muy bajo en consideración con el costo de reposición en el caso crítico que se averíe el mismo y deba ser reemplazado.

Tabla 26

**Cuadro de resumen de resultados del plan de mantenimiento para el equipo Motoreductor de rodillo de arrastre de Enrolladora de la Línea de Laminación N° 1. Caso 2**

CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS (CASO 2)						
PLAN DE MANTENIMIENTO	Tiempo de vida útil sin actividad de Mantenimeinto Planificado (Hr)	Horas trabajo máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO TOTAL MANTENIMIENTO PLANIFICADO POR AÑO (\$/AÑO)	COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN DE EQUIPO AL AÑO (\$)	% DE AHORRO
MANTENIMIENTO MOTOREDUCTOR DE 6,5 HP + ELECTRO-FRENO	5400	1800	0,33	185,52	3233,03	94,26

### 6.2.3.2 Análisis de ahorro por actividades de mantenimiento autónomo

Este análisis se basa en comparar el costo que representa para el Departamento de Mantenimiento un cambio o reposición de un elemento o equipo en el cual no se practica el mantenimiento autónomo, frente a uno en el cual si se cumpla dicho proceso.

Se han escogido tres de las actividades de mantenimiento autónomo, estas son algunas de las actividades más importantes, pues de fallar los elementos o equipos, habría graves daños en la línea de producción, además de tener algunos de los costos más altos en cuanto a sus actividades de mantenimiento autónomo.

Se detalla el análisis para dichas actividades.

#### 6.2.3.2.1 Lubricación de chumaceras y rodamientos

Esta es una de las actividades que conlleva más trabajo pues existe un gran número de chumaceras dentro de la línea. Lo que implica además que se utilizará mayor cantidad de recursos que en otras actividades, sin contar con la importancia que tiene cada chumacera dentro de la línea de producción, pues si los rodillos a los cuales ellas dan soporte, no están en funcionamiento no se puede producir correctamente.

La información general de esta actividad se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 27**

**Información sobre actividad de Mantenimiento Autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS de la Línea de Laminación N°1**

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO					
EQUIPO (S)	Controlador de tensiones, compensadores, alineador de armaduras, castillos de enfriamiento.				
ACTIVIDAD	Duración de actividad en cada elemento (min)	Frecuencia (hr)	# Operadores	Efectos en caso de no realizar la actividad	Soluciones
Lubricación chumaceras y rodamientos.	3	150	1	Fallos prematuros de rodamientos	Cambio de chumaceras

**ANÁLISIS**

Vamos a analizar en primera instancia el costo que representa a la empresa el cambio de los elementos, indiferentemente si se aplica o no las actividades de mantenimiento autónomo.

Tabla 28

**Costos de reposición de chumaceras en actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS de la Línea de Laminación N°1**

COSTOS DE REPOSICIÓN (CR) DE ELEMENTO AL FINALIZAR SU VIDA ÚTIL						
REPUESTO (\$)		DURACIÓN DE ACTIVIDAD (Da) (Hr)	Cant	MANO DE OBRA		COSTO DE REPOSICIÓN DE UN ELEMENTO (CRe) (\$)
CHUMACERA (\$)	COSTO REPUESTO (Crep) (\$)			Costo determinado (\$/hr)	Costo Mano de Obra (CMo) (\$)	
SY 50 TF	58,73	2	2	8,04	32,16	90,89
SY 508 M	33,4	2	2	8,04	32,16	65,56
SY 510 M	58,73	2	2	8,04	32,16	90,89
SY 512 M	60,98	2	2	8,04	32,16	93,14
FY 30 TF	21,77	1	2	8,04	16,08	37,85

Este análisis se lo realiza tomando 5 modelos de chumaceras, que son las más representativas por cantidad y por ser el soporte de rodillos más importantes dentro de la línea. Para el cálculo de su costo de reposición se toma en consideración el costo del repuesto más el costo que representa la mano de obra en esta actividad.

A continuación, se muestra un ejemplo de los cálculos realizados en la *Tabla 28*. Cálculos que son repetitivos para los ejemplos de los siguientes equipos.

- *Para Chumacera*

*Tipo: SY 50 TF*

*Crep: Costo de repuesto.*

*Tr: Duración de actividad de reposición*

*CMo: Costo de Mano de Obra*

*Cant: Cantidad de personal necesario en actividad*

*CfMO: Costo establecido de hora/hombre.*

*CRe: Costo de Reposición de un elemento*



DATOS:

$$Crep = 58,73 (\$)$$

$$Tr = 2 (Hr)$$

$$Cant = 2$$

$$CfMO = 8,04 (\$/Hr)$$

DESARROLLO

$$CMo = Tr * Cant * CfMO$$

$$CMo = 2 * 2 * 8.04$$

$$CMo = 32.16 (\$)$$

$$CRe = Crep + CMo$$

$$CRe = 90.89 (\$)$$

Como segundo paso, en la *Tabla 29*, analizamos el costo que la actividad de mantenimiento autónomo representa para la empresa.

A continuación, se muestra un ejemplo del cálculo realizado en la *Tabla 29*.

- Para Chumacera

Tipo: **SY 50 TF**

Grasa: **Multifak EP2**

*Cgr*: Costo por gramo de grasa

*Pgr*: cantidad de grasa en la chumacera

*Cs*: costos adicionales otros suministros

*CTS*: Costo Total suministros

*Ta*: Duración de actividad de mantenimiento autónomo

*CMo*: Costo de Mano de Obra

*Cant*: Cantidad de personal necesario en actividad

*CfMO*: Costo establecido de hora/hombre.

*CMA*: Costo de actividad de mantenimiento Autónomo por elemento

DATOS:  $C_{gr} = 0.0056 \left( \frac{\$}{gr} \right)$

$$P_{gr} = 8.6 (gr)$$

$$C_s = 0.15 (\$)$$

$$T_a = 0.05 (Hr)$$

$$C_{ant} = 1$$

$$C_{fMO} = 8.04 \left( \frac{\$}{Hr} \right)$$

DESARROLLO:

$$CTS = (C_{gr} * P_{gr}) + C_s$$

$$CTS = (0.056 * 8.6) + 0.15$$

$$\mathbf{CTS = 0.198 (\$)}$$

$$CMo = T_a * C_{ant} * C_{fMO}$$

$$CMo = 0.05 * 1 * 8.04$$

$$\mathbf{CMo = 0.402 (\$)}$$

$$\mathbf{CMA = CTS + CMo}$$

$$CMA = 0.198 + 0.402$$

$$\mathbf{CMA = 0.600 (\$)}$$

Tabla 29

**Costos de reposición de chumaceras en actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS en la Línea de Laminación N°1**

COSTOS DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO														
CHUMACERA	SUMINISTROS UTILIZADOS EN ACTIVIDAD							COSTO TOTAL SUMINISTROS (\$)	DURACIÓN DE ACTIVIDAD		MANO DE OBRA		COSTO DE ACTIVIDAD DE M.A DE UN ELEMENTO (\$)	
	GRASA	Cantidad caneca (gr)	Costo por caneca (\$)	Costo por gr (\$/gr)	Cantidad de grasa en una chumacera (gr)	Costo de grasa por aplicación (\$)	Costos adicionales otros suministros (\$)		(min)	(hr)	Cant	Costo determinado (\$/hr)		COSTO POR MANO DE OBRA (\$)
<b>SY 50 TF</b>	MULTIFAK EP2	15800	89,09	0,0056	8,6	0,048	0,15	0,198	3	0,05	1	8,04	0,402	0,600
<b>SY 508 M</b>	MULTIFAK EP2	15800	89,09	0,0056	8,2	0,046	0,15	0,196	3	0,05	1	8,04	0,402	0,598
<b>SY 510 M</b>	MULTIFAK EP2	15800	89,09	0,0056	8,6	0,048	0,15	0,198	3	0,05	1	8,04	0,402	0,600
<b>SY512 M</b>	MULTIFAK EP2	15800	89,09	0,0056	9	0,051	0,15	0,201	3	0,05	1	8,04	0,402	0,603
<b>FY 30 TF</b>	TEXCLAD EP 2	15800	166,71	0,0106	7,7	0,081	0,15	0,231	3	0,05	1	8,04	0,402	0,633

Se calcula entonces el costo que representa para el departamento de mantenimiento, realizar las actividades antes descritas, ya sea por acciones de mantenimiento autónomo o por cambio o reposición de elementos, considerando dos casos, si se aplica de manera correcta el protocolo de mantenimiento autónomo, la vida útil de los elementos será diferente con respecto a si no se cumple el mismo.

Para ello se dan dos condiciones iniciales

Casos:

**3. Sin lubricación:**

*Tiempo de vida útil: 1200 horas*

**4. Con lubricación:**

*Tiempo de vida útil: 2400 horas*

*\*\*Estos valores se definen en base a datos históricos dentro de la empresa, experiencia por parte del personal de mantenimiento y por sugerencias de los manuales de los fabricantes\*\**

Tabla 30

**Costos de Mantenimiento y Reposición de los elementos en dos posibles casos para la actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS de la Línea de Laminación N°1**

ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN DE ELEMENTO EN DOS POSIBLES CASOS															
CASOS														COSTO TOTAL POR LÍNEA AL AÑO (\$/AÑO)	
CHUMACERA	CANTIDAD CHUMACERAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	SIN LUBRICACIÓN				CON LUBRICACIÓN							SIN LUBRICACIÓN	CON LUBRICACIÓN	
		Tiempo de vida útil Elemento (hr)	Horas trabajadas máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO REPOSICIÓN POR AÑO DE ELEMENTO (\$/año)	Tiempo de vida útil Elemento (hr)	Horas trabajadas máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO REPOSICIÓN POR AÑO DE ELEMENTO (\$/año)	Frecuencia de Actividad de M.A (hr)	# de Repeticiones de Actividad de M.A al año	COSTO DE ACTIVIDAD DE M.A POR AÑO DE ELEMENTO (\$/año)			COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO AL AÑO DE UN ELEMENTO (\$/AÑO)
SY 50 TF	4	1200	1800	1,5	136,335	2400	1800	0,75	68,17	150	12	7,21	75,37	545,34	301,49
SY 508 M	2	1200	1800	1,5	98,34	2400	1800	0,75	49,17	150	12	7,18	56,35	196,68	112,70
SY 510 M	2	1200	1800	1,5	136,335	2400	1800	0,75	68,17	150	12	7,21	75,37	272,67	150,75
SY512 M	4	1200	1800	1,5	139,71	2400	1800	0,75	69,86	150	12	7,23	77,09	558,84	308,35
FY 30 TF	2	1200	1800	1,5	56,775	2400	1800	0,75	28,39	150	12	7,60	35,99	113,55	71,97

Se realiza a continuación un ejemplo de cómo se realizaron los cálculos en la Tabla 30

- Para Chumacera

Tipo: **SY 50 TF**

Grasa: **Multifak EP2**

*Ne*: Número de elementos de ese modelo que se reemplazarían en la línea de producción

*CRe*: Costo de Reposición de un elemento

*CMA*: Costo de actividad de mantenimiento Autónomo por elemento

*Tv1*: Tiempo de vida útil Caso 1.

*Tv2*: Tiempo de vida útil Caso 2

*Hmaq*: Horas de trabajo de la máquina al año

*Nr1*: número de reposiciones o cambios al año Caso 1

*Nr2*: número de reposiciones o cambios al año Caso 2

*Nr3*: número de repeticiones de actividad de mantenimiento autónomo al año

*CRa1*: costo de reposición por año de un elemento Caso 1

*CRa2*: costo de reposición años de un elemento Caso 2

*Fa*: frecuencia actividad mantenimiento autónomo.

*CMAa*: Costo actividad de mantenimiento autónomo por año de un elemento

*CMRa*: Costo Total de reposición y mantenimiento al año de un elemento

*CTa1*: Costo Total por línea de producción al año Caso 1

*CTa2*: Costo Total por línea de producción al año Caso 2

DATOS:

$$Ne = 4$$

$$CRe = 90.89 (\$)$$

$$CMA = 0.600 (\$)$$

$$Tv1 = 1200 (Hr)$$

$$Tv1 = 2400 (Hr)$$

$$Hmaq = 1800 (Hr)$$

$$Fa = 150 (Hr)$$

DESARROLLO:

$$Nr1 = \frac{Hmaq}{Tv1}$$

$$Nr1 = \frac{1800}{1200}$$

$$Nr1 = 1,5$$

$$CRa1 = CRe * Nr1$$

$$CRa1 = 90.89 * 1.5$$

$$CRa1 = 136.335 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$

$$Nr2 = \frac{Hmaq}{Tv2}$$

$$Nr2 = \frac{1800}{2400}$$

$$Nr2 = 0.75$$

$$CRa2 = CRe * Nr2$$

$$CRa2 = 90.89 * 0.75$$

$$CRa2 = 68.17 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$

$$Nr3 = \frac{Hmaq}{Fa}$$

$$Nr3 = \frac{1800}{150}$$

$$Nr3 = 12$$

$$CMAa = CMA * Nr3$$

$$CMAa = 0.6 * 12$$

$$CMAa = 7.21 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$

$$CMRa = CRa2 + CMAa$$

$$CMRa = 68.17 + 7.21$$

$$CMRa = 75.37 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$

$$CTa1 = Ne * CRa1$$

$$CTa1 = 4 * 136.335$$

$$CTa1 = 545.34 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$



$$CTa2 = Ne * CMRa$$

$$CTa2 = 4 * 75,37$$

$$CTa2 = 301.49 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$

Para terminar, se analiza si existe o no ahorro para el Departamento de Mantenimiento, en los gastos anuales de mantenimiento y cambio o reemplazo de los elementos al finalizar su vida útil, en este caso chumaceras, después de haber implementado la actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS en la Línea de Laminación N°1. En la Tabla 31, podemos ver los resultados.

**Tabla 31**

**Cuadro de resumen de resultados de actividad LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS en la Línea de Laminación N°1**

CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS							
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	ELEMENTO	CANT	COSTO DE REPOSICIÓN DEL ELEMENTO (\$)	COSTO DE ACTIVIDAD DE M.A DE UN ELEMENTO (\$)	COSTO TOTAL POR LÍNEA AL AÑO (\$/AÑO)		% DE AHORRO
					CASOS		
					SIN LUBRICACIÓN	CON LUBRICACIÓN	
Lubricación de Chumaceras y rodamientos	SY 50 TF	4	90,89	0,600	545,34	301,494	44,71
	SY 508 M	2	65,56	0,598	196,68	112,698	42,70
	SY 510 M	2	90,89	0,600	272,67	150,747	44,71
	SY512 M	4	93,14	0,603	558,84	308,352	44,82
	FY 30 TF	2	37,85	0,633	113,55	71,973	36,62

Para el cálculo del porcentaje de ahorro tenemos el siguiente procedimiento, detallado como ejemplo para uno de los casos:

- *Para Chumacera*  
*Tipo: SY 50 TF*  
*Grasa: Multifak EP2*

*Ne*: Número de elementos de ese modelo que se reemplazarían en la línea de producción

*CRe*: Costo de Reposición de un elemento

*CMA*: Costo de actividad de mantenimiento Autónomo por elemento

*CTa1*: Costo Total por línea de producción al año Caso 1

*CTa2*: Costo Total por línea de producción al año Caso 2

*Ahorro*: Porcentaje de ahorro entre el Caso 1 y Caso 2.

DATOS:

$$Ne = 4$$

$$CRe = 90.89 (\$)$$

$$CMA = 0.600 (\$)$$

$$CTa1 = 545.34 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$

$$CTa2 = 301.49 \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$

DESARROLLO:

$$Ahorro = 100 - \left( \frac{CTa2 * 100}{CMRa} \right)$$

$$Ahorro = 44,71 (\%)$$

Comprobamos que existe un ahorro de 44,71% para el Departamento de Mantenimiento al llevar a cabo esta actividad.

### 6.2.3.2.2 Lubricación de cadenas y piñones

Esta actividad se considera de gran importancia pues, sin el correcto sistema de transmisión la línea no puede moverse, por lo que existiría una para obligatoria o con muchas limitaciones.

La información general de esta actividad se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 32**

#### **Información sobre actividad de Mantenimiento Autónomo LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES en la Línea de Laminación N°1**

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO						
EQUIPO (S)	SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE CASTILLOS DE ENFRIAMIENTO, GRANULADORA, COMPENSADORES, SHOCK ABSORBER.					
ACTIVIDAD	Duración (min)	Duración (hr)	Frecuencia (Hr)	# Operadores	Efectos	Soluciones
Lubricación cadenas y piñones	6	0,1	150	1	Fallos prematuros en cadenas y piñones	Cambio de cadenas y reparación o cambio de piñones

Como en el caso anterior se van a realizar los mismos cálculos para realizar los análisis mostrados a continuación.

### **ANÁLISIS**

El primer análisis es sobre el costo que representa a la empresa el cambio de los elementos, indiferentemente si se aplican o no las actividades de mantenimiento autónomo.

Tabla 33

### Costos de reposición del elemento en actividad LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES en la Línea de Laminación N°1

COSTOS DE REPOSICIÓN DE ELEMENTO (\$) AL FINALIZAR SU VIDA ÚTIL							
DESCRIPCIÓN	REPUESTO (s)			Duración de actividad (hr)	MANO DE OBRA		COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN DE ELEMENTO (\$)
	Costo (\$/m)	Cantidad de cadena utilizada para repuesto (m)	Costo total de cadena en actividad (\$)		Costo determinado (\$/hr)	Costo por Actividad (\$)	
Cadena de transmisión paso 80 simple	97,38	3	292,14	1,5	8,04	24,12	316,26

Como segundo paso calculamos el costo que representa para la empresa ejecutar la actividad de mantenimiento autónomo. Lo podemos ver en la *Tabla 33*.

Es necesario ahora saber cuál es el costo que su cambio o reposición y su mantenimiento van a representar de acuerdo al tiempo de su vida útil.

Para ello suponemos con en el caso anterior, dos casos, los cuales son:

Casos:

**5. Sin lubricación:**

*Tiempo de vida útil: 900 horas*

**6. Con lubricación:**

*Tiempo de vida útil: 2700 horas*

*\*\*Estos valores se definen en base a datos históricos dentro de la empresa, experiencia por parte del personal de mantenimiento y por sugerencias de los manuales de los fabricantes\*\**

Este análisis se puede apreciar en la *Tabla 34*.

Tabla 34

**Costos de mantenimiento autónomo para la actividad LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES en la Línea de Laminación N°1**

COSTOS DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO													
Cadena	SUMINISTROS UTILIZADOS EN ACTIVIDAD							DURACIÓN DE ACTIVIDAD		Cant	MANO DE OBRA		COSTO DE ACTIVIDAD DE M.A DE UN ELEMENTO (\$)
	LUBRICANTE	Descripción	Costo por galón (\$)	Cantidad de aceite en actividad (gal)	Costo Total aceite por actividad (\$)	Costos adicionales otros suministros (\$)	COSTO TOTAL SUMINISTROS EN ACTIVIDAD (\$)	(min)	(hr)		Costo determinado (\$/hr)	Costo por Actividad (\$)	
<b>Cadena de transmisión paso 80 simple</b>	ACEITE	Aceite de Transmisión Meropa 220	16,78	0,5	8,39	0,15	8,54	10	0,17	1	8,04	1,34	9,880

Tabla 35

**Costos de Mantenimiento y Reposición de los elementos en dos posibles casos para la actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN CADENAS Y PIÑONES de la Línea de Laminación N°1.**

ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN DE ELEMENTO EN DOS POSIBLES CASOS												
Cadena	CASOS											
	Sin Lubricación				Con Lubricación							
	Tiempo de vida útil (hr)	Horas trabajo máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO REPOSICIÓN POR AÑO DE ELEMENTO (\$/año)	Tiempo de vida útil (hr)	Horas trabajo máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO REPOSICIÓN POR AÑO (\$/año)	Frecuencia de Actividad de M.A (hr)	# de Repeticiones de Actividad de M.A al año	COSTO DE ACTIVIDAD DE M.A POR AÑO DE UN ELEMENTO (\$/año)	COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO AL AÑO DE UN ELEMENTO (\$/AÑO)
<b>Cadena de transmisión paso 80 simple</b>	900	1800	2	<b>632,52</b>	2700	1800	0,667	210,84	150	12	118,56	<b>329,40</b>

Como paso final, se analiza si existe o no ahorro para el Departamento de Mantenimiento, en los gastos anuales de mantenimiento y cambio o reemplazo de los elementos, en este caso cadenas, después de haber implementado la actividad de mantenimiento autónomo LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES en la Línea de Laminación N°1. En la *Tabla 36*, podemos ver los resultados.

**Tabla 36**

**Cuadro de resumen de resultados de actividad LUBRICACIÓN DE CADENAS Y PIÑONES de la Línea de Laminación N°1**

CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS				
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	ELEMENTO	CASOS		% DE AHORRO
		SIN LUBRICACIÓN	CON LUBRICACIÓN	
		COSTO REPOSICIÓN POR AÑO DE ELEMENTO (\$/año)	COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO AL AÑO DE UN ELEMENTO (\$/AÑO)	
Lubricación cadenas y piñones	Cadena de transmisión paso 80 simple	632,52	329,400	47,92

Vemos que esta actividad le representa un ahorro al Departamento de Mantenimiento del 47, 92% al año.

#### 6.2.3.2.3 Limpieza de filtro de secador de láminas

El Secador de Láminas en la Línea de Laminación N°1 es de criticidad alta pues, en caso de avería sería muy difícil poder reemplazarlo, por los costos y tiempos de entrega del mismo.

Realizaremos entonces el análisis de la actividad principal dentro del programa establecido de mantenimiento autónomo para este equipo, este análisis se lo hace a la actividad LIMPIEZA DEL FILTRO.

Tabla 37

**Información general sobre actividad de mantenimiento autónomo LIMPIEZA DE FILTRO DE SECADOR DE LÁMINAS de la Línea de Laminación N°1**

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO					
EQUIPO (S)		SECADOR DE LÁMINAS			
ACTIVIDAD	Tiempo (min)	Frecuencia (Hr)	# Operadores	Efectos	Soluciones
Limpieza del filtro	3	75	1	Caudal de aire nulo o insuficiente, absorción de corriente superior al valor admitido, temperatura del aire de descarga.	Limpieza o cambio de filtro

### ANÁLISIS

Como se hizo en los dos casos anteriores se comienza analizando el costo que representa el cambio del elemento averiado o desgastado, en este caso el filtro. En la *Tabla 38*, se expone dicho análisis.

Tabla 38

**Costos de reposición en actividad LIMPIEZA DE FILTRO EN SECADOR DE LÁMINAS en la Línea de Laminación N°1**

COSTOS DE REPOSICIÓN DE ELEMENTO (\$) AL FINALIZAR SU VIDA ÚTIL						
Filtro	REPUESTO (\$)	Duración de actividad (hr)	MANO DE OBRA			COSTO DE REPOSICIÓN DE ELEMENTO (\$)
			Cant	Costo determinado (\$/hr)	Costo por Actividad (\$)	
Filtro de papel 24x30x20	63	1	2	8,04	16,08	79,08

Lo siguiente que debemos analizar es el costo de realizar la actividad de mantenimiento autónomo, en este caso la limpieza del filtro.



Tabla 39

**Costos de mantenimiento para la actividad LIMPIEZA DE FILTRO DE SECADOR DE LÁMINAS en la Línea de Laminación N°1**

COSTOS DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO									
Filtro	Costo Repuestos (\$)	Costos adicionales suministros (\$)	Costo total (\$)	Duración de actividad			MANO DE OBRA		COSTO DE ACTIVIDAD DE M.A DE UN ELEMENTO (\$)
				(min)	(hr)	Cant	Costo determinado (\$/hr)	Costo por Actividad (\$)	
Filtro de papel 24x30x20	0	0,15	0,15	3	0,05	1	8,04	0,402	0,552

Para el siguiente análisis, debemos considerar dos casos, el primero será si al equipo no se le aplica correctamente la actividad de mantenimiento autónomo establecido y el segundo si se cumple. La diferencia será básicamente en el tiempo de vida útil del elemento en ambos casos, los que vemos a continuación.

Tabla 40

**Costos de Mantenimiento y Reposición de los elementos para la actividad de mantenimiento autónomo LIMPIEZA DE FILTRO DE SECADOR DE LÁMINAS de la Línea de Laminación N°1**

ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN DE ELEMENTO EN DOS POSIBLES CASOS												
Filtro	CASOS											
	Sin Limpieza				Con Limpieza							
	Tiempo de vida útil (hr)	Horas trabajo máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO REPOSICIÓN POR AÑO DE UN ELEMENTO (\$/año)	Tiempo de vida útil (hr)	Horas trabajo máquina al año (Hr/año)	# Reposiciones al año	COSTO REPOSICIÓN POR AÑO DE UN ELEMENTO (\$/año)	Frecuencia de Actividad de M.A (hr)	# de Repeticiones de Actividad de M.A al año	COSTO DE ACTIVIDAD DE M.A POR AÑO DE UN ELEMENTO (\$/año)	COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO AL AÑO DE UN ELEMENTO (\$/AÑO)
Filtro de papel 24X30x20	900	1800	2	158,16	1800	1800	1	79,08	75	24	13,25	92,33

Por último, en el siguiente cuadro de resultados observamos si existe un ahorro al tener implementadas las actividades de mantenimiento autónomo vs a trabajar sin dichas actividades.

**Tabla 41**

**Resumen de resultados de actividad LIMPIEZA DE FILTRO DE SECADOR DE LÁMINAS de la Línea de Laminación N°1**

CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS					
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO AL AÑO DE UN ELEMENTO (\$/AÑO)		% DE AHORRO
			CASOS		
			SIN LUBRICACIÓN	CON LUBRICACIÓN	
Limpieza del filtro	Filtro de papel de 24x30x20 cm	1	158,16	92,328	41,62

Como vemos el porcentaje de ahorro del costo total de mantenimiento y reposición para este caso es del **41,62%**.

En resumen, tenemos que tanto las actividades de mantenimiento planificado como las del autónomo, traen grandes beneficios si se llevan a cabo como lo establecido, pues como beneficio principal vemos que aumentan la vida útil de los elementos o equipos, lo que lleva a tener menos gastos por la sustitución de los mismos.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

- Se realizó el levantamiento de información de un total de 210 equipos en la planta de El Inga, de la empresa Imptek, registrando dicha información en una base de datos apoyada con el software MP versión 9.8.
- Se elaboró un total de 121 planes de mantenimiento de tipo preventivo, para los equipos antes mencionados. Los mismos se ingresaron al software MP versión 9.8, desde donde se gestiona este nuevo sistema de mantenimiento.  
Los planes de mantenimiento preventivo se realizan basándose en los tipos de equipos encontrados, que son un total de 50 tipos de equipos. Aumentan los planes con respecto al número de tipos de equipos, pues existen casos especiales, por los que se deben hacer planes independientes para ciertos equipos.
- Se implementaron actividades de Mantenimiento Autónomo y Planificado en la Línea de Laminación N° 1, que sirven ahora como base fundamental del Mantenimiento Productivo Total, para que la empresa continúe el desarrollo de esta estrategia o herramienta en el resto de la empresa.
- Se obtienen como beneficios de la implementación de este sistema, equipos en mejores condiciones de uso. Detección temprana de posibles problemas como averías o daños en los equipos. Se cuenta con una línea de producción más segura y limpia, lo que permite trabajar con mayor agrado y entusiasmo a sus operadores.
- Se obtiene por parte de los trabajadores buena aceptación al programa implementado. Pese a tener al principio actitudes reacias al mismo, después de comenzar a palpar los beneficios, su actitud comienza a cambiar. Su actitud es más participativa, realizan sugerencias frecuentemente sobre mejoras que

pueden haber. Y principalmente comprenden que las nuevas actividades implementadas son parte de un proceso para mejorar la productividad de la empresa, están de acuerdo con innovar y les motiva el hecho que su seguridad sea uno de los principales factores considerados.

- El costo total del proyecto es de \$10157.6 y la inversión por parte de la empresa IMPTEK es de \$ 8457.59
- El ahorro que traerá a la empresa por gastos de para de producción dentro de 4 años será de \$10469.28
- Contemplando un escenario conservador, donde las ventas de la empresa varían en 2% y uno optimista en donde incrementan en 5% en los siguientes 4 años, se tiene una disminución de costos por mantenimiento no planificados del 60% en 2015 a 10% en 2020, para el Departamento de Mantenimiento.
- Al realizarse las actividades de Mantenimiento Autónomo se puede llegar a tener ahorros en promedio de 44, 75% en los gastos que representa cambiar un elemento cuando ha finalizado su vida útil, frente a si no se realizaran dichas actividades.

## **7.2 Recomendaciones**

- El sistema implementado representa grandes cambios, en la forma de gestionar el mantenimiento y además en los hábitos que operadores, técnicos e ingenieros a cargo deben adquirir; por lo que, se recomienda evaluar periódicamente si se están cumpliendo las actividades estandarizadas y de la manera correcta.
- Siempre que ingrese nuevo personal a trabajar con las actividades implementadas, se debe capacitar sobre el correcto uso de las herramientas y de cómo llevar a cabo tanto las actividades, como la forma adecuada de llenar los registros.
- Se debe mantener el cronograma establecido para la revisión de los diferentes puntos que trata el TPM, como son los Formatos de Registro de Anomalías, la Bitácora de Mantenimiento, las actualizaciones en el sistema de las horas registradas por los horómetros de cada equipo.

- Se debe cumplir en el tiempo establecido las actividades tanto de mantenimiento planificado como autónomo, para evitar que los equipos lleguen a sus niveles máximos antes de presentar fallas.
- Se debe mantener una buena comunicación entre el área de producción y la de mantenimiento, para que las planificaciones sean las adecuadas y las actividades de un departamento no interfieran en las del otro.
- Por parte del Departamento de Mantenimiento se debe cumplir con las fechas estimadas tanto de entrega de proyectos o mejoras, como de las actividades de mantenimiento planificado, para que no exista una desmotivación por parte del área de producción al interpretar las demoras como una falta de interés a sus sugerencias y problemas.
- Por parte del Departamento de Producción se debe mantener el entusiasmo en realizar las actividades y no olvidar los objetivos para los cuales han sido implementadas las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Auskamp, J. (22 de Octubre de 2015). Obtenido de Cómo hacer que el TPM sea la prioridad de Apoyo para todos?: [http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE//articles\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/tpm/neg2positivetpmSpanish.htm](http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE//articles_on_total_productive_maintenance/tpm/neg2positivetpmSpanish.htm)
- Baltur. (2012). *Instrucciones para quemadores modelos*. Italia: Baltur tTeconologie per il clima.
- Cannon Polyuretane Technology. (s.f.). *Technical Manual*. Afros.
- CDI. (24 de Octubre de 2015). *TPM: Mantenimiento Productivo Total*. Obtenido de <http://www.cdiconsultoria.es/metodo-tpm-mantenimiento-productivo-total-valencia>
- Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors. (s.f.). *Potential Failure Mode and effects analysis FMEA. Reference Manual*.
- Corporation, G. M. (2008). *Potential Failure Mode and Effects Analysis for tooling and equipment*.
- Cuatrecasas, L. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. Barcelona: Profit.
- García, F. (11 de Diciembre de 2015). *Gestión del Mantenimiento Preventivo Predictivo-Autónomo*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- García, O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Goulds Pumps. (s.f.). *Bombas centrífugas en hierro fundido con accesorios de bronce*.
- IMPTEK. (3 de Septiembre de 2015). *Trayectoria*. Obtenido de <http://imptek.com/trayectoria/>

Martínez, H. (10 de 06 de 2016). *Mantenimiento Productivo Total TPM*. Obtenido de <http://hemaruce.angelfire.com/tpm.pdf>

*Qué es el MP?* (15 de 08 de 2015). Obtenido de [http://www.mpsoftware.com.mx/software\\_mantenimiento/mp\\_cmms.html](http://www.mpsoftware.com.mx/software_mantenimiento/mp_cmms.html)

Robelo, C. (2008). *Metodología para la diferenciación y categorización de las máquinas e instalaciones*.

SPC. (20 de 07 de 2015). *12 Pasos para implementar el TPM*. Obtenido de <http://spcgroup.com.mx/12-pasos-para-implementar-el-tpm/>

Viking Pump INC. IDEX CORPORATION. (s.f.). *Manual de Servicio Técnico Bombas de Alto Rendimiento de Sello Universal*.

Widman, R. (3 de 10 de 2015). *La vida útil de Rodamientos y Cojinetes Lubricados por Grasa-Contaminación y Lubricación*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/bo10.pdf>



## **ANEXOS**