

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TESIS

Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz

Para obtener el grado académico de maestro en Ingeniería con mención en Gerencia e Ingeniería de Mantenimiento

Elaborado por
Jhonny Vargas Cano

 [0009-0004-6610-9241](https://orcid.org/0009-0004-6610-9241)

Asesor
Dr. Ing. Gilberto Becerra Arévalo

 [0000-0002-7576-9194](https://orcid.org/0000-0002-7576-9194)

LIMA – PERÚ
2024

Citar/How to cite	Vargas Cano [1]
Referencia/Reference	[1] J. Vargas Cano, “ <i>Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz</i> ” [Tesis]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Vargas, 2024)
Referencia/Reference	Vargas, J. (2024). <i>Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz</i> . [Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita bondad, por darme todo lo que tengo en la vida y guiar mis pasos día a día.

A mis Padres, Austuberta Canos Sánchez y Aparicio Vargas Ynfante quienes guiaron mis primeros pasos, me han dado todo lo que soy como persona, me inculcaron valores, principios y me enseñaron a perseverar para lograr mis metas, por apoyarme en cada momento de mi vida, y todo ello de manera desinteresada y lleno de amor.

A mi esposa Rocío del Pilar y a mi hijo Leonardo Salvador por su amor, tolerancia y comprensión. Son mi fuente de motivación e inspiración para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor. Siempre juntos con la gracia de Dios.

A mi hermano Ronaldinho Junior por su apoyo incondicional y por convertirse en mi ejemplo a seguir.

DEDICATORIA POSTUMA

A mis suegros, † Sra. Martha Ponte Valverde y † Sr. José Luis Silva Alache quienes me brindaron valiosos consejos y hubieran estado felices de compartir este logro profesional conmigo.

A mi amigo el † Ing. Raúl L. Estrella Rodríguez, por su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la voluntad y fortaleza para transitar este nuevo conocimiento y poder lograr un peldaño más en mi trayectoria profesional.

A mi Amada Esposa, Rocío Del Pilar Silva Ponte por su comprensión y paciencia, con su constante apoyo ha permitido que mi esfuerzo y dedicación se hagan realidad en este documento, sobre todo por el gran amor incondicional que me brinda sirviendo de motivación para el logro de mis metas.

A mi Adorado Hijo, Leonardo Salvador Vargas Silva por ser mi impulso para superarme cada día, porque con su amor y su alegría libra mi mente de todas las adversidades que se presentan, y con su fortaleza, me motiva a cumplir mis metas.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, representada por la Sección de Postgrado FIM-UNI, a los docentes y al personal administrativo que la integran, por su atención y compromiso demostrado en sus funciones, haciendo placentera y enriquecedora mis años de estudios cursados en dicha institución.

A mis colegas de la Maestría en Gerencia e Ingeniería de Mantenimiento, por su amistad y compañerismo.

Un agradecimiento especial al Dr. Ing. Gilberto Becerra Arévalo por su valioso asesoramiento, orientación y enseñanza para la elaboración de la tesis.

RESUMEN

En la presente investigación se evalúa y analiza la relación causa-efecto de las variables: “Diseño e Implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo” e “Incrementar la Disponibilidad de los Equipos Críticos del Bloque Plano en una Empresa de vidrio laminado automotriz”.

Producto de la investigación, se encontró que no se tenían identificados los equipos críticos del bloque plano, que pese a tener valores aceptables de Disponibilidad, esto no se evidenciaban en los indicadores de mantenimiento (Tiempo Medios Entre Fallas (MTBF) y Tiempo Medio de Reparación (MTTR)) lo cual se reflejaba en paros continuos y prologados de los equipos y, por ende, al ser un sistema productivo en serie, en el paro de todo el bloque plano. También se identificó que el mantenimiento se encontraba en un nivel “Muy por debajo del promedio”, esto reflejaba un nivel no muy bueno de mantenimiento, con muchas oportunidades para mejorar. Esto último fue el resultado de la auditoria de gestión que se realizó al área, donde los aspectos con menor puntuación fueron “Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo” y “Panificación y Ejecución del Mantenimiento”.

En ese sentido, en la presente investigación, con el fin de incrementar la Disponibilidad de los Equipos críticos del Bloque Plano, se determinó la relación de los equipos críticos (técnica cualitativa), se elaboró e implementó los planes de mantenimiento para los equipos críticos para lo cual se utilizó como fuente de información: los manuales del fabricante, la experiencia del personal técnico del fabricante, la experiencia del personal técnico de la empresa y el historial de las fallas de los equipos similares con los que cuenta la empresa en sus otras plantas productivas.

Para el análisis de los datos históricos de los tiempos entre fallas (TBF) y tiempos de reparación (TTR) y los respectivos cálculos del tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) se utilizó, como herramienta principal, cálculos puntuales.

Los resultados demuestran que el incremento de la disponibilidad de un equipo está directamente relacionada a un adecuado Diseño de los Planes de mantenimiento y, la correspondiente implementación y ejecución de las actividades de mantenimiento que se plantean en dichos planes, con lo cual se logra el objetivo propuesto en la presente investigación También se evidencia que un equipo adecuadamente mantenido, mejora su indicador de Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).

PALABRAS CLAVES: Auditoria de Mantenimiento, Criticidad de equipos, Planificación y programación del Mantenimiento, Disponibilidad, Tiempo Medio Entre Fallos, Tiempo Medio de Reparación, Costos por indisponibilidad.

ABSTRAC

This research evaluates and analyzes the cause-effect relationship of the variables: "Design and Implementation of a Preventive Maintenance Plan" and "Increasing the Availability of Critical Equipment of the Flat Block in an Automotive Laminated Glass Company".

As a result of the investigation, it was found that the critical equipment of the flat block had not been identified, and despite having acceptable availability values, this was not evidenced in the maintenance indicators (Mean Time Between Failures (MTBF) and Mean Time To Repair (MTTR)), which was reflected in continuous and prolonged stoppages of the equipment and, therefore, being a serial production system, in the stoppage of the entire flat block. It was also identified that maintenance was at a "Well below average" level, reflecting a not very good level of maintenance, with many opportunities for improvement. The latter was the result of the management audit performed in the area, where the aspects with the lowest scores were "Preventive Maintenance Equipment and Techniques" and "Maintenance Planning and Execution".

In this sense, in this research, in order to increase the availability of the critical equipment of the Flat Block, the relationship of the critical equipment was determined (qualitative technique), the maintenance plans for the critical equipment were elaborated and implemented, using as a source of information: the manufacturer's manuals, the experience of the manufacturer's technical personnel, the experience of the company's technical personnel and the history of failures of similar equipment that the company has in its other production plants.

For the analysis of the historical data of time between failures (TBF) and time to repair (TTR) and the respective calculations of Mean Time Between Failures (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR), point calculations were used as the main tool.

The results show that the increase in the availability of equipment is directly related to an adequate design of maintenance plans and the corresponding implementation and execution of the maintenance activities proposed in these plans, which achieves the objective proposed in this research. It is also evident that properly maintained equipment improves its Mean Time Between Failure (MTBF) indicator.

KEY WORDS: Maintenance Audit, Equipment Criticality, Maintenance Planning and Scheduling, Availability, Mean Time Between Failures, Mean Time To Repair, Downtime Costs.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRAC.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN Y ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO.....	13
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3.1 PROBLEMA GENERAL.....	14
1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.5 OBJETIVOS.....	15
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.6 HIPÓTESIS.....	15
1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	15
1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	15
1.7 VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	16
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO.....	16
1.8.1 UNIDADES DE ANÁLISIS.....	16
1.8.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.8.3 MÉTODO DE DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.8.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	19
1.8.5 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	19
1.8.6 PERIODO DE ANÁLISIS.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	20
2.1.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	20
2.1.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	21
2.1.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	22
2.1.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	28
2.1.3 GESTIÓN Y MANTENIMIENTO.....	30
2.2 AUDITORIA DEL MANTENIMIENTO.....	32
2.2.1 ENCUESTA DE EFECTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MES).....	34
2.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD: UNA METODOLOGÍA PARA JERARQUIZAR EQUIPOS.....	38

2.3.1	<i>MODELO DEL FLUJOGRAMA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD (CUALITATIVO)</i>	40
2.4	INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	43
2.4.1	<i>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (TMEF = MTBF)</i>	44
2.4.2	<i>TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (TMDR = MTTR)</i>	46
2.4.3	<i>DISPONIBILIDAD</i>	47
2.4.3.1	DISPONIBILIDAD INHERENTE O INTRINSECA (D_i)	48
2.5	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	48
2.5.1	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO</i>	48
2.5.2	<i>CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO</i>	49
2.5.3	<i>PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO</i>	51
2.5.3.1	PLANEACIÓN	52
2.5.3.2	PROGRAMACIÓN	53
2.5.4	<i>LA MEJORA CONTINUA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO</i>	54
2.6	MARCO CONCEPTUAL	55
	CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.	59
3.1	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO MEDIANTE UNA AUDITORIA DE GESTIÓN– AÑO 2017	59
3.2	DESCRIPCIÓN GENÉRICA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE VIDRIO LAMINADO AUTOMOTRIZ	62
3.3	LISTADO DE EQUIPOS DEL BLOQUE PLANO. DESCRIPCIÓN DE SUS FUNCIONES OPERATIVAS.....	64
3.4	DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS.....	68
3.5	DATOS HISTORICOS DE FALLOS, TIEMPOS ENTRE FALLOS Y TIEMPOS DE REPARACIÓN DE FALLOS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO - AÑO 2017	82
3.6	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017	87
3.7	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF) DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017	88
3.8	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017	88
3.9	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017.....	89
3.10	DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017	90
3.11	DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017	90
	CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD.	92
4.1	CRONOGRAMA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO	92

4.2	PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO.....	94
4.2.1	<i>PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO.....</i>	<i>94</i>
4.2.2	<i>PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO - AÑO 2018.....</i>	<i>120</i>
4.2.3	<i>DETERMINACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CMPV) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS Y DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018.....</i>	<i>124</i>
4.3	DATOS HISTORICOS DE FALLOS, TIEMPOS ENTRE FALLOS Y TIEMPOS DE REPARACIÓN DE FALLOS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO - AÑO 2018	128
4.3.1	<i>COMPARACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE FALLAS DEL AÑO 2017 Y LA CANTIDAD DE FALLAS DEL AÑO 2018.....</i>	<i>132</i>
4.4	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (IMPV) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS Y DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018	133
4.5	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018	134
4.6	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF) DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018.....	135
4.7	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018	135
4.8	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018.....	136
4.9	DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018	137
4.10	DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018	137
4.11	COMPARACIÓN DEL MTBF, MTTR Y D _i DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS Y DEL BLOQUE PLANO ENTRE EL AÑO 2017 Y AÑO 2018.....	138
4.12	DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS ANUALES POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	140
4.12.1	<i>COSTOS POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO – AÑO 2017.....</i>	<i>141</i>
4.12.2	<i>COSTO POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO – AÑO 2018.....</i>	<i>141</i>
4.12.3	<i>COMPARATIVO DE LOS COSTOS POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2017 Y AÑO 2018.....</i>	<i>142</i>

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	
FORMULADAS	144
CONCLUSIONES.....	148
RECOMENDACIONES.....	149
REFERENCIAS.....	150
ANEXOS.....	153

FIGURAS

FIGURA 2.1.	<i>REPARACIÓN GENERAL – MANTENIMIENTO BASADO EN EL TIEMPO</i>	26
FIGURA 2.2.	<i>MANTENIMIENTO BASADO EN LAS CONDICIONES</i>	28
FIGURA 2.3.	<i>COMPORTAMIENTO GENERAL DE UN EQUIPO EN EL TIEMPO</i>	45
FIGURA 2.4.	<i>COMPORTAMIENTO PARTICULAR DE UN EQUIPO EN EL TIEMPO.</i>	46
FIGURA 3.1.	<i>ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO Y PROYECTOS</i>	59
FIGURA 3.2.	<i>ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN</i>	60
FIGURA 3.3.	<i>DIAGRAMA DE FLUJO DEL BLOQUE PLANO</i>	62
FIGURA 3.4.	<i>DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN EL BLOQUE PLANO</i>	67
FIGURA 3.5.	<i>CANTIDAD DE FALLAS POR EQUIPO – AÑO 2017</i>	83
FIGURA 4.1.	<i>CRONOGRAMA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS</i>	93
FIGURA 4.2.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO N° 1 (1 DE 2)</i>	95
FIGURA 4.3.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO N° 1 (2 DE 2)</i>	96
FIGURA 4.4.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1 (1 DE 4)</i>	97
FIGURA 4.5.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1 (2 DE 4)</i>	98
FIGURA 4.6.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1 (3 DE 4)</i>	99
FIGURA 4.7.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO N° 1 (4 DE 4)</i>	100
FIGURA 4.8.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO (1 DE 2)</i>	101
FIGURA 4.9.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO (2 DE 2)</i>	102
FIGURA 4.10.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 1 (1 DE 3)</i>	103
FIGURA 4.11.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 1 (2 DE 3)</i>	104
FIGURA 4.12.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 1 (3 DE 3)</i>	105
FIGURA 4.13.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 2 (1 DE 3)</i>	106
FIGURA 4.14.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 2 (2 DE 3)</i>	107
FIGURA 4.15.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 2 (3 DE 3)</i>	108
FIGURA 4.16.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 3 (1 DE 3)</i>	109
FIGURA 4.17.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 3 (2 DE 3)</i>	110
FIGURA 4.18.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 3 (3 DE 3)</i>	111

FIGURA 4.19.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL HORNO DE VITRIFICADO N° 1 (1 DE 3)</i>	112
FIGURA 4.20.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL HORNO DE VITRIFICADO N° 1 (2 DE 3)</i>	113
FIGURA 4.21.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL HORNO DE VITRIFICADO N° 1 (3 DE 3)</i>	114
FIGURA 4.22.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL HORNO DE SECADO N° 1 (1 DE 3)</i>	115
FIGURA 4.23.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL HORNO DE SECADO N° 1 (2 DE 3)</i>	116
FIGURA 4.24.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL HORNO DE SECADO N° 1 (3 DE 3)</i>	117
FIGURA 4.25.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPOLVADORA N° 1 (1 DE 2)</i>	118
FIGURA 4.26.	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPOLVADORA N° 1 (2 DE 2)</i>	119
FIGURA 4.27.	<i>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO (1 DE 3) – AÑO 2018</i>	121
FIGURA 4.28.	<i>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO (2 DE 3) – AÑO 2018</i>	122
FIGURA 4.29.	<i>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO (3 DE 3) – AÑO 2018</i>	123
FIGURA 4.30.	<i>CONTROL DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO (1 DE 3) – AÑO 2018</i>	125
FIGURA 4.31.	<i>CONTROL DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO (2 DE 3) – AÑO 2018</i>	126
FIGURA 4.32.	<i>CONTROL DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO (3 DE 3) – AÑO 2018</i>	127
FIGURA 4.33.	<i>CANTIDAD DE FALLAS POR EQUIPO – AÑO 2018</i>	128
FIGURA 4.34.	<i>COMPARATIVO ENTRE LA CANTIDAD DE FALLAS – AÑO 2017 VS. AÑO 2018</i>	132

TABLAS

TABLA 1.1.	<i>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE</i>	18
TABLA 2.1.	<i>ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE MANTENIMIENTO (PARTE 1)</i>	36
TABLA 2.2.	<i>ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE MANTENIMIENTO (PARTE 2)</i>	37
TABLA 2.3.	<i>CRITERIOS PARA EVALUAR LA CRITICIDAD DE UN EQUIPO</i>	42
TABLA 3.1.	<i>RESULTADO DE LA AUDITORIA DE MANTENIMIENTO – AÑO 2017</i>	61
TABLA 3.2.	<i>RELACIÓN DE EQUIPOS DEL BLOQUE PLANO Y SUS RESPECTIVAS FUNCIONES OPERATIVAS (PARTE 1)</i>	65
TABLA 3.3.	<i>RELACIÓN DE EQUIPOS DEL BLOQUE PLANO Y SUS RESPECTIVAS FUNCIONES OPERATIVAS (PARTE 2)</i>	66
TABLA 3.4.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DEL BRAZO ROBÓTICO N° 1</i>	69
TABLA 3.5.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LA MAQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1</i>	70
TABLA 3.6.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LA LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO</i>	71
TABLA 3.7.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 1</i>	72
TABLA 3.8.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 2</i>	73
TABLA 3.9.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 3</i>	74
TABLA 3.10.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DEL HORNO DE VITRIFICADO N° 1</i>	75
TABLA 3.11.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DEL HORNO DE SECADO N° 1</i>	76
TABLA 3.12.	<i>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LA EMPOLVADORA N° 1</i>	77
TABLA 3.13.	<i>DATOS TÉCNICOS DEL BRAZO ROBÓTICO N° 1</i>	78
TABLA 3.14.	<i>DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1</i>	78
TABLA 3.15.	<i>DATOS TÉCNICOS DE LA LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO</i>	79
TABLA 3.16.	<i>DATOS TÉCNICOS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 1</i>	79
TABLA 3.17.	<i>DATOS TÉCNICOS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 2</i>	80
TABLA 3.18.	<i>DATOS TÉCNICOS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 3</i>	80
TABLA 3.19.	<i>DATOS TÉCNICOS DEL HORNO DE VITRIFICADO N° 1</i>	81
TABLA 3.20.	<i>DATOS TÉCNICOS DEL HORNO DE SECADO N° 1</i>	81
TABLA 3.21.	<i>DATOS TÉCNICOS DE LA EMPOLVADORA N° 1</i>	82
TABLA 3.22.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DEL BRAZO ROBÓTICO N° 1 – AÑO 2017</i>	83
TABLA 3.23.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA MAQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1 – AÑO 2017</i>	84
TABLA 3.24.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO – AÑO 2017</i>	84
TABLA 3.25.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 1 – AÑO 2017</i>	85

TABLA 3.26.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 2 – AÑO 2017.....</i>	85
TABLA 3.27.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 3 – AÑO 2017.....</i>	85
TABLA 3.28.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DEL HORNO DE VITRIFICADO N° 1 – AÑO 2017.....</i>	86
TABLA 3.29.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DEL HORNO DE SECADO N° 1 – AÑO 2017</i>	86
TABLA 3.30.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA EMPOLVADORA N° 1 – AÑO 2017</i>	87
TABLA 3.31.	<i>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF) DE EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2017</i>	87
TABLA 3.32.	<i>TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DE EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2017.....</i>	89
TABLA 3.33.	<i>DISPONIBILIDAD INHERENTE (Di) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2017</i>	90
TABLA 4.1.	<i>FRECUENCIA POR PAQUETE DE MANTENIMIENTO</i>	120
TABLA 4.2.	<i>CANTIDAD DE ACTIVIDADES PREVENTIVAS PROGRAMADAS – AÑO 2018.....</i>	120
TABLA 4.3.	<i>CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CMPV) – AÑO 2018.....</i>	124
TABLA 4.4.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DEL BRAZO ROBÓTICO N° 1 – AÑO 2018.....</i>	129
TABLA 4.5.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1 – AÑO 2018.....</i>	129
TABLA 4.6.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO – AÑO 2018.....</i>	129
TABLA 4.7.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 1 – AÑO 2018.....</i>	130
TABLA 4.8.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 2 – AÑO 2018.....</i>	130
TABLA 4.9.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA IMPRESORA DE VIDRIO N° 3 – AÑO 2018.....</i>	130
TABLA 4.10.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DEL HORNO DE VITRIFICADO N° 1 – AÑO 2018.....</i>	131
TABLA 4.11.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DEL HORNO DE SECADO N° 1 – AÑO 2018 ..</i>	131
TABLA 4.12.	<i>DATOS HISTÓRICOS DE LAS FALLAS DE LA EMPOLVADORA N° 1 – AÑO 2018</i>	131
TABLA 4.13.	<i>VARIACIÓN PORCENTUAL ENTRE LA CANTIDAD DE FALLAS – AÑO 2017 VS. AÑO 2018.....</i>	133
TABLA 4.14.	<i>ÍNDICE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (IMPV) – AÑO 2018.....</i>	134
TABLA 4.15.	<i>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2018.....</i>	135
TABLA 4.16.	<i>TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2018.....</i>	136
TABLA 4.17.	<i>DISPONIBILIDAD INHERENTE (Di) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS - AÑO 2018.....</i>	137

TABLA 4.18.	<i>VALORES DE MTBF, MTTR Y D_i OBTENIDOS CON CÁLCULOS PUNTUALES. VARIACIÓN PORCENTUAL ENTRE EL AÑO 2017 Y AÑO 2018</i>	139
TABLA 4.19.	<i>COSTO POR HORA DE LA INDISPONIBILIDAD POR EQUIPO</i>	140
TABLA 4.20.	<i>COSTOS POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2017</i>	141
TABLA 4.21.	<i>COSTOS POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2018</i>	142
TABLA 4.22.	<i>COMPARATIVO DE LOS COSTOS POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2017 Y AÑO 2018</i>	143
TABLA 5.1.	<i>VALORES DE MTBF, MTTR Y D_i – AÑO 2017</i>	146

INTRODUCCIÓN

Independientemente de las consideraciones éticas o filosóficas, el objetivo final de cualquier dispositivo o sistema de producción creado por el hombre es proporcionar una ventaja en el desempeño de una función requerida. Por lo tanto, cuando llega al usuario, la principal preocupación del usuario es lograr la disponibilidad y seguridad requeridas a un costo óptimo.

En general, todos los usuarios quieren que sus equipos o sistemas estén disponibles el mayor tiempo posible. Esto se puede lograr tomando las medidas de mantenimiento adecuadas. Por otra parte, realizar cualquier tarea de mantenimiento implica costos, incluidos los recursos necesarios para el mantenimiento y las consecuencias si los equipos o sistemas no están disponibles para su operación.

Al respecto, tomar en cuenta el costo de las consecuencias ha convertido a las organizaciones de mantenimiento en uno de los mayores centros de costos de las empresas y, consecuentemente, en un factor crítico.

En ese sentido, surge la siguiente pregunta: ¿Qué deben hacer las empresas para asegurar los valores de disponibilidad requeridos a un costo óptimo?

Como respuesta a esa interrogante, surge la necesidad de gestionar el mantenimiento. Uno de los parámetros clave de la gestión del mantenimiento es la disponibilidad, que es una propiedad que cuantifica el estado operativo de una instalación o sistema.

La gestión del mantenimiento implica la creación de una organización formada por personas y recursos dedicados a la gestión, es decir, planificar, programar, ejecutar y monitorear las actividades de mantenimiento, analizar sus resultados e identificar e implementar mejoras; cuyos objetivos se centran en maximizar la disponibilidad y confiabilidad del entorno operativo para evitar interrupciones en los procesos productivos optimizando al mismo tiempo los recursos utilizados.

En ese contexto, cabe mencionar que una de las claves de la Gestión del Mantenimiento es el Mantenimiento Preventivo. Este tipo de mantenimiento está orientado a garantizar la disponibilidad y eficacia requerida de los equipos e instalaciones, asegurando la duración de su vida útil a un costo óptimo, dentro del marco de seguridad y medio ambiente.

En ese sentido, el Mantenimiento Preventivo es muy importante para la gestión de una empresa, dado que incrementa la vida útil de los equipos, reduce los periodos de

inactividad no deseados y, al mismo tiempo amortiza los costos operativos a largo plazo. Técnicamente, el mantenimiento preventivo consiste en practicar intervenciones que prevengan las averías y disminuyan la probabilidad de falla en los equipos. Es decir, un mantenimiento planificado se realiza incluso cuando los equipos se mantienen dentro de su capacidad operativa.

En la presente tesis se combinan técnicas cualitativas y cuantitativas para lograr el objetivo de desarrollar e implementar un plan del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una planta de vidrio laminado automotriz y utiliza herramientas digitales, tales como Microsoft Excel y Minitab 21 para el análisis de datos y de los resultados.

La tesis consta de cinco (05) capítulos, además de un apartado final dedicado a exponer las conclusiones y recomendaciones. También incluye un listado de referencias bibliográficas y con anexos que contribuyen a un mejor entendimiento de la investigación.

En el **primer capítulo** titulado “Descripción y Aspectos Metodológicos de la Investigación” se presenta los antecedentes bibliográficos que respaldan dicha investigación. Asimismo, muestra: la identificación y descripción del problema en estudio, la formulación de problema general y los problemas específicos, la justificación e importancia de la investigación, los objetivos que se buscan alcanzar, las hipótesis que se tienen que contrastar y las variables, dimensiones e indicadores identificados. También se indica el diseño metodológico de la investigación, que describe: las unidades de análisis, el tipo y nivel de investigación, método de diseño de la investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el análisis y procesamiento de datos, y el periodo de análisis.

El **segundo capítulo** titulado “Marco teórico y Marco Conceptual de la Investigación” muestra los aspectos teóricos importantes en los cuales se fundamenta el desarrollo de la investigación, como: la conceptualización del mantenimiento, los tipos de mantenimiento, la gestión del mantenimiento y su importancia, la auditoria como una herramienta para evaluar la gestión del mantenimiento. Asimismo, describe el Análisis de Criticidad como una herramienta para jerarquizar equipos utilizando técnicas cuantitativas. Además, describe los fundamentos sobre disponibilidad, así como, conceptos y métodos de cálculo, puntuales para el Tiempo medio Entre Fallas (MTBF) y Tiempo Medio de Reparación (MTTR). Asimismo, también muestra criterios para la elaboración de un plan de mantenimiento, conceptos de planeación y programación del mantenimiento y; la mejora continua de los planes de mantenimiento. Al final del capítulo, se muestra el Marco Teórico

de la investigación que contiene los conceptos de varios términos que se utilizan en el desarrollo de la tesis.

El **tercer capítulo** se titula “Desarrollo de la Investigación”. En la primera parte de este capítulo, se presenta la evaluación de la condición del área de mantenimiento en el periodo 2017 mediante una auditoria de gestión. Luego se muestra la descripción genérica de los procesos productivos que se desarrollan en una planta de fabricación de vidrio laminado automotriz; el listado de equipos del bloque plano y la descripción de sus funciones operativas. Seguidamente, se determinan los equipos críticos del bloque plano mediante el análisis de criticidad y se presenta en tablas las características técnicas de los mismos. También se presentan los datos históricos de fallos, tiempos entre fallos (TBF) y tiempo de reparación (TTR) correspondientes a dichos equipos acontecidos durante el año 2017. Además, contempla la determinación del tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo promedio de reparación (MTTR) para cada equipo crítico utilizando cálculos puntuales. También se presenta el cálculo de la Disponibilidad Inherente (D_i) de cada equipo crítico utilizando los dos tipos de datos predeterminados (datos puntuales).

En el **cuarto capítulo** denominado “Diseño e Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo para mejorar la Disponibilidad”, en la primera parte, se presenta el cronograma propuesto para la elaboración e implementación de los planes de mantenimiento para los equipos críticos, se presenta los planes de mantenimientos elaborados y se muestra el programa de mantenimiento preventivo para el año 2018. En seguida se determina el Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo (CMPV). Luego se presentan los datos históricos de fallos, tiempos entre fallos (TBF) y tiempo de reparación (TTR) correspondientes al año 2018 y se compara con el histórico de fallas del año 2017. Se determina también, el Índice de Mantenimiento Preventivo (IMPV) para cada equipo crítico. Además, contempla la determinación del tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo promedio de reparación (MTTR) para cada equipo crítico utilizando cálculos puntuales. También se presenta el cálculo de la Disponibilidad Inherente (D_i) de cada equipo crítico utilizando los dos tipos de datos predeterminados (datos puntuales). Por último, en relación con los indicadores de MTBF, MTTR y D_i , se comparan y evalúan los resultados obtenidos entre los periodos 2017 y 2018. Así mismo, se determinan los Costos por Perdida de Producción debido a la Indisponibilidad (CPPI) de los equipos críticos, generada por las fallas acontecidas en estos durante el año 2017 y año 2018. Se muestra la variación porcentual entre ambos años.

Finalmente, en el **quinto capítulo** denominado “Discusión de resultados y contrastación de las hipótesis formuladas” se describen, en resumen, los resultados obtenidos en la presente investigación y a la par, se muestra la contrastación de las hipótesis formuladas.

La tesis finaliza, presentando las conclusiones y recomendaciones que se derivan del trabajo de investigación, así como también, la bibliografía que recopila las referencias bibliográficas, y los anexos correspondientes.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN Y ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Uzcátegui (2014)¹ en su tesis magistral, manifiesta que las diversas empresas mineras cuyos procesos están orientados a la producción de insumos muy demandados por el sector de construcción, requieren que sus equipos posean un alto rendimiento lo cual se debe ver reflejado con un trabajo continuo durante su tiempo de vida útil, así como en la alta confiabilidad que estos brinden.

Manifiesta también que, para lograr una aceptable disponibilidad de los equipos, se hace necesario el trabajo conjunto del departamento de producción y el de mantenimiento. Ambos, deben de mejorar la gestión de sus áreas incorporando conocimientos técnicos, análisis de ingeniería y, sobre todo, potenciando el factor humano.

En ese sentido, comenta que, mantenimiento no es un área que solo se dedica a reparar fallas, sino que por el contrario se hace necesario generar cambios que permitan optimizar el área a través de una gestión de mantenimiento que asegure el mejoramiento continuo.

En relación con lo que significa gestión del mantenimiento, menciona que, la gestión del mantenimiento es un proceso sistemático que utiliza una serie de medidas organizativas para planificar, organizar, controlar y evaluar las actividades de mantenimiento según una secuencia lógica con el objetivo de lograr una alta confiabilidad y disponibilidad de las instalaciones.

Por lo indicado, es que manifiesta que con una adecuada gestión del mantenimiento donde se ejecute una serie de actividades de forma secuencial que permita conservar los equipos

¹ Uzcátegui S., Marjorie J. (2014). Gestión del mantenimiento de la maquinaria pesada del proceso de carga y transporte de la empresa "Construcciones Asfalto Andes, C.A". [Tesis de Maestría, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez" - Cuba]. <http://200.14.55.73/bitstream/handle/123456789/1843/Uzc%c3%a1teguiS.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

en condiciones óptimas de operación durante un periodo determinado, se logrará mantener o incrementar la productividad de una empresa.

Por último, indica que, la unidad de objeto de análisis no cuenta con una gestión de mantenimiento que garantice la disponibilidad de los equipos; la información es llevada de forma deficiente, lo cual genera un impacto negativo en la calidad del servicio de mantenimiento, presentándose constantes fallas en lo equipos ocasionando paradas de planta no programadas.

Luego, es que se propone como objetivo diseñar un modelo de gestión de mantenimiento aplicado a los equipos con el fin de mejorar los problemas existentes. Esto implica:

- Diagnosticar la situación actual del proceso de gestión de mantenimiento.
- Analizar la información técnica y de mantenimiento que posee la empresa sobre los equipos en estudio.
- Elaborar un plan de mantenimiento que se ajuste a la realidad de la empresa.
- Diseñar estrategias que permitan el mejoramiento continuo de la gestión del mantenimiento

Parar el diseño del modelo de gestión del mantenimiento, se estructuro de la siguiente manera:

1. Presentación del diagnóstico actual. En este punto se realizó:
 - Un análisis estadístico de las fallas por equipo determinándose los equipos con más fallas.
 - Un análisis FODA, donde se identificó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la gestión del mantenimiento. Con los resultados que se obtuvo, se hizo un diagnóstico preciso que permitió plantear mejoras alineadas a los objetivos estratégicos, y diseñar las estrategias a mediano y largo plazo, que permita generar resultados positivos en el funcionamiento del departamento de mantenimiento.
 - Una evaluación en la base a la normativa vigente (COVENIN 2500-93). Con base en la evaluación que se realizó, se determinó la capacidad de la gestión de mantenimiento que se aplica a los equipos de la empresa.
 - Un análisis causa – efecto donde se evaluó las siguientes categorías: mano de obra, equipos, métodos, herramientas y control. Con base en la

evaluación realizada, se pudo analizar la gestión del mantenimiento que se aplica a los equipos.

2. Propuesta de modelo de gestión. En este punto se determinó:

- La visión y misión del modelo de gestión.
- El objetivo general y los objetivos específicos de la gestión del mantenimiento.
- Las líneas de acción a seguir para afianzar la gestión del mantenimiento.

Estas líneas de acción fueron:

- i. Recursos humanos, donde se evaluó y mejoro la estructura organizativa y el nivel de competencia del personal de mantenimiento.
 - ii. Infraestructura, donde se evaluó y se mejoró la distribución del taller de mantenimiento.
 - iii. Herramientas, donde se equipó al personal de mantenimiento de las herramientas necesarias para la ejecución de las actividades de mantenimiento.
 - iv. Controles e indicadores de falla en los equipos, donde se determinó los indicadores que permitan al personal de mantenimiento controlar la ejecución de sus actividades y también contribuir al proceso productivo de planta. Estos indicadores son: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.
- El programa de mantenimiento, en este punto se determinó:
 - i. La programación del mantenimiento y la optimización en la asignación de recursos
 - ii. El plan de mantenimiento preventivo el cual se basó en la información existente en los manuales de los equipos y en los planes de mantenimiento actuales.
 - iii. El plan de mantenimiento rutinario
 - iv. El diseño de la ficha técnica para los equipos
 - v. Los formatos para el registro de las principales rutinas de mantenimiento
 - vi. Las plantillas para el control de las actividades de mantenimiento y el registro de histórico de información.

3. Digitalización del modelo de gestión de mantenimiento, en este punto se consideró sistematizar las siguientes actividades relacionadas a mantenimiento:

- Registros de historial de equipos, donde se describe las actividades diarias ya sean con personal propio o servicios externos. También se registra el estado de los activos.
- Acceso a la información del recurso humano con el que se cuenta.
- Visualizar a programación de los mantenimientos: rutinarios, preventivos y correctivos. Registrar el cumplimiento de las rutas de trabajo.
- Acceso al inventario de almacén para el control respectivo del stock de repuestos.
- Impresión de los formatos de registro y control de los mantenimientos.

Como parte final del trabajo de investigación, se concluyó lo siguiente:

- La situación actual de la gestión de mantenimiento que se aplica en la empresa se encuentra en estado grave. Según evaluación realizada tiene una puntuación porcentual de 14%. Se evaluó según cuestionario presentado por la Norma COVENIN 2500-93.
- La empresa presenta deficiencias en todos los aspectos evaluados
 - Organización de la empresa (21%)
 - Organización del mantenimiento (30%)
 - Planificación del mantenimiento (16%)
 - Mantenimiento rutinario (8%)
 - Mantenimiento programado (8%)
 - Mantenimiento correctivo (12%)
 - Mantenimiento preventivo (13%)
 - Mantenimiento por avería (9%)
 - Personal de mantenimiento (10%)
 - Apoyo logístico (15%)
 - Recursos (14%)

Se considera una evaluación aceptable cuando la puntuación porcentual es superior al 40%, en este caso se considera que la evaluación es grave, indicando que la empresa no está preparada para llevar a cabo una gestión de calidad.

- Los equipos que más fallas presentan con los cargadores frontales, los cuales acumulan un 36% del total de fallas. Por otra parte, se observó que las fallas más

comunes son las electromecánicas, las cuales representan el 31% del total de fallas. Así mismo, se identificó que las fallas que demanda más tiempo para ser solucionadas son las mecánicas (fallas en el motor) con un 35%.

- La planificación del mantenimiento requiere mejoras tales como acciones preventivas, correctivas, rutinarias y predictivas las cuales deben ejecutarse en base a una programación establecida.
- Es necesario la implementación de indicadores para evaluar los equipos y por ende la gestión del mantenimiento.
- Es necesario que se definan formatos que permitan el control de actividades y el registro de información de los equipos, también debe permitir el manejo de los recursos necesarios para los mantenimientos (mano de obra, repuestos – suministros, herramientas y servicios externos).
- El modelo de gestión desarrollado se enfoca en el mejoramiento continuo

VISCAÍNO (2016)² en su tesis magistral, manifiesta que actualmente hay un entendimiento creciente sobre la importancia del mantenimiento y el impacto positivo que genera su adecuada gestión dentro de las edificaciones.

En ese sentido, un mantenimiento sistemático debidamente enfocado a la infraestructura y los equipos de las instalaciones controla el deterioro y permite que estos alcancen sus tiempos de vida útil previstos.

Manifiesta también que al ser las edificaciones lugares donde las personas pasan gran parte de su tiempo, se hace necesario que estos ambientes brinden seguridad, funcionalidad y confort, para ello es necesario garantizar que las condiciones sean las adecuadas.

Sin embargo, pese a que el mantenimiento a ganado cierta relevancia, se ha adoptado el mantenimiento correctivo como estrategia de mantenimiento lo cual no permite realizar una adecuada identificación de las causas que generan el deterioro de una edificación y de sus componentes.

² Viscaíno Cuzco, Mayra Alexandra (2016). Desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de Cuenca. [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador]. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4752/1/20T00718.pdf>

Menciona también que, según un estudio realizado sobre el tema, el mantenimiento deficiente es una de las principales fuentes que generan el deterioro prematuro en las edificaciones (SHOHET, PUTERMAN Y GILBOA, 2002). Esto se da debido a que los responsables de mantenimiento no han considerado que, una adecuada planificación del mantenimiento contribuye a conservar las características de confort deseadas en las edificaciones.

También menciona, que otro estudio revela que “La planificación de mantenimiento debe comenzar durante la fase de diseño y continuar durante toda la vida útil del edificio” (HASSANAIN, AL-HAMMAD Y FATAYER, 2013). Esto no es una práctica común para los responsables de mantenimiento, limitándose a realizar actividades correctivas para restaurar la edificación, sin medir el impacto negativo que esto genera sobre la vida útil del activo y sobre los costos de mantenimiento.

Manifiesta también, que el problema que enfrenta el responsable de mantenimiento de las edificaciones es la deficiencia en la planificación de las actividades de mantenimiento, lo cual conlleva a lo siguiente:

- Deterioro de las edificaciones, específicamente de las instalaciones eléctricas y mecánicas
- Inexistencia de historial de mantenimiento que refleje las actividades de mantenimiento realizadas y los tiempos de paradas de las reparaciones.
- Inexistencia de indicadores de mantenimiento. No se mide la disponibilidad de los equipos.

En ese sentido, indica que el objetivo principal de la tesis es desarrollar un plan modelo de mantenimiento para garantizar que los equipos eléctricos y mecánicos del edificio funcionen correctamente. Esto implica:

- Evaluar el estado actual del programa de mantenimiento de los equipos eléctricos y mecánicos del edificio.
- Identificar métodos para planificar el mantenimiento de equipos eléctricos y mecánicos en edificios mediante la gestión del mantenimiento
- Elaborar un plan modelo de mantenimiento básico de los equipos eléctricos y mecánicos del edificio.

Respecto a la evaluación actual de la planificación del mantenimiento, el resultado fue que se cuenta con un sistema deficiente. Se evaluaron los siguientes aspectos:

- Planes de mantenimiento
- Programación y priorización de actividades
- Documentos de mantenimiento
- Control de la gestión de mantenimiento

Sobre el desarrollo de un modelo de planificación y su implementación sostenible, se siguieron las siguientes fases:

- Fase 1: Inventario de activos a mantener, en esta fase se definió la estructura jerárquica de las unidades mantenibles y la respectiva codificación de estos.
- Fase 2: Análisis de criticidad, en este paso se determinó los criterios de criticidad y sus respectivas influencias dentro del análisis; y se culminó con la determinación de los equipos críticos.
- Fase 3: Plan de mantenimiento, en este paso se definió las tareas de mantenimiento y sus frecuencias, así como, los recursos a utilizar.
- Fase 4: Control y mejora, en este paso se estableció la revisión del inventario de equipos, la revisión de los equipos críticos y la revisión de los planes de mantenimiento.

En ese sentido, el autor concluye que se mejoró la planificación del mantenimiento en un 66%, esto como resultado de la evaluación realizada en base a los aspectos mencionados.

También concluye que se logró establecer un modelo para la planificación, el cual se desarrolló siguiendo las cuatro (4) fases mencionadas. Esto implicó desarrollar un plan modelo básico de mantenimiento para los equipos críticos de edificio en estudio; este plan además de basarse en el modelo de planificación propuesto se soportó también en los registros del software SismAC y la consulta de expertos en el área de mantenimiento.

ALDANA (2019)³ en su tesis magistral, manifiesta que la disponibilidad de los equipos dentro de toda organización se ha convertido en una necesidad más que en una opción.

³ Aldana Gallo, César Román (2019). Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la Unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A.[Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Callao – Perú]. <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4374/aldana%20gallo%20fime%20maestria%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Esto debido a que la disponibilidad juega un papel fundamental en todas las etapas productivas dentro de una organización cuyo objetivo es maximizar su productividad y de esta manera ser competitivas y ganar credibilidad antes sus clientes.

También menciona que, las organizaciones diseñan diversas estrategias orientadas a captar un mayor número de clientes, logrando fidelizarlos, generando una sinergia con ellos y destacándose frente a sus competidores.

En ese sentido, manifiesta que las organizaciones no aplican una gestión del mantenimiento eficaz que garantice que sus activos estén debidamente conservados, con el tiempo, esto puede verse reflejado en la calidad del producto y/o servicio que ofrecen perdiendo credibilidad antes sus clientes.

Respecto a la unidad de análisis de la tesis, esta se desarrolla en una empresa minera la cual cuenta con un sistema de gestión del mantenimiento que no es eficaz. Esto genera las siguientes problemáticas en el área:

- Objetivos de mantenimiento no alineados a los objetivos de la organización.
- Falta de procedimientos para la ejecución de las actividades de mantenimiento.
- Falta de capacitación del personal técnico de mantenimiento ante el avance tecnológico.
- Desconocimiento del personal administrativo en herramientas de gestión.
- Inadecuado clima laboral lo cual impacta directamente en el desempeño del personal.
- Falta de herramientas y/o equipos para realizar los mantenimientos.
- Historial del mantenimiento de equipos desactualizado.
- Inadecuado control del presupuesto asignado para el mantenimiento.
- Inadecuada gestión de los repuestos. No se tiene identificado los repuestos críticos ni el tiempo de vida de estos.

En ese sentido, manifiesta que los problemas descritos no contribuyen al cumplimiento de los objetivos que se trazó el área de mantenimiento, siendo uno de ellos, el incrementar la disponibilidad de los equipos.

Por lo manifestado, la tesis tiene como objetivo gestionar el mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos de transporte en las unidades mineras.

Para el desarrollo de la tesis, el autor utilizó el método cuantitativo, que define como, según cita, “Un procedimiento que se basa en la utilización de los números para analizar, investigar y comprobar tanto información como datos” (CARRASCO, 2007, p. 269). El tamaño de la muestra analizada fue de 9 equipos y las técnicas utilizadas fueron la observación del participante y el análisis documental. Como instrumentos de investigación se utilizaron: ficha de observación de datos, análisis de contenidos y el programa estadístico SPSS, con el cual se analizó los datos a través de estadística descriptiva e inferencial.

Se analizaron los siguientes indicadores antes y después de la implementación del plan de mantenimiento mejorado:

- Incidencia de fallas por sistema en los equipos de transporte
- Costos totales de mantenimiento por metro cúbico de producción
- Tiempo medio entre fallas (Fiabilidad)
- Tiempo medio para reparar (Mantenibilidad)
- Disponibilidad de los equipos

Respecto al plan de mantenimiento, se mejoró en base al conocimiento empírico, teórico y apoyado en los manuales del fabricante y; se enfocó en definir los siguientes aspectos:

- El procedimiento para el mantenimiento preventivo
- La jerarquización de las unidades a mantener. Es decir, definir los sistemas, subsistemas, componentes y elementos sujetos a mantenimiento.
- La durabilidad del mantenimiento tipo A, B, C y D y; la frecuencia de estos.
- El programa de mantenimiento preventivo.

En base a lo indicado, el autor concluye que:

- La implementación de la gestión de mantenimiento preventivo ha mejorado significativamente la disponibilidad de los equipos mineros, aumentando un 4,06%. Siendo este valor muy representativo para la empresa.
- La mayor eficacia del mantenimiento preventivo redujo significativamente el número de fallas en los equipos de la unidad minera, la cual mejoró en un 19.63%.

Por último, resulta que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo no afecta significativamente los costos de la empresa.

RAMÍREZ & CARBONELL (2020)⁴ en su trabajo de investigación mencionan que las organizaciones empresariales deben ser altamente competitivas, productivas, de alto desempeño para afrontar un entorno completamente dinámico y lleno de incertidumbre.

En este sentido, indican que las organizaciones empresariales están obligadas a administrar sus recursos de manera efectiva, contar con personal bien capacitado y estar respaldadas por reglas organizacionales que ayuden a mejorar el desempeño de la producción, reducir los tiempos en la ejecución de los procesos y optimizar los costos operativos. Lo más importante es que garantiza la entrega oportuna de los productos o acuerdos dados a sus clientes.

En función de lo indicado, mencionan que los indicadores de gestión proporcionan estrategias para garantizar la mejora continua de la calidad.

En el ámbito del mantenimiento, indican que se pueden utilizar varios indicadores diferentes en la gestión del mantenimiento. Mencionan que estos se establecen para medir la gestión de mantenimiento del sistema productivo con el fin de lograr los objetivos planteados en los programas de trabajo, los cuales generalmente se realizan anualmente.

Asimismo, consideran que la función de mantenimiento debe ser evaluada constantemente para lograr su optimización, y una de las formas de lograrlo es la generación, aplicación y evaluación de indicadores de gestión.

Al respecto, señalan que los indicadores más utilizados en el departamento de mantenimiento son: disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y costo.

En ese sentido, mencionan que la disponibilidad (principal objetivo del mantenimiento) se puede definir como la confianza de que un elemento o sistema mantenido realizará su función satisfactoriamente en un momento determinado, y en la práctica la disponibilidad se expresa como un porcentaje de tiempo durante el cual el sistema está listo para su funcionamiento o producción, esto en un sistema de funcionamiento continuo.

Asimismo, mencionan que los criterios para realizar un análisis de disponibilidad están relacionados principalmente con: seguridad, medio ambiente, costos de producción, operación y mantenimiento, datos de fallas y tiempo de reparación.

⁴ Ramírez Martínez, Marle Cecilia y Carbonell Soto, Dilú Virginia (2020). Indicadores de gestión de mantenimiento en empresas de servicio petrolero. Artículo de investigación. Revista en Ingeniería. <https://revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/article/view/63/118>

Respecto a los resultados del estudio realizado, se determinó que existe un uso moderado del indicador de disponibilidad, lo cual es beneficioso porque si no se mide este indicador de manera continua, se corre el riesgo de no saber si los equipos e instalaciones tiene la capacidad de realizar con éxito la función requerida en un momento o durante un período de tiempo determinado, es decir, no existe garantía de la disponibilidad funcional del equipo o instalación dentro de los requisitos del sistema de producción.

Finalmente, los autores concluyen que:

- Los indicadores de gestión deben formar la base del desempeño actual y futuro. Por ello, es importante que estos indicadores reflejen datos reales y fiables para que el análisis de la situación sea correcto. Si los indicadores son ambiguos, la interpretación se vuelve difícil.
- Los indicadores de gestión determinan si un proyecto u organización tiene éxito o logra sus objetivos.

ARROYO & OBANDO (2020)⁵ en su artículo científico señalan que las empresas productivas enfrentan un mundo abierto e interconectado que genera riesgos e incertidumbres en la toma de decisiones que pueden afectar su productividad y, por tanto, su competitividad y sostenibilidad.

En ese sentido, mencionan que una empresa productiva debe ser capaz de satisfacer las necesidades de los clientes, de los proveedores, de las unidades formales de las industrias productivas a las que pertenece y de la sociedad en su conjunto. Todo esto debe hacerse en términos de capacidad, calidad y costo para lograr sus objetivos estratégicos.

Por ello, analizan la importancia del mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar los procesos. Destacan los beneficios de este tipo de mantenimiento para la empresa ya que reduce los retrabajos, los productos dañados y las consiguientes pérdidas económicas.

Así mismo, mencionan que el objetivo principal del mantenimiento es garantizar la disponibilidad, seguridad y confiabilidad de las actividades de producción relacionadas con la funcionalidad prevista.

⁵ Arroyo Vaca, C. S., y Obando Quito, R. F. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. E-IDEA Journal of Engineering Science, 4 (10), 59- 69. <https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id240>

Respecto al mantenimiento preventivo, manifiestan que se refiere básicamente a la prevención de fallas anticipadas de equipos, sistemas e instalaciones mediante una adecuada planificación y programación de intervenciones periódicas.

Manifiestan también que las empresas necesitan implementar mantenimiento preventivo y para ello necesitan desarrollar un plan de mantenimiento, el cual se define como una serie de tareas y actividades preventivas que se realizan en una empresa productiva con el objetivo estratégico de lograrlo de manera efectiva en términos de capacidades, disponibilidad, seguridad, calidad y costo para maximizar la vida útil del equipo.

También mencionan que el mantenimiento preventivo puede aumentar la productividad en un 25%, reducir los costos de reparación en un 30% y extender la vida útil de maquinaria y equipos en un 50%.

En cuanto a cómo iniciar un programa de mantenimiento, mencionan que los pasos estratégicos necesarios son:

- *Definir las metas:* Las empresas pueden operar de manera eficiente si pueden planificar y programar al menos el 80% de sus actividades de mantenimiento.
- *Crear un inventario de todo el equipo relevante:* Se deben registrar los datos de la placa de identificación del equipo y documentar su estado actual para determinar su importancia en un programa de mantenimiento preventivo.
- *Usar la tecnología adecuada:* Con las soluciones digitales, puedes organizar todas las tareas como planificación, inventario, informes y órdenes de trabajo.
- *Desarrollar KPI efectivos:* Sin mediciones adecuadas, es difícil determinar si un programa de mantenimiento preventivo es eficaz.
- *Crear listas de verificación de mantenimiento preventivo:* Analizando esas estadísticas y comparándolas con lo planificado se debe determinar si el programa está mejorando las operaciones de mantenimiento.
- *Optimizar la estrategia:* Los programas de mantenimiento preventivo siempre deben revisarse y optimizarse continuamente.

Finalmente, concluyen que el mantenimiento preventivo es uno de los sistemas más importantes para lograr la eficiencia de los equipos, ya que reduce los daños o mal funcionamiento que ocurren durante el proceso productivo.

También concluyen que las mejoras que reducen los costos de mantenimiento generarán beneficios, resultando en una filosofía de mejora continua, mayor rentabilidad operativa y menor impacto financiero, todo lo cual aumentará la competitividad de la empresa.

1.2 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

A inicios del 2017, una planta semi automatizada para la fabricación de vidrio laminado automotriz inició su operación abasteciendo al sector automotriz internacional. La planta esta valorizada en aproximadamente USD 8M y cuenta con equipo de última generación para la fabricación de vidrio laminado.

Esta planta se encuentra dividida en cinco (5) bloques de producción, los cuales son: bloque plano, bloque curvo, bloque laminado, bloque AVO y bloque inspección final.

Cabe indicar que la planta esta dimensionada para una producción máxima de 45000 m² por mes, sin embargo, durante los primeros seis meses de producción solo ha llegado producir en promedio 25000 m² de vidrio laminado. Las pérdidas de producción se han presentado por diversos factores, siendo los más representativos, los siguientes:

- Materia prima con burbujas, manchas, hongos, rayones, etc.
- Exceso de variabilidad en el producto final.
- Parámetros operacionales no definidos.
- Baja eficiencia en algunos equipos.
- Desconocimiento en la operación de los equipos.
- Baja disponibilidad de algunos equipos.

Respecto a la baja disponibilidad de algunos equipos, esto se presenta como consecuencia de las fallas, ocasionando paradas de los diversos bloques de producción, siendo el bloque plano uno de los bloques más afectados.

Al respecto, cabe señalar que el bloque plano se encarga principalmente de la transformación inicial de la materia prima donde se le da a esta el tamaño, forma, diseño y tratamiento inicial para lo cual se dispone de varios equipos como: brazo robótico, maquina CNC de corte y pulido, lavadora de vidrio, impresoras de vidrio, horno de secado, horno de vitrificado, empolvadora, apiladores y mesas transportadoras de rodillos.

De otro lado, se observa que a pesar de que se cuenta con un departamento de mantenimiento con una estructura organizativa robusta y con personal de mantenimiento altamente calificado, no existe una adecuada gestión del mantenimiento preventivo que garantice una óptima disponibilidad de los equipos. Las situaciones que evidencian ello, son las siguientes:

- No se tiene identificado los equipos críticos de los diferentes bloques productivos.
- No se ha definido las estrategias de mantenimiento a aplicar a cada equipo según su criticidad.
- No se cuenta con planes de mantenimiento preventivo, se trabaja atendiendo correctivos programados y/o no programados.
- No se cuenta con un plan de inspecciones rutinarias.
- No se ataca la causa raíz de los fallos, se dan soluciones temporales con la finalidad de dar continuidad al proceso productivo.

Estos hechos evidencia que la actual Gestión del Mantenimiento Preventivo de los equipos que se practica en la empresa en estudio, es ineficiente y por lo tanto es necesario optimizarla.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 PROBLEMA GENERAL

¿Será la falta de un plan de mantenimiento preventivo lo que ocasiona la baja disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz?

1.3.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

1. ¿Será la falta de auditoria lo que impacta en el control de la gestión del mantenimiento de los equipos del bloque plano?
2. ¿De qué manera los equipos críticos de la línea de producción influyen en la baja disponibilidad de estos?
3. ¿Serán los indicadores de gestión de mantenimiento los que ocasionan la baja disponibilidad de los equipos?
4. ¿De qué manera la falta de mantenimiento de los equipos ocasiona un incremento en los costos operacionales?

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica porque contribuye a mejorar los siguientes aspectos:

- En lo **metodológico**, se justifica por que mejora la gestión del mantenimiento de la planta en estudio lo que conllevó a mejorar la operatividad de la Máquina CNC de Corte y Pulido, Horno de Vitrificado, Empolvadora, entre otros equipos.

- En lo **económico**, se justifica porque se redujo las paradas imprevistas de los equipos críticos que se evidencio en un incremento del tiempo de operación y como consecuencia aumento la disponibilidad, se redujo los costos operativos y se incrementó también las ganancias para la empresa.
- En el **entorno laboral**, se justifica por que generó un ambiente de trabajo organizado y planificado donde el colaborador manejaba mejor el equilibrio entre su vida personal y laboral.

Y es importante, porque mediante el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del bloque plano, se propone incrementar la disponibilidad de estos.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un plan del mantenimiento preventivo que coadyuve a incrementar la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el índice de conformidad (IC) en base a la Auditoria.
2. Analizar la criticidad de los equipos.
3. Determinar los indicadores de Gestión del Mantenimiento (MTBF, MTTR y Disponibilidad) antes y después de la implementación.
4. Determinar los costos por perdida de producción debido a la indisponibilidad de equipos antes y después de la implementación.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL

El diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo incrementará positivamente la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano.

1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1. El índice de conformidad de la Gestión del mantenimiento de periodo 2017 categoriza la gestión del mantenimiento con un “nivel no muy bueno”.

2. La mayor cantidad de equipos del bloque plano son críticos.
3. Los actuales indicadores de gestión del mantenimiento son deficientes.
4. Los costos actuales por indisponibilidad de equipos son altos.

1.7 VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la tabla 1.1 se muestra la operacionalización de las variables asociadas a la presente investigación.

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

1.8.1 UNIDADES DE ANÁLISIS

Las unidades de análisis, que se contemplaron en la presente tesis, están relacionadas con la problemática y con la interrogante de investigación. Cabe precisar, que para determinar estas unidades no se requirió el cálculo de muestras estadísticas.

La presente tesis, consideró como unidades de análisis los 9 equipos críticos del bloque plano que se identificaron dentro de los 55 equipos que forman parte de dicho bloque.

1.8.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta que la investigación trata del Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo, en base a un estudio de auditoría y jerarquización de equipos como también a la determinación de indicadores de gestión de mantenimiento en la planta de vidrio laminado automotriz, lo cual permitió resolver un problema real de mantenimiento en el bloque plano de la empresa, la investigación es del tipo **Aplicada**.

Así mismo, el nivel de investigación que se realizó es del tipo **Descriptivo** y **Explicativo Causal**. Descriptivo por que se describe de forma real la problemática y las variables de investigación. Y es del nivel explicativo causal porque se verifican las hipótesis como causa - efecto.

1.8.3 MÉTODO DE DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la presente investigación es del tipo **Cuantitativo** porque se centra fundamentalmente en los aspectos observables y susceptibles de cuantificación; y tiene como propósito comprobar de manera deductiva las proposiciones que se plantean a

través de las hipótesis en base a la relación de variables, para posteriormente someterlas a medición con el fin de confirmar o refutar cada una de ellas.

TABLA 1.1.

Operacionalización de Variables

Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz.					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE X1: Diseño de un plan de mantenimiento preventivo	Esta relacionado con la estructuración de diversas actividades planificadas para realizar un adecuado mantenimiento dentro de un proceso productivo.	Para operacionalizar la variable se determinó el índice de conformidad y jerarquización de equipos.	Auditoria	Índice de Conformidad (IC)	Porcentaje
			Jerarquización de Equipos	Criticidad de equipos	Ordinal (A,B y C)
VARIABLE INDEPENDIENTE X2: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo	Es la ejecución o puesta en marcha de una idea programada, ya sea, de un plan, un modelo científico, un diseño específico, un estándar, un algoritmo o una política.	Esta variable se operacionalizó midiendo el cumplimiento del mantenimiento preventivo y el índice del mantenimiento preventivo.	KPI Propios de la empresa	Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo (CMPV)	Porcentaje
				Índice del Mantenimiento Preventivo (IMPV)	Porcentaje
VARIABLE DEPENDIENTE Y: Disponibilidad de equipos	Es la probabilidad de que un sistema, equipo o componente realice la función prevista cuando sea requerido.	Esta variable se operacionalizó calculando los indicadores de Tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR) y la disponibilidad inherente. También se verificó su impacto en los cotos operacionales.	KPI Clase Mundial	Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR)	Horas
				Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Horas
				Disponibilidad Inherente de equipos (D _i)	Porcentaje
			Perdida económica	Costo por perdida de producción por indisponibilidad de equipos (CPPI)	Nuevos Soles

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, es del tipo **Experimental**, porque se ha probado la influencia directa de la variable independiente en la variable dependiente. Es decir que, con el Diseño e Implementación de un plan de mantenimiento preventivo se ha logrado incrementar la disponibilidad de los equipos.

1.8.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación se realizó fundamentalmente con datos primarios, proveniente de la información proporcionada en forma directa por las personas que trabajan en el área de mantenimiento de la empresa donde se desarrolló la tesis. Dicha información, que se obtuvo mediante la técnica de observación, consiste en el historial de fallas y de reparaciones de los equipos críticos del bloque plano obtenidos durante el año 2017 y 2018. También se utilizó la encuesta como instrumento de recolección de datos para conocer la situación actual de la gestión del mantenimiento, así como técnicas cualitativas y cuantitativas del mantenimiento.

1.8.5 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

La información recopilada fue procesada utilizando Microsoft Excel versión 2017, donde se registraron los datos utilizados para el cálculo y evaluación de los siguientes indicadores:

- Índice de conformidad (IC) – Resultado de la auditoría.
- Criticidad de equipos
- Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo (CMPV)
- Índice del Mantenimiento Preventivo (IMPV)
- Tiempo medio entre fallas (MTTR)
- Tiempo medio de reparación de fallas (MTBF) y,
- Disponibilidad Inherente de Equipos (D_i)
- Costo por Indisponibilidad de Equipos (CPIE)

1.8.6 PERIODO DE ANÁLISIS

El periodo de análisis para la presente investigación corresponde a los años 2017 y 2018.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.1.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Existen varias definiciones sobre el Mantenimiento las mismas que se diferencian según los criterios de cada autor.

Según García (2003)⁶, manifiesta que habitualmente el Mantenimiento se define como “el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.

Así mismo, para García Palencia (2012)⁷, Mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa.

Para Mora (2009)⁸, el mantenimiento industrial bajo un enfoque sistémico e integral puede definirse como una ciencia ya que cumple con todos los requisitos definidos para ello por la Real Academia Española (RAE), la cual define que un conjunto de conocimientos obtenidos a través de la observación, del estudio, de la experiencia y del razonamiento, debidamente estructurados en forma sistémica y de los cuales se pueden deducir principios, leyes generales, comportamientos y predicciones, etc., permiten constituir una ciencia.⁸

⁶ García Garrido, Santiago (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Diaz de Santos. España.

⁷ ⁷ García Palencia, Oliveiro (2012). Gestión moderna del mantenimiento industrial - Principios fundamentales. Ediciones de la U. Colombia.

⁸ ⁸ Mora Gutiérrez, Alberto (2009). Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Editorial Alfaomega. México

Indica también que, la misión principal de mantenimiento es garantizar que el parque industrial esté con la máxima Disponibilidad cuando lo requiera el cliente o usuario. Con la máxima Confiabilidad y Fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar. Con las velocidades requeridas, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes o servicios que satisfagan sus necesidades, deseos o requerimientos. Con los niveles de Calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible. Y con los mayores índices de Productividad y Competitividad posibles para optimizar su rentabilidad. Es decir, para generar mayores ingresos.⁸

Para Medrano, Gonzáles y Díaz de León (2017)⁹, el Mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable.

2.1.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Para García (2003)⁶, tradicionalmente, se distinguen cinco (5) tipos de mantenimiento, los cuales se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluye:

- Mantenimiento correctivo, ese el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos de que van presentando en los destinos equipos.⁶
- Mantenimiento preventivo, es el conjunto de tareas destinadas a mantener un nivel de servicio determinado en los equipos anticipándose a los fallos.⁶
- Mantenimiento predictivo, es el conjunto de tareas que persigue conocer e informar permanentemente el estado y operatividad de los equipos mediante el monitoreo de determinadas variables (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.), cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.⁶
- Mantenimiento hard time o cero horas, es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar y dejar los equipos a cero horas de funcionamiento, es decir, como si los equipos fueran nuevos. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste.⁶
- Mantenimiento en uso, el cual consiste en una serie de tareas elementales (toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, apriete de tornillos), para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve.⁶

⁹ Medrano Márquez, José Á., Gonzáles Ajuech, Victor L., Días de León Santiago, Vicente M. (2017). Mantenimiento. Técnicas y aplicaciones industriales. Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V. México

Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).⁶

Así mismo, García Palencia (2012)⁷, manifiesta que, en la práctica real del mantenimiento industrial, solo existen dos tipos, o formas fundamentales de hacer mantenimiento:

- Mantenimiento Reactivo⁷, que es el conjunto de actividades desarrolladas en los sistemas, equipos, maquinas, instalaciones, o edificios, cuando a causa de una falla, se requiere recuperar su función principal. Como su nombre lo indica, las acciones de mantenimiento reaccionan a las fallas y se ejecutan para corregirlas. Existen varias formas comunes de efectuar este tipo de mantenimiento, entre ellas:
 - Mantenimiento Reparativo
 - Mantenimiento de Emergencia
 - Mantenimiento Correctivo
 - Mantenimiento Reconstructivo

- Mantenimiento Proactivo⁷, es el sistema opuesto del sistema reactivo, es decir, las acciones de mantenimiento se realizan antes de presentarse la falla del equipo. En la operación proactiva la prevención de las fallas se hace a través de inspecciones y de acciones preventivas y predictivas. El objetivo del Mantenimiento Proactivo es, por tanto, anticiparse a la probabilidad de ocurrencia de las fallas. Algunas formas comunes de realizar este mantenimiento, entre ellas:
 - Mantenimiento Preventivo
 - Mantenimiento Predictivo
 - Mantenimiento Detectivo
 - Mantenimiento Mejorativo

Dentro de los enfoques evaluados sobre los tipos de mantenimiento, sobresalen por su mayor utilización principalmente dos, que se han establecido como los sistemas básicos de hacer mantenimiento. A continuación, se describe cada uno de ellos.

2.1.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para García Palencia (2012)⁷, una definición del Mantenimiento Preventivo puede ser: “El conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos.

El Mantenimiento Preventivo surge de la necesidad de reducir el monto del Mantenimiento Correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir las reparaciones por medio de una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados. Su meta es reducir las averías a niveles mínimos y convertir las fallas que se presentan en experiencias de aprendizaje para mejorar.⁷

El objetivo del Mantenimiento Preventivo es asegurar la Disponibilidad, la Confiabilidad y la Mantenibilidad de los sistemas productivos con la aplicación de un plan de mantenimiento eficaz.⁷

Para Duffuaa, Raouf y Dixon (2010)¹⁰, Si el mantenimiento se define como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo fijo continúen realizando las funciones para las que fueron creados, entonces el Mantenimiento Preventivo es una serie de tareas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones.¹⁰

El Mantenimiento Preventivo es el enfoque preferido para la administración de los activos debido a que:¹⁰

- Puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia.
- Puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias.
- Puede proporcionar un aviso de una falla inminente o incipiente para permitir una reparación planeada.
- Puede reducir el costo global de la administración de los activos

El Mantenimiento Preventivo se lleva a cabo para asegurar la Disponibilidad y Confiabilidad del equipo.¹⁰

Para Medrano, Gonzáles y Díaz de León (2017)⁹, “el Mantenimiento Preventivo es la supervisión planificada, constante, regular y proyectada, así como la distribución de labores previstas como ineludibles, que se realizan en todas las instalaciones, maquinas o equipos, con la finalidad de reducir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua.”

¹⁰ Duffuaa, Salih O., Raouf A. y Dixon Campbell, John (2000). Sistemas de mantenimiento. Planeación y control. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México.

“El Mantenimiento Preventivo es un procedimiento programado que previene la ocurrencia de fallas. Sus principales actividades se centran en la limpieza, las inspecciones, la lubricación, el recambio programado de piezas y los ajustes o calibraciones en el equipo; estas actividades se realizan de manera periódica, se controlan con base en el tiempo y se establecen mediante inspecciones, medidas y el control de las condiciones de los equipos”.⁹

“El Mantenimiento Preventivo pretende reducir en lo posible las interrupciones y la depreciación excesiva de las propiedades de una empresa, al conservar el equipo, maquinaria o instalación en óptimas condiciones de operación. La intervención de este tipo de mantenimiento es prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla, por lo que su implementación permite detectar y corregir el origen de posibles fallas en lugar de repararlas cuando ya se hayan producido”.⁹

El objetivo principal del Mantenimiento Preventivo es reducir los costos. En ese sentido, las ventajas que brinda este tipo de mantenimiento son⁹:

- Mejora las condiciones de SEGURIDAD, debido a que hay mayor conocimiento del estado físico y condiciones de operación de los equipos e instalaciones, por lo que se previenen los accidentes a causa de condiciones subestándares en estos.
- Reduce o elimina los TIEMPOS MUERTOS, debido a que se reduce el número de fallas que ocasionan que los equipos queden fuera de servicio.
- Incrementa la VIDA UTIL de los equipos e instalaciones, debido a que los componentes son reemplazados de forma oportuna, manteniendo los equipos e instalaciones en óptimas condiciones.
- Reduce los COSTOS DE LAS REPARACIONES, debido a que evita que se presenten las fallas durante la operación del equipo lo cual reduce el impacto que estas generan sobre otros componentes del equipo.
- Reduce los niveles de INVENTARIO, debido a que se programa de forma más precisa la adquisición de los repuestos.
- Uniformiza la CARGA DE TRABAJO del personal de mantenimiento, lo que trae como consecuencia la reducción de tiempos extras y tiempos muertos de los técnicos.
- Mejora la CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN, debido a que reduce la cantidad de desperdicios a causa de las fallas en los equipos, contribuyendo a la calidad de los productos.

Para Duffuaa, Raouf y Dixon (2010)¹⁰, el Mantenimiento Preventivo se divide en dos (2) tipos:

- a. **MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL USO O EN TIEMPO**, tradicionalmente llamado mantenimiento preventivo planificado. Es un mantenimiento cíclico e independiente de la condición⁹.

Para Duffuaa, Raouf y Dixon (2010)¹⁰, este tipo de mantenimiento se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o un calendario establecido. Requiere un alto nivel de planeación. Las rutinas específicas que se realizan son conocidas, así como sus frecuencias. En la determinación de la frecuencia generalmente se necesitan conocimientos acerca de la distribución de las fallas o la confiabilidad del equipo¹⁰.

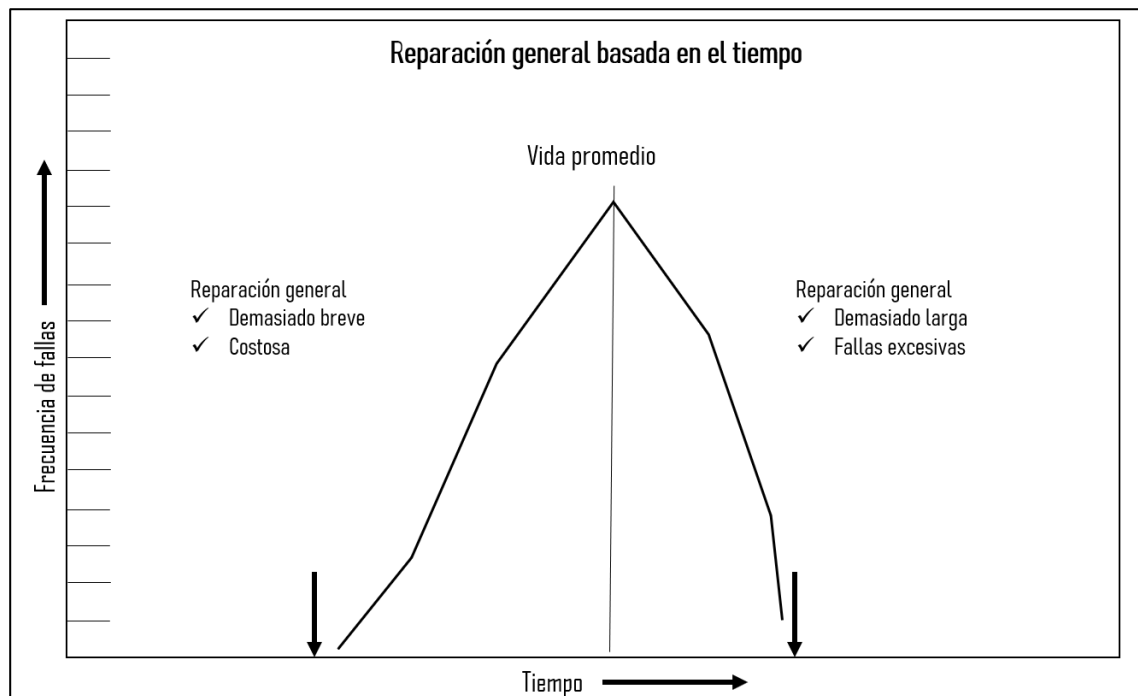
Para García Palencia (2012)⁷, este tipo de mantenimiento también es conocido como Mantenimiento Preventivo con base en Estadística y Confiabilidad. Se puede realizar teniendo en cuenta el uso, o las condiciones particulares del equipo, y considerando el histórico de tiempos de operación normal. El análisis con base en el uso toma como parámetro principal los datos históricos de falla de los equipos para determinar el de distribución estadística que más se ajuste a su comportamiento real. Para la fijación de las frecuencias de intervención es necesario implementar múltiples conocimientos, acerca de la distribución estadística de las fallas, o de la medición de la Confiabilidad en función del tiempo de operación de los equipos o sistemas⁷.

El Mantenimiento Preventivo con base en el tiempo, es el mantenimiento tradicional que se lleva a cabo fundamentalmente en las horas de operación del sistema, o con un calendario preestablecido de intervenciones, que está de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, que luego se van ajustando por los resultados obtenidos con la aplicación de estas recomendaciones. Este sistema requiere de un alto nivel de planeación, donde las rutinas definidas, así como sus frecuencias de intervención, que se ejecutan periódicamente, son bien conocidas.⁷

La figura 2.1 muestra cuando se debe emplear el mantenimiento basado en el tiempo.

FIGURA 2.1.

Reparación General – Mantenimiento basado en el tiempo



Fuente: Duffuaa, Raouf y Dixon (2010)¹⁰

b. MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON BASE EN LAS CONDICIONES, Para Olarte, Botero y Cañón (2010)¹¹, “el Mantenimiento Predictivo consta de ensayos de carácter no destructivo orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de manera correcta.”

Indican también que “a través de este tipo de mantenimiento, una vez detectadas las averías, se puede, de manera oportuna, programar las correspondientes reparaciones sin que se afecte el proceso de producción y prolongando con esto la vida útil de las máquinas”.¹¹

En ese sentido, mencionan que, los ensayos que más se utilizan en las industrias son los siguientes:¹¹

- Análisis de vibraciones
- Termografía
- Análisis por Ultrasonido

¹¹ Olarte C., William, Botero A., Marcela y Cañón A., Benhur (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249041.pdf>

- Análisis de aceite

Para Medrano, Gonzáles y Díaz de León (2017)⁹, “el Mantenimiento Predictivo o mantenimiento basado en la condición se apoya en un conjunto de actividades que permiten predecir y prevenir el desarrollo de fallas en equipo e instalaciones. La aplicación de técnicas especializadas ayuda a detectar con anticipación un desperfecto en el equipo, el mal funcionamiento o el cambio de estado de un equipo o maquina durante su operación”.

Al respecto, mencionan que: “Las técnicas aplicadas en el Mantenimiento Predictivo indican el momento en que la pieza o componente está próximo a fallar, aunque no dicen como evitar este suceso, que se convierte en información relevante, ya que permite planear el mejor momento para la intervención e, incluso, coordinarse con el departamento de producción que es el principal afectado en cualquier tipo de reparación.”⁹

Mencionan también que: En el Mantenimiento Predictivo se utilizan varias técnicas, de las cuales las principales son:⁹

- Medición y análisis de vibraciones
- Termografía
- Ultrasonido
- Tribología
- Mediciones eléctricas

Para Duffuaa. Raouf y Dixon (2010)¹⁰, este mantenimiento preventivo se lleva a cabo con base en las condiciones conocidas del equipo. La condición del equipo se determina vigilando los parámetros clave del equipo cuyos valores se ven afectados por las condiciones de éste. A esta estrategia también se le conoce como Mantenimiento Predictivo.

También indican que, El Mantenimiento basado en las condiciones o Mantenimiento Predictivo es técnicamente factible si:¹⁰

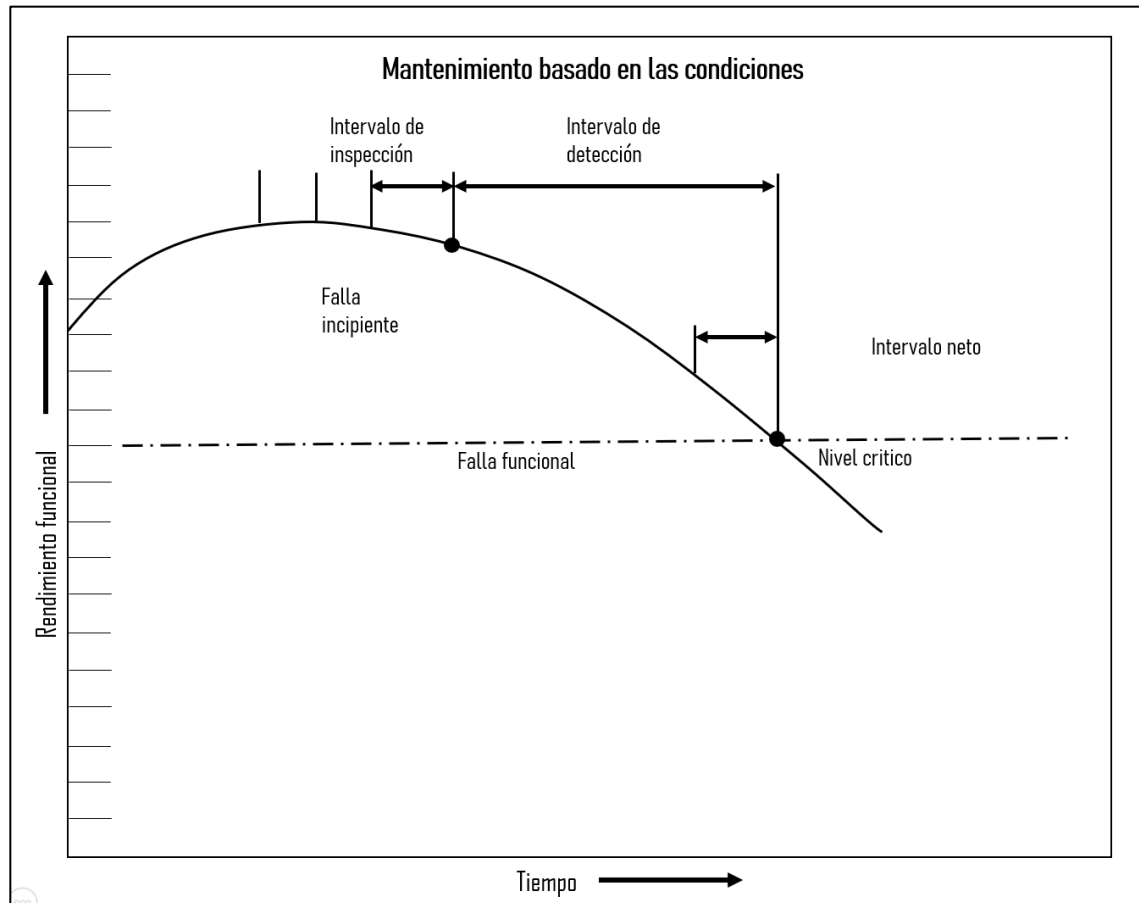
- Es posible detectar condiciones o funcionamiento degradado de activo.
- Existe un intervalo de inspección práctico.

- El intervalo de tiempo (desde la inspección hasta la falla funcional) es suficientemente grande para permitir acciones correctivas o reparaciones.

La figura 2.2 muestra cuando se debe emplear el mantenimiento basado en las condiciones.

FIGURA 2.2.

Mantenimiento basado en las condiciones



Fuente: Duffuaa, Raouf y Dixon (2010)¹⁰

2.1.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Para Medrano, Gonzáles y Díaz de León (2017)⁹, “el Mantenimiento Correctivo es la serie de actividades que se requiere efectuar en las propiedades o activos de una empresa cuando dejan de proporcionar el servicio para el cual fueron diseñados. El Mantenimiento Correctivo se realiza cuando se ha detectado una falla en los equipos, como maquinaria, dispositivos, componentes o piezas; en inmuebles como la estructura o en los edificios, y vehículos”.

Mencionan que: “El Mantenimiento Correctivo es el conjunto de acciones encaminadas a reparar las averías o fallas que se presentan en los equipos o en las instalaciones de la empresa cuando éstas han perdido operatividad y es necesario detener la maquina o instalación dañada.”⁹

También mencionan que: “Este tipo de mantenimiento puede considerarse una ventaja porque no implica una inspección previa o reparación alguna durante el desgaste de los componentes, sino hasta el momento en que se produjo la falla, siempre y cuando los tiempos de la reparación no influyan de manera importante en la producción de una planta o proceso.”⁹

En ese sentido, mencionan que “El Mantenimiento Correctivo empleado de manera adecuada permite reducir costos de mantenimiento mediante la solución permanente de las causas que generan fallas y averías, con el fin de reducir el número de paros del equipo y así aumentar la productividad”.⁹

Para García Palencia (2012)⁷, “El Mantenimiento Correctivo son todas las actividades para corregir las causas de las fallas, ejecutadas en los equipos, maquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad del servicio para la cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio.”

Mencionan que: “El Mantenimiento Correctivo solo se justifica cuando el análisis técnico-económico muestra que el costo de otro tipo de mantenimiento es mayor, y la falla no genera efectos secundarios en la seguridad funcional del sistema.”⁷

Cita que “Existen siete razones principales para tener un excesivo *Mantenimiento Correctivo* y son:⁷

- Mantener los equipos 100% del tiempo programado para producir.
- Permitir tiempos muy limitados para los trabajos de mantenimiento.
- Falta de inventario conveniente y económico de repuestos.
- Mala calidad de los trabajos por la premura de su realización.
- Mala planeación y programación de los trabajos originados en fallas imprevistas.
- Mala estimación de la carga de trabajo necesaria.
- Falta de diagnóstico acertado de las causas de las fallas anteriores.

2.1.3 GESTIÓN Y MANTENIMIENTO

Para Mora (2009)⁸, La palabra gestión se relaciona con la dirección de empresas, aplicada a un sistema técnico y social cuya función básica es crear bienes o servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la humanidad.

Además, señala que la gestión involucra el concepto de conducción aplicada por diferentes personas a través de la organización, que en las empresas formales esta diseminada en todos los niveles de la estructura y se ejerce en todas las divisiones de ella. La gestión no es propia de algo e incluye personas o grupos de personas.⁸

Para Münch (2014)¹², en general, administración y gestión significan lo mismo. En ese sentido, indica que, La administración es un proceso a través del cual se coordinan y optimizan los recursos de un grupo social con el fin de lograr la máxima eficacia, calidad, productividad y competitividad en la consecución de sus objetivos.

También indica que, en la actualidad, la administración es fundamental para el funcionamiento de cualquier empresa o grupo social, y lógicamente es imprescindible para lograr la competitividad en un mundo globalizado. A través de las técnicas de gestión se simplifica el trabajo y se establecen principios, métodos y procedimientos para lograr mayor productividad.¹²

En referencia a mantenimiento, Mora (2009)⁸ menciona que, en mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación. La primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento.

Precisa también que, la gestión de mantenimiento contempla la planeación, la organización, la coordinación, la dirección, la ejecución y el control de todas las actividades inherentes a mantenimiento, con el fin de cumplir su misión.⁸

De otro lado, García Palencia (2012)⁷, menciona que la Administración del Mantenimiento Industrial se puede definir como la aplicación de un conjunto sistemático de técnicas y

¹² Münch, Lourdes (2014). Gestión Organizacional, enfoque y proceso administrativo. Editorial Pearson Educación. México.

herramientas que, mediante la coordinación de procesos y estructuras corporativas, busca la obtención de los objetivos estratégicos preestablecidos.

Así mismo, menciona que, en el Mantenimiento, el objetivo es la conservación de los sistemas y su protección, para que se sostengan operando eficientemente, y retardar el deterioro para alargar su vida útil. Así un sistema de mantenimiento verifica todo el ciclo de la administración, y sus fases se mantienen en permanente cambio, transformándose y desarrollándose, para construir el proceso cíclico administrativo.⁷

En ese sentido indica que, las fases de la administración del mantenimiento se agrupan como sigue:⁷

- Fases estáticas: son aquellas que por lo general originan gastos bajos y se implementan en relativamente poco tiempo. Estas fases son:⁷
 - Previsión
 - Planeación
 - Organización

- Fases dinámicas: son aquellas que generan gastos más fuertes y mayor tiempo de implementación. Estas fases son:⁷
 - Integración
 - Dirección
 - Control.

Por otro parte, García (2003)⁶, menciona que, es necesario gestionar el mantenimiento por lo siguiente:

- Porque la competencia obliga a rebajar costes. Por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada planta.⁶

- Porque es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que dediquemos la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento.⁶

- Porque es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.⁶
- Porque han aparecido multitud de técnicas que es necesario analizar, para estudiar si su implantación supusiera una mejora en los resultados de la empresa, y para estudiar también como desarrollarlas, en el caso de que pudieran ser de aplicación. Algunas de estas técnicas son: TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total), RCM (Reliability Centered Maintenance, Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad), Sistema GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), diversas técnicas de Mantenimiento Predictivo (Análisis vibracional, termografías, detección de fugas por ultrasonido, análisis amperimétricos, etc.).⁶
- Porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección.⁶
- Porque la calidad, la seguridad y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluíros en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento.⁶

2.2 AUDITORIA DEL MANTENIMIENTO

Para Estupiñán (2015)¹³, la Auditoria es una actividad independiente y objetiva de aseguramiento y consulta concebida para agregar valor y mejorar las operaciones de una organización. Ayuda a una organización a cumplir sus objetivos aportando un enfoque sistemático y disciplinario para evaluar y mejorar la eficacia de los procesos de gestión de riesgos, control y gobierno.

Para De Armas (2008)¹⁴, la Auditoria de Gestion es la revisión sistemática de las actividades de una organización o de un segmento de ella en relación con objetivos específicos. Tal revisión tiene tres propósitos esenciales: 1.- estimar el funcionamiento, 2.- identificar oportunidades de perfeccionamiento y 3.- desarrollar recomendaciones de mejoras o fomentar acciones. Es decir, es un proceso para examinar y evaluar las

¹³ Estupiñán Gaitán, Rodrigo (2015). Administración de riesgos E.R.M. y la auditoría interna. Editorial Ecoe Ediciones. Colombia.

actividades realizadas, en una entidad, programa, proyecto u operación, con el fin de determinar su grado de eficiencia, eficacia y economía, y por medio de las recomendaciones¹⁴ que al efecto se formulen, promover la correcta administración del patrimonio público o privado.

En referencia a mantenimiento, García Palencia (2012)⁷ indica que, las Auditorías del Mantenimiento son un instrumento fundamental de gestión para lograr un verdadero cambio de la cultura organizacional. El concepto de auditoría no debe asumirse como el control o vigilancia, sino como un proceso de reflexión y diálogo que genere el compromiso para la acción.

Además, indica que la Auditoría de Mantenimiento compara la situación actual de la gestión del mantenimiento con un modelo ideal, determinando que aspectos lo separan de ese modelo y proponer las mejores soluciones.⁷

En ese sentido, describe que el procedimiento para definir esa gestión ideal (de clase mundial), es el siguiente:⁷

- Determinar los objetivos claves que se desea alcanzar.
- Determinar los factores que afectan al cumplimiento de los objetivos.
- Fijar un estándar de excelencia para cada uno de los factores.
- Comprobar la situación actual de cada factor.
- Determinar las brechas entre el factor actual y el ideal.

Menciona también que, el objetivo que se busca al realizar una auditoría no es evaluar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajar, no es juzgarlo; es saber en qué situación se encuentra el departamento en un momento determinado, identificar los puntos de mejoramiento y determinar las acciones que son necesarias para optimizar los resultados.⁷

Con respecto a los resultados, menciona que los factores más importantes a tener en cuenta son la Seguridad, la Confiabilidad, la Disponibilidad, el Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF), el Tiempo Medio de Reparación (TMDR), el número de emergencias, el número de averías repetitivas, el costo de materiales y repuestos, y el total de horas-hombre dedicadas al mantenimiento.⁷

¹⁴ De Armas García, Raúl (2008). Auditoría de gestión. Conceptos y métodos. Editorial Félix Varela. Cuba.

Por último, menciona que, en un Sistema de Mantenimiento Ideal todos estos factores (indicadores) poseen un valor óptimo, y la auditoria permite su comparación con los valores obtenidos, para implementar las acciones más eficaces que faculten su evolución en un periodo de tiempo determinado.⁷

Sobre las técnicas de auditoría, Parra y Crespo (2017)¹⁵ mencionan las siguientes técnicas de auditoria utilizadas para evaluar los diversos procesos de gestión de mantenimiento:

- Auditoria integral de gestión de activos, confiabilidad y mantenimiento (Asset Management, Operational Reliability & Maintenance Survey – AMORMS)
- Matriz Cualitativa de Excelencia en Mantenimiento (MCEM)
- Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (Maintenance Effectiveness Survey - MES)
- Encuesta de Mantenimiento de Clase Mundial (Maintenance World Class Survey – MWCS)

2.2.1 ENCUESTA DE EFECTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MES)

La Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (Maintenance Effectiveness Survey - MES) es un cuestionario de evaluación de 60 preguntas repartidas en cinco (5) áreas de mantenimiento (ver tabla 2.1 y tabla 2.2). Las áreas de mantenimiento evaluadas son:¹⁵

- Recursos Gerenciales
- Gerencia de la información (software de gestión del mantenimiento)
- Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo
- Planificación y ejecución
- Soporte, Calidad y Motivación

Este proceso de auditoria es a nivel de personal de gerencia, supervisión, operaciones y mantenimiento; y se recomienda evaluar como mínimo a ocho (8) personas.¹⁵

¹⁵ Parra, Carlos y Crespo Márquez, Adolfo (2017). Técnicas de auditoria aplicadas en los procesos de Gestión del Mantenimiento y de la Confiabilidad.

<http://www.mantenimientomundial.com/notas/Tecnicas-Auditoria.pdf>

Las personas seleccionadas evalúan las doce (12) preguntas desarrolladas por cada área en función de una escala del 1 al 5. Para la calificación se puntúa, de acuerdo con la siguiente escala:

- 1: No se cuenta / muy deficiente
- 2: Deficiente
- 3: Regular
- 4: Bueno
- 5: Excelente

Las posibles puntuaciones máximas y mínimas para obtener son:¹⁵

- Puntuación máxima:
 - Por área: 60 unidades
 - Por las 5 áreas: 300 unidades
- Puntuación mínima:
 - Por área: 12 unidades
 - Por las 5 áreas: 60 unidades

Las puntuaciones totales se suman y promedian entre el número de personas encuestadas. Luego se calcula el Índice de Conformidad (IC) que es la representación en porcentaje de la puntuación obtenida. Finalmente, se estima la posición del mantenimiento en función de los siguientes rangos:¹⁵

- **261 – 300** ($87\% \leq \text{IC} \leq 100\%$): Categoría “Clase Mundial” / nivel de excelencia en mantenimiento
- **201 – 260** ($67\% \leq \text{IC} < 87\%$): Categoría “Muy buena” / nivel de buenas prácticas en mantenimiento
- **141 – 200** ($47\% \leq \text{IC} < 67\%$): Categoría “Por arriba del nivel promedio” / nivel aceptable en mantenimiento
- **81 – 140** ($27\% \leq \text{IC} < 47\%$): Categoría “Por debajo del promedio” / nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar
- **60 – 80** ($20\% \leq \text{IC} < 27\%$): Categoría “Muy por debajo del promedio” / nivel muy malo de mantenimiento, con muchas oportunidades para mejorar.

TABLA 2.1.

Encuesta de satisfacción de Mantenimiento (Parte 1)

Nº	ÁREA	PREGUNTA	PUNTAJACIÓN				
			1	2	3	4	5
1	RECURSOS GERENCIALES	¿Usted siente que mantenimiento está dotado para realizar su trabajo?					
2	RECURSOS GERENCIALES	¿La estructura completa del mantenimiento parece ser lógica y favorece al cumplimiento de las actividades de mantenimiento?					
3	RECURSOS GERENCIALES	¿La organización ayuda a eliminar las barreras que el mantenedor encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?					
4	RECURSOS GERENCIALES	¿La gerencia estimula a mantenimiento a alcanzar las metas de producción?					
5	RECURSOS GERENCIALES	¿La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?					
6	RECURSOS GERENCIALES	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver tópicos que afectan a ambos departamentos?					
7	RECURSOS GERENCIALES	¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos, eléctricos...) y a los operadores a que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?					
8	RECURSOS GERENCIALES	¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?					
9	RECURSOS GERENCIALES	¿Los trabajadores en general han recibido el adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo?					
10	RECURSOS GERENCIALES	¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?					
11	RECURSOS GERENCIALES	¿La gerencia revisa y le hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?					
12	RECURSOS GERENCIALES	¿Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y misión del negocio?					
13	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿La organización utiliza de forma eficiente el sistema computarizado de gestión del mantenimiento (Máximo/SAP PM/...)?					
14	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿Está cada componente identificado, codificado y asociado a un sistema dentro de toda la planta?					
15	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿La organización mantiene actualizado el Máximo/SAP PM/...?					
16	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿Ha sido el personal debidamente entrenado para su uso?					
17	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿Lo organización mantiene registros precisos de fallas de sus sistemas?					
18	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿Están los inventarios de repuestos dentro del Máximo/SAP PM/...?					
19	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿Se toman decisiones a partir de los reportes generados por él?					
20	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿La organización estima y le hace seguimiento a los costes de mantto.?					
21	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿La organización evalúa los tiempos operativos y fuera de servicio?					
22	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿La organización de mantenimiento se compara contra otras organizaciones para medir su desempeño ("benchmarking")?					
23	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿El tiempo de realización del mantenimiento es registrado y evaluado?					
24	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	¿La gerencia de mantenimiento utiliza algún tipo de medida de comparación (costos de mantenimiento/costes de producción)?					
25	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades de MP?					
26	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿Se revisan periódicamente los planes de MP, aumento/descenso, necesidades de adiestramiento, etc.?					
27	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿La organización tiene personal de mantenimiento dedicado exclusivamente a realizar actividades de MP?					
28	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿Los operadores ayudan en las actividades de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, ajustes e inspección visual)?					
29	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿La organización utiliza técnicas de mantenimiento predictivo (vibración, análisis de aceite, ultrasonido, etc.)?					
30	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿La organización le hace seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?					

Fuente: Parra y Crespo (2017)¹⁵

TABLA 2.2.

Encuesta de satisfacción de Mantenimiento (Parte 2)

N°	ÁREA	PREGUNTA	PUNTAJACIÓN				
			1	2	3	4	5
31	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas de MP?					
32	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿La organización tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?					
33	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de equipos nuevos?					
34	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a operar los equipos nuevos?					
35	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a mantener los equipos nuevos?					
36	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	¿La organización hace seguimiento y evalúa los costos de operación y mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida de sus activos?					
37	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿Son priorizadas las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?					
38	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las act. correctivas?					
39	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿Se le hace seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?					
40	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿La organización controla el sobre tiempo (adicional al planificado)?					
41	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿La organización registra la información obtenida por la ejecución de la actividad de mantenimiento (correctiva/preventiva)?					
42	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿Son los trabajadores de mantenimiento asignados a las distintas labores en función de sus conocimientos y habilidades?					
43	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿Son las actividades correctivas bien planificadas antes de ejecutarse?					
44	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿La organización utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores ("shutdowns, overhauls")?					
45	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿La organización utiliza contratistas calificadas para realizar labores de mantenimiento ("outsourcing")?					
46	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿La organización participa en la definición de las actividades de trabajo y en la estimación de tiempos de ejecución de los contratistas?					
47	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema en el cual se va a ejecutar el mantenimiento?					
48	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	¿Se define el camino crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?					
49	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar actividades de mantenimiento?					
50	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿Está el almacén de repuestos bien organizado y sus tiempos de respuesta son eficientes?					
51	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿Se controla bien la salida y entrada de repuestos al almacén?					
52	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en almacén?					
53	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿Se tienen identificados los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?					
54	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encima del criterio de rapidez?					
55	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?					
56	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?					
57	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿Tiene la organización un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?					
58	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la organización (económico - motivacional)?					
59	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?					
60	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?					

Fuente: Parra y Crespo (2017)¹⁵

2.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD: UNA METODOLOGÍA PARA JERARQUIZAR EQUIPOS

Para García (2003)⁶, No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.⁶

En ese sentido, García Palencia (2012)⁷, menciona que el Análisis de Criticidad (CA) es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. El Análisis de Criticidad permite así mismo identificar las áreas sobre las cuales se tendrán una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que se realiza.

El Análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual.¹⁶

Para Medrano, Gonzáles y Díaz de León (2017)⁹, el Análisis de criticidad es importante en el desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento, pues con base en ello se define las estrategias de mantenimiento a seguir para conservación de cada equipo o componente de acuerdo con los criterios con que se evalúen (disponibilidad, costo, mantenibilidad, entre otros).

Para Parra y Crespo (2019)¹⁷, citan que, las técnicas de Análisis de Criticidad son herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la

¹⁶ Prat Planas, Miguel (2014). Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora industrial digital. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23229/Resum.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

¹⁷ Parra, Carlos y Crespo Márquez, Adolfo (2019). Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos. https://www.researchgate.net/publication/342926771_Metodos_de_Analisis_de_Criticidad_y_Jerarquizacion_de_Activos

importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallo de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan. (Woodhouse, 1994)

Respecto a los criterios que se deben de considerar para realizar el análisis de criticidad de los equipos, esto va a depender del método de análisis que se utilice y sobre todo de las consideraciones a tener en base a las oportunidades y las necesidades de la organización.

Para Gracia (2003)⁶, los criterios a considerar para definir la criticidad de un equipo deben estar relacionadas con los siguientes aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad. Se debe de evaluar el impacto que una anomalía (falla), que se presenta en el equipo, tiene sobre cada uno de estos.

Para Parra y Crespo (2019)¹⁷, existe una gran diversidad de posibles criterios que permiten evaluar la criticidad de un activo de producción. Los criterios más comunes son:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo).
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción.
- Efecto en la calidad del producto.
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene.
- Costos de paradas y del mantenimiento.
- Frecuencia de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección y mantenimiento.
- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento.
- Disponibilidad de repuestos...

Respecto a los métodos que existen para realizar el análisis de criticidad, Parra y Crespo (2019)¹⁷, presentan los siguientes modelos:

- Modelo del Flujograma de Análisis de Criticidad (Cualitativo)
- Modelo de Criticidad Total por Riesgo “CTR” (Semicuantitativo)
- Modelo de Matriz de Criticidad por Riesgo “MCR” (Semicuantitativo)
- Modelo de Proceso de Análisis Jerárquico “AHP - Analytic Hierarchy Process” (Cuantitativo).

2.3.1 MODELO DEL FLUJOGRAMA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD (CUALITATIVO)

Es una técnica que hace referencia a un análisis puramente cualitativo sobre la jerarquía de equipos de producción, el resultado del proceso es una clasificación de los equipos en tres categorías:¹⁷

- Criticidad A: son los equipos de criticidad alta.
- Criticidad B: son los equipos de criticidad media.
- Criticidad C: son los equipos de criticidad baja.

El proceso de análisis consiste en realizar una serie de preguntas de forma secuencial al equipo natural de trabajo conformado en la empresa para tal fin. La secuencia marca la importancia que da el equipo de trabajo a cada atributo (criterio) que se analiza para establecer la prioridad de este. Por cada pregunta existen tres respuestas posibles A, B o C, que sirven para caracterizar al equipo.¹⁷

Los criterios que considera en este modelo son (ver tabla 2.3):¹⁷

- Medio ambiente (E)¹⁷
 - A: Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.
 - B: Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.
 - C: Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.
- Seguridad (S)¹⁷
 - A: Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.
 - B: Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.
 - C: Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.
- Calidad (Q)¹⁷
 - A: Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.

- B: Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.
- C: Si un fallo no afecta la calidad.

- Tiempo de trabajo (W)¹⁷
 - A: El equipo trabaja tres turnos.
 - B: El equipo trabaja dos turnos.
 - C: El equipo trabaja un turno.

- Impacto operacional (I)¹⁷
 - A: Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.
 - B: Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.
 - C: Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.

- Probabilidad de falla (F)¹⁷
 - A: Alta. Mayor de 3 eventos al año.
 - B: Media. Entre 2 y 3 eventos al año.
 - C: Baja. Un evento al año.

- Mantenibilidad (M)¹⁷
 - A: Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.
 - B: Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.
 - C: Tiempo de reparación menor a 45 minutos.

TABLA 2.3.

Criterios para evaluar la criticidad de un equipo

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: Parra y Crespo (2019)¹⁷

2.4 INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Para Mora García (2008)¹⁸, un indicador es una magnitud que expresa el comportamiento o desempeño de un proceso, que al compararse con algún nivel de referencia permite detectar desviaciones positivas o negativas. También es la conexión de dos medidas relacionadas entre sí, que muestran la proporción de la una con la otra.

Menciona también que, para medir el desempeño de una organización en cuanto a calidad y productividad, se debe disponer de indicadores que permitan interpretar en un momento dado las fortalezas, las debilidades, las oportunidades y las amenazas; por lo tanto, es importante clasificar y precisar las condiciones necesarias para construir aquellos realmente útiles para el mejoramiento de las organizaciones.¹⁸

En ese sentido, menciona que los indicadores son necesarios para poder mejorar: “Lo que no se mide no se puede controlar, y lo que no se controla no se puede gestionar”.¹⁸

Precisa también que, el trabajar con indicadores, exige el disponer de todo un sistema que abarque desde la toma de datos de la ocurrencia del hecho, hasta la retroalimentación de las decisiones que permiten mejorar los procesos.¹⁸

Para Gracia Palencia (2012)⁷, el término “indicador” en el lenguaje corriente, se refiere a información de tipo cualitativo, o cuantitativo (en su mayoría), que permiten determinar cómo se encuentran los sistemas, o las personas, en relación con algún aspecto de la realidad que se desea conocer. Los indicadores puede ser números, medidas, opiniones, hechos o percepciones, que establecen condiciones o situaciones específicas.

Respecto a Mantenimiento, menciona que, los indicadores de gestión de mantenimiento son indicadores técnicos de control que están relacionados con la calidad de la gestión o con la productividad del departamento, que permiten ver el comportamiento y el rendimiento operacional de las instalaciones, sistemas y equipos, y que además miden la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.⁷

En ese sentido, menciona que, los indicadores de Gestión de Categoría Mundial más utilizados en el Mantenimiento Industrial con:⁷

¹⁸ Mora García, Luis Aníbal (2008). Indicadores de la gestión logística. Editorial Ecoe Ediciones. Colombia.

- Confiabilidad, $R(t)$
- Disponibilidad, $A(t)$
- Mantenibilidad, $M(t)$
- Efectividad Global del Equipo (OEE)
- Utilización (U)
- Back Log (B)
- Tiempo Promedio Entre Fallas (TMEF = MTBF)
- Tiempo Promedio Operativo (MTTF)
- Tiempo Promedio de Reparación (TMPR = MTTR)

Para Tavares (2000)¹⁹, Son llamados “índices de clase mundial” aquellos que son utilizados, según la misma expresión en todos los países. De los seis “índices de clase mundial”, cuatro son los que se refieren al Análisis de la Gestión de Equipos y dos a la Gestión de Costos. Dichos indicadores son:

- Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)
- Tiempo Medio de Reparación (TMPR)
- Tiempo Medio para Falla (TMPF)
- Disponibilidad de equipos
- Costo de mantenimiento por facturación (CMFT)
- Costo de mantenimiento por el valor de reposición (CMRP)

2.4.1 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (TMEF = MTBF)

Para Gracia Palencia (2012)⁷, el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) indica el intervalo de tiempo más probable entre el arranque del equipo y la aparición de una falla; es decir, es el tiempo promedio transcurrido hasta la llegada de la falla. Mientras mayor sea su valor, más alta es la confiabilidad del sistema, por lo tanto, el MTBF (TMEF) es uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la Confiabilidad.

Menciona también que, el MTBF debe ser tomado como un indicador más, que representa de alguna manera el comportamiento de un equipo específico.⁷

¹⁹ Tavares, Lourival Augusto (2000). Administración moderna de mantenimiento. Editorial Novo Polo Publicações - Brasil. <https://soportec.files.wordpress.com/2010/06/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf>

Así mismo, para determinar el valor de este indicador se debe usar la data histórica almacenada en los sistemas de información.⁷

Respecto al cálculo, para Mora (2009)⁸, considerando un cálculo puntual, el MTBF es el promedio de todos los Tiempos útiles de funcionamiento sin fallas (TBF) de un equipo en periodo de tiempo determinado.

En la figura 2.3 se muestra el comportamiento de un equipo en el tiempo.

Considerando el cálculo puntual, la expresión matemática para el MTBF es la siguiente:⁸

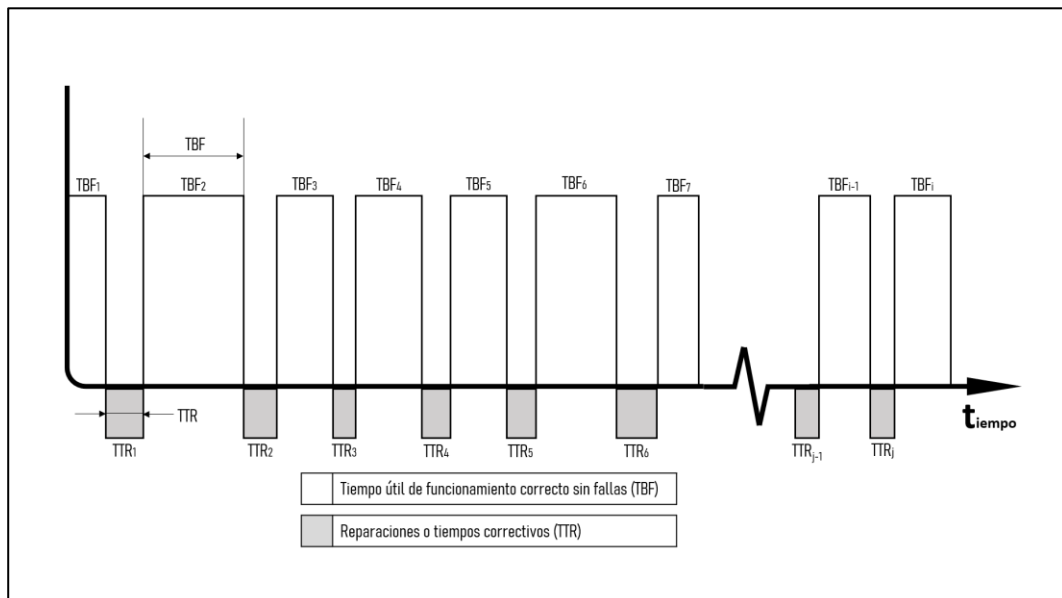
$$MTBF = \frac{\sum_{k=1}^{k=i} TBF_k}{i}$$

Donde:

- TBF: Tiempo entre fallas. Tiempo útil de funcionamiento sin fallas
- i: cantidad de TBF en un periodo determinado

FIGURA 2.3.

Comportamiento general de un equipo en el tiempo

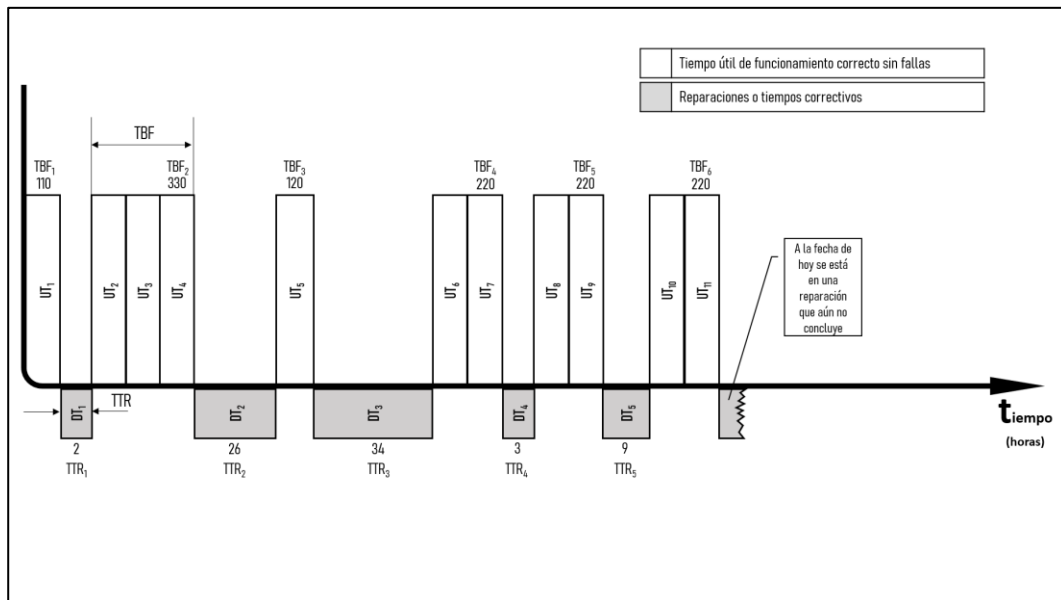


Fuente: Mora (2009)⁸

Ejemplo 2.1: el comportamiento de un equipo en el tiempo se muestra en la figura 2.4. Se requiere calcular el MTBF a partir de los tiempos útiles de funcionamiento sin fallas (TBF).

FIGURA 2.4.

Comportamiento particular de un equipo en el tiempo



Fuente: Mora (2009)⁸

Con el cálculo puntual, se tiene:

$$MTBF = \frac{110 + 330 + 120 + 220 + 220 + 220}{6} = 203.33 \text{ horas}$$

2.4.2 TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (TMDR = MTTR)

Para García Palencia (2012)⁷, indica que, el Tiempo Promedio para Reparar (MTTR) es la medida de la distribución de los tiempos de reparación del equipo o del sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a las condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por falla, dentro de un periodo de tiempo determinado. El Tiempo promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento.

Respecto al cálculo, para Mora (2009)⁸, considerando un cálculo puntual, el MTTR es el promedio de todos los Tiempos empleados en la reparaciones o tiempos correctivos (TTR) de un equipo en periodo de tiempo determinado.

En la figura 2.3 (ver Capítulo II, ítem 2.4.1) se muestra el comportamiento de un equipo en el tiempo.

En ese sentido, considerando el cálculo puntual, la expresión matemática para el MTTR es la siguiente:⁸

$$MTTR = \frac{\sum_{k=1}^{k=j} TTR_k}{j}$$

Donde:

- TTR: Tiempo para reparar. Reparaciones o tiempos correctivos
- j: cantidad de TTR en un periodo determinado

Ejemplo 2.2: el comportamiento de un equipo en el tiempo se muestra en la figura 2.4 (ver Capítulo II, ítem 2.4.1 – Ejemplo 2.1), a partir de los tiempos que se tiene en el registro histórico: tiempos de reparaciones o tiempos correctivos (TTR). Se requiere calcular el MTTR.

Con el cálculo método puntual, se tiene:

$$MTTR = \frac{2 + 26 + 34 + 3 + 9}{5} = 14.8 \text{ horas}$$

2.4.3 DISPONIBILIDAD

Para García Palencia (2012)⁷, la Disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función principal para la cual fue destinado.

Para Mora (2009)⁸, la Disponibilidad es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables.

En ese sentido, define los siguientes tipos de disponibilidad:⁸

- Disponibilidad genérica (D_G)
- Disponibilidad inherente o intrínseca (D_I)
- Disponibilidad alcanzada (D_A)
- Disponibilidad operacional (D_O)
- Disponibilidad operacional generalizada (D_{OG})

2.4.3.1 DISPONIBILIDAD INHERENTE O INTRINSECA (D_I)

Para Mora (2009)⁸, la disponibilidad inherente considera que la funcionalidad del equipo es inherente no más al tiempo activo de reparación. No incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativos, ni los tiempos de demora en suministros. Asume idealmente que todo está listo al momento de realizar la reparación. Se debe cumplir que los UT sean muy superiores en tiempo a los MTTR (al menos unas 8 o más veces) y que DT tienda a cero en el tiempo.

En ese sentido, la expresión matemática para calcular la disponibilidad inherente (D_I) es la siguiente:⁸

$$D_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Ejemplo 2.3: el comportamiento de un equipo en el tiempo se muestra en la figura 2.4 (ver Capítulo II, ítem 2.4.1 – Ejemplo 2.1), a partir de los tiempos que se tiene en el registro histórico: tiempos útiles de funcionamiento sin fallas (TBF) y tiempos de reparaciones o tiempos correctivos (TTR). Se requiere calcular la disponibilidad inherente (D_I) del equipo.

El MTBF y MTTR se ha calculado en los ejemplos 2.1 y 2.2 respectivamente:

$$MTBF = 203.33 \text{ horas} \quad \text{y} \quad MTTR = 14.8 \text{ horas}$$

Para el cálculo de la disponibilidad inherente (D_I) se tiene:

$$D_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{203.33}{203.33 + 14.8} \times 100\%$$

$$D_I = 93.22\%$$

2.5 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.5.1 PLAN DE MANTENIMIENTO

Para García (2003)⁶, el Plan de Mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para

asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos indicadores de gestión.⁶

Menciona también que, un Plan de Mantenimiento por sí solo no reduce a cero las averías. Un buen mantenimiento comienza en el momento del diseño y, desde luego, en la decisión de compra. Un equipo o una instalación mal diseñada, por muy bien atendida que esté, siempre tendrá más posibilidad de sufrir fallos que una instalación con un diseño robusto. En segundo lugar, un buen mantenimiento continúa con un buen uso del equipo. El cumplimiento de las especificaciones (las condiciones medioambientales, la calidad de los suministros de electricidad, agua de refrigeración, etc.) y un uso cuidadoso por parte del personal encargado de utilizarlos reducen enormemente el número de incidencias. El Plan de Mantenimiento no es más que el tercer eslabón en la cadena que conduce a una alta disponibilidad al mínimo coste.⁶

2.5.2 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

Para García (2003)⁶, el Plan de Mantenimiento debe ser, entre otras cosas, realizable. Elaborar una lista de tareas enorme y exhaustiva, agruparlas de forma poco práctica, o intentar documentar cada aspecto relacionado con su realización, por pequeño que sea, se conseguirá un Plan de Mantenimiento que será más teórico que práctico, y que, probablemente, no se lleve a cabo.

En ese sentido, menciona que existe una regla de oro para la realización de planes de mantenimiento: da mejores resultados un Plan de Mantenimiento incompleto que se lleva a la práctica que un Plan de Mantenimiento exhaustivo y perfecto que no se realiza.⁶

Para Medrano, Gonzáles y Díaz de León (2017)⁹, menciona que para hacer planes de mantenimiento es necesario establecer aspectos relacionados con los siguientes rubros:⁹

- Recomendación del fabricante, los manuales de los equipos proporcionados por el fabricante ofrecen recomendaciones en relación con el mantenimiento del equipo, así como información acerca de algunas fallas más comunes y la manera de corregirlas.⁹
- Recomendaciones de los operadores, la experiencia del personal que opera resulta ser de gran utilidad debido a que conocen como se comportan el equipo en condiciones normales de operación.⁹

- Experiencia propia, es muy útil aprovechar la experiencia que se tiene con la operación de la maquinaria o de equipos similares.⁹
- Análisis de ingeniería, cuando no se cuenta con información o esta es insuficiente, se debe hacer un estudio detallado del equipo, sus características de construcción y operación; las condiciones en las que opera el equipo, de lo cual se deducen los puntos que deben inspeccionarse y que deben recibir servicio periódicamente; y establecer la vida útil del equipo o maquinaria.⁹
- Periodicidad o frecuencia, se puede iniciar teniendo en cuenta la información del fabricante, o hacer uso del historial de la maquina a partir de las fechas en las cuales se realizaron los cambios de piezas por desgaste o falla.⁹
- Tiempo de operación, este se contabiliza a partir de que el equipo o instalación empieza a operar y termina cuando se acumula una determinada cantidad de horas; después del mantenimiento, queda listo para un nuevo ciclo de operación.⁹
- Operaciones especiales, en instalaciones o equipo complejos existen componentes cuyo desgaste depende, sobre todo, de ciertas operaciones especiales.⁹
- Tiempo de calendario, los programas de mantenimiento se programan para las 52 semanas del año, ya sea en forma semanal, quincenal, mensual, semestral o anual, o de acuerdo con el periodo de inspección que se asigne.⁹
- Inspección, la determinación de lo que debe inspeccionarse y con qué frecuencia debe hacerse es un punto crítico, pues de eso depende el éxito o fracaso de un programa de mantenimiento preventivo.⁹
- Servicio, este rubro se define como los trabajos de mantenimiento sin los cuales es imposible mantener la buena apariencia o el buen funcionamiento de los equipos. Se considera como servicio: limpieza, pintura, tratamiento anticorrosivo, lubricación, etc.⁹
- Reparaciones, estas comprenden todos los trabajos necesarios para corregir las fallas, sin hacer algún cambio de unidades.⁹

- Cambio de unidades, es necesario determinar las unidades o componentes de un equipo e instalación que deben cambiarse después de haber operado durante cierto tiempo.⁹

2.5.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Para Duffuaa, Raouf y Dixon (2010)¹⁰, la planeación es el proceso mediante el cual se determina los elementos necesarios para realizar una tarea, antes del momento en que se inicie el trabajo. La programación tiene que ver con la hora o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las órdenes para efectuar el trabajo, su monitoreo, control y el reporte de su avance. Es obvio que una buena planeación es un requisito previo para la programación acertada. Sin embargo, para que la planeación sea exitosa es necesaria una retroalimentación de la función de programación.

Indica también que, la planeación y la programación son los aspectos más importantes de una correcta administración del mantenimiento. Una planeación y programación eficaces contribuyen de manera significativa a lo siguiente:¹⁰

- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejor utilización de la fuerza de trabajo de mantenimiento al reducir las demoras e interrupciones. También proporciona un buen medio para mejorar la coordinación y facilitar la supervisión.
- Mejor calidad del trabajo de mantenimiento al adoptar los mejores métodos y procedimientos y asignar a los trabajadores más calificados para el trabajo.

Así mismo, menciona que los principales objetivos de la planeación y la programación incluyen:¹⁰

- Minimizar el tiempo ocioso de los trabajadores de mantenimiento
- Maximizar la utilización eficiente del tiempo de trabajo, el material y el equipo.
- Mantener el equipo de operación en un nivel que responda a las necesidades de producción en términos del programa de entregas y de la calidad.

2.5.3.1 PLANEACIÓN

Para Duffuaa, Raouf y Dixon (2010)¹⁰, la Planeación en el contexto del mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo.

Así mismo menciona que, el proceso de Planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de:¹⁰

- La orden de trabajo
- La lista de materiales
- La requisición de compras
- Los planos y dibujos necesarios
- La hoja de planeación de la mano de obra
- Los estándares de tiempo, y

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

También indica que, un procedimiento de Planeación eficaz deberá incluir los siguientes pasos:¹⁰

1. Determinar el contenido de trabajo (puede requerir visitas al sistio).
2. Desarrollar un plan de trabajo. Éste comprende la secuencia de actividades en el trabajo y el establecimiento de los mejores métodos y procedimientos para realizar el trabajo.
3. Establecer el tamaño de la cuadrilla para el trabajo.
4. Planear y solicitar las partes y los materiales.
5. Verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales y obtenerlos.
6. Asignar a los trabajadores con las destrezas apropiadas.
7. Revisar los procedimientos de seguridad.
8. Establecer prioridades (de emergencia, urgente, de rutina y programado) para todo el trabajo de mantenimiento.
9. Asignar cuentas de costos.
10. Completar la orden de trabajo.
11. Revisar los trabajos pendientes y desarrollar planes para su control.
12. Predecir la carga de mantenimiento utilizando una tecnica eficaz de pronosticos.

Para Tavares (2000)¹⁹, la planificación adecuada conduce a métodos de mantenimiento con establecimiento de estándares de ejecución, desarrollados a partir de recomendaciones de fabricantes, experiencia del personal interno y bibliografía de empresas similares. Dentro de esos estándares, se destacan las ordenes de pedidos y mantenimiento, las instrucciones de mantenimiento o lista de verificación (“Check list”), las hojas de registro de datos u hoja de variación de especificaciones y el programa maestro de mantenimiento.

El proceso de Planeación puede dividirse en tres niveles básicos, dependiendo del horizonte de planeación:¹⁰

1. Planeación a largo plazo (cubre un periodo de 5 años a más)
2. Planeación a mediano plazo (planes a 1 mes y hasta 1 año)
3. Planeación a corto plazo (planes diarios y semanales)

2.5.3.2 PROGRAMACIÓN

Para Duffuaa, Raouf y Dixon (2010)¹⁰, la Programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo.

Menciona también que, un programa confiable debe tomar en consideración lo siguiente:¹⁰

1. Una clasificación de prioridades de trabajos que refleje la urgencia y grado crítico del trabajo.
2. Si todos los materiales necesarios para la orden de trabajo están en la planta (si no, la orden de trabajo no debe programarse)
3. El programa maestro de producción y estrecha coordinación con la función de operaciones.
4. Estimaciones realistas y lo que probablemente sucederá, y no lo que el programador desea.
5. Flexibilidad en el programa (el programador debe entender que se necesita flexibilidad, especialmente en el mantenimiento; el programa se revisa y actualiza con frecuencia)

Además, indica que el Programa de mantenimiento puede prepararse en tres niveles, dependiendo de su horizonte:¹⁰

1. Programa a largo plazo o maestro (cubre un periodo de 3 meses a 1 año)

2. Programa semanal (cubre 1 semana)
3. Programa diario (cubre el trabajo que debe completarse cada día)

También indica que, un procedimiento de Programación eficaz deberá incluir los siguientes pasos:¹⁰

1. Clasificar las ordenes de trabajo pendientes por especialidad
2. Ordenar las ordenes por prioridad
3. Compilar una lista de trabajos completados y restantes.
4. Considerar la duración de los trabajos, su ubicación, distancia de traslado y la posibilidad de combinar trabajos en la misma área.
5. Programar trabajos de oficios múltiples para iniciar al comienzo de cada turno.
6. Emitir un programa diario (excepto para proyectos y trabajos mayores)
7. Autorizar a un supervisor para que asigne los trabajos (encargarse de su despacho)

2.5.4 LA MEJORA CONTINUA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Para García (2003)⁶, el Plan de Mantenimiento no es algo estático, que una vez creado pueda permanecer durante meses o años inalterable. Indica más bien que es, al contrario: si un Plan de Mantenimiento permanece inalterado durante más de 6 meses, seguramente no se está usando.

Menciona también que, a medida que se lleva a cabo el plan y se van realizando las distintas gamas de mantenimiento, se detectan mejoras que es posible introducir: tareas a las que hay que cambiar la frecuencia, tareas que resultan innecesarias y que no aportan ninguna mejoría en el estado de la instalación o en el coste del mantenimiento; tareas que se habían olvidado y que aparecen como necesarias. En otras ocasiones, es el mantenimiento correctivo el que genera modificaciones en el Plan de Mantenimiento: el análisis de determinadas averías añade nuevas tareas a realizar, para evitar que determinados fallos se repitan. Por último, la instalación también cambia con el tiempo, se adquieren nuevas máquinas, se cambia el Plan de Producción (lo que conlleva un cambio en la criticidad de los equipos y, por tanto, una variación en el modelo de mantenimiento aplicable), etc.⁶

En ese sentido manifiesta que, hay que ser receptivo y mostrarse dispuesto a modificar el plan tantas veces como sea necesario.⁶

2.6 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describen conceptos importantes para la adecuada lectura del presente trabajo:

- **Activo.** Es un bien o derecho que es propiedad de una empresa, institución o individuo, que pueden ser convertido, en un momento dado, en dinero.
- **Activo fijo.** Es un bien de una empresa, ya sea tangible o intangible, que no puede convertirse en dinero a corto plazo y que ha sido adquirido con el fin de ser explotado. Normalmente un activo fijo es necesario para el funcionamiento de una empresa y no se destinan a la venta. Un activo fijo puede ser: bienes inmuebles, maquinara, materiales de oficina, las inversiones en acciones, los bonos, los valores emitidos por empresas afiliadas, etc.
- **Auditoria del mantenimiento.** Es el proceso que consiste en el examen y evaluación que se realiza al área de mantenimiento de una empresa para establecer el grado de economía, eficiencia y eficacia en la planificación, control y uso de los recursos y comprobar el cumplimiento de las disposiciones establecidas, con el objetivo de verificar la utilización más racional de los recursos y mejorar las actividades y materias examinadas.
- **Confiabilidad.** Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.
- **Disponibilidad.** Es la probabilidad de que un ítem pueda estar disponible para ser utilizado en un determinado momento durante un determinado periodo. En ese sentido, también se puede decir que, la Disponibilidad es la probabilidad de que un ítem realice la función asignada cuando sea requerido.
- **Falla o Fallo.** Es la pérdida de la capacidad de un ítem para desempeñar la función para la cual fue diseñado o requerido. Se dice que un ítem falla, cuando no lleva a cabo, de forma satisfactoria, su función. En términos específicos, una falla o un fallo es la terminación o degeneración de un ítem para realizar su función para lo cual fue diseñado.

- **Falla funcional.** Incapacidad de un ítem para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.
- **Falla potencial.** Una condición física detectable o identificables que indican que una falla funcional va a ocurrir o que está en el proceso de ocurrir.
- **Fiabilidad.** Capacidad de un elemento de desarrollar una función requerida bajo unas condiciones dadas durante un intervalo de tiempo determinado. Es un subconjunto de la Confiabilidad según la Norma IEC60300.
- **Gestión.** Es un enfoque disciplinario para identificar, diseñar, ejecutar, documentar, medir, monitorear, controlar y mejorar los procesos, automatizados o no, de una empresa, con el fin de lograr resultados consistentes y alineados con los objetivos estratégicos de la organización.
- **Gestión del mantenimiento.** Es el proceso de operaciones tales como: planificar, programar, organizar, coordinar y controlar; que se ejecutan de forma sistemática con el objetivo optimizar el uso de los diferentes recursos para lograr un mantenimiento eficiente de los activos físicos de una empresa y de esta manera garantizar la continuidad de la actividad operativa.
- **Ítem de mantenimiento (o simplemente “ítem”).** Termino general para indicar un componente, un equipo, un sistema, una instalación, etc.
- **Mantenibilidad.** Es la probabilidad y/o facilidad de devolver un ítem a condiciones operativas o un estado de referencia, en un cierto tiempo y utilizando los procedimientos prescritos, al nivel deseado de confianza.
- **Mantenimiento.** Es el conjunto de procedimientos y medidas que permite alargar el funcionamiento de un ítem. Tareas necesarias para que un ítem pueda ser conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.
- **Mantenimiento correctivo.** Es el mantenimiento donde se realiza actividades reactivas, basadas en reemplazar, realizar intervenciones o reparar un ítem cuando deja de cumplir su función. Es el modelo más primitivo de mantenimiento. Su

principal objetivo es el de restaurar, en el menor tiempo posible y con el mínimo costo, un ítem a sus condiciones óptimas de operación una vez que el este haya presentado indicios de una falla potencial o cuando ya se dio una falla funcional.

- **Mantenimiento predictivo.** Es el mantenimiento que realiza actividades que tienen como objetivo identificar de forma anticipada las necesidades de mantenimiento de un ítem. Implica, tareas de seguimiento del estado y desgaste que se presentan en el ítem y que se manifiestan a través de síntomas, también implica, análisis por evaluación estadística, que determine el punto exacto de sustitución del ítem.
- **Mantenimiento preventivo.** Es el mantenimiento que se realiza de forma preestablecida con el objetivo de prevenir la ocurrencia de fallas.
La tarea de mantenimiento preventivo se realiza con el objetivo de reducir a probabilidad de fallo del ítem, o para maximizar el beneficio operativo del mismo. Este mantenimiento se desarrolla en base a un “plan”, el cual contiene un programa de actividades previamente establecidos con el fin de a las fallas.
- **Mantenimiento rutinario.** Es un mantenimiento basado en rutinas, usualmente sugeridas por los manuales, por la experiencia de los operadores y del personal de mantenimiento. Además, es un mantenimiento que tiene en cuenta el contexto operacional del equipo.
- **Organización.** Es un conjunto de elementos, compuestos principalmente por personas, que actúan e interactúan entre sí bajo una estructura pensada y diseñada para que los recursos humanos, financieros, físicos, de información y otros, de forma coordinada, ordenada y regulada por un conjunto de normas, logren determinados fines, los cuales puede ser de lucro o no.
- **Proceso.** Es un conjunto de actividades que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado. En ese sentido un proceso puede ser: la fabricación de un producto, la prestación de un servicio, el mantenimiento de un equipo, etc.
- **Recursos.** Son los distintos elementos que intervienen en la cadena productiva y son indispensables para garantizar la obtención de un producto. Es decir, para garantizar la perpetuidad del circuito económico de la empresa. Los recursos

pueden ser: financieros (dinero, viene liquidables, financiamiento externo); humanos (operarios, empleados, ejecutivos, directores); materiales (inmuebles, equipos, insumos, materias primas); técnico o tecnológicos (sistemas informáticos).

- **Tarea de mantenimiento.** Una tarea de mantenimiento es el conjunto de actividades que debe realizar el personal operativo de mantenimiento para mantener o restaurar la funcionalidad de un ítem.
- **Tasa de falla.** Es el número de fallas de un ítem en un periodo determinado de tiempo (horas, días, semanas, meses, etc.).
- **Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF).** Es un indicador que mide el tiempo promedio que es capaz de operar un ítem sin interrupciones (fallas) dentro de un periodo de tiempo T. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del ítem. Se determina por la relación entre la suma de todos los tiempos de operación (tiempos entre fallas) del ítem y la cantidad de fallas que suceden durante un periodo de tiempo T.
- **Tiempo Medio de Reparación (TMDR).** Es un indicador que mide el tiempo promedio de reparación de un ítem durante un periodo de tiempo T. Representa la efectividad para restituir un ítem a sus condiciones óptimas de operación una vez que el ítem se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un periodo de tiempo T. Este parámetro de medición está asociado a la mantenibilidad. Se determina por la relación entre la suma de todos los tiempos empleados para la reparación y la cantidad de fallas que suceden durante un periodo de tiempo T.
- **Vidrio común.** Conocido también como vidrio crudo. Es aquel que no ha sido sometido a ningún proceso térmico posterior a su fabricación.
- **Vidrio laminado automotriz.** Es un vidrio de uso automotriz, que se genera de la unión de dos láminas de vidrio común, de cualquier grosor, mediante una lámina de plástico transparente compuesta de PVB (Polivinil de Butiral), la cual se adhiere a ambos vidrios. Para el proceso de unión, la pieza se compacta mediante presión, calor y vacío. Se utiliza principalmente para parabrisas, pero también se puede usar para vidrios laterales laminadas y lunetas posteriores laminadas.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

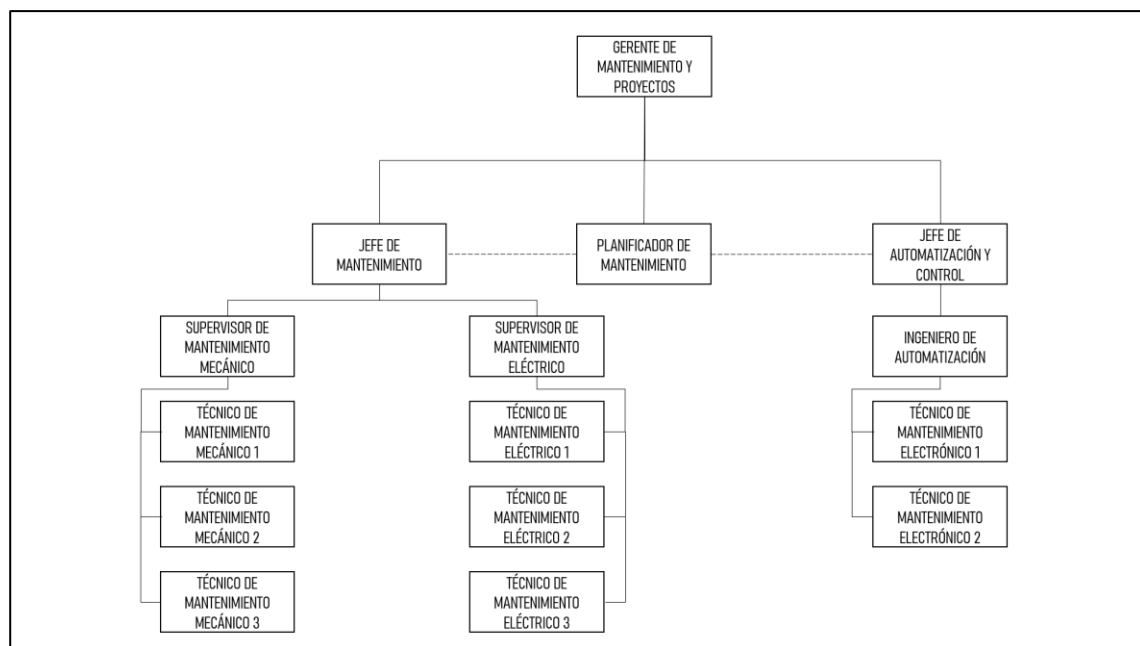
3.1 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO MEDIANTE UNA AUDITORIA DE GESTIÓN- AÑO 2017

En la empresa de fabricación de vidrio laminado automotriz, donde se realizó la presente investigación, el Área de Mantenimiento y Proyectos es la responsable de la gestión del mantenimiento de los equipos de los diferentes bloques productivos de la planta. Para tal fin, dicha área cuenta con quince (15) personas.

En la figura 3.1 se muestra el organigrama del Área de Mantenimiento y Proyectos.

FIGURA 3.1.

Organigrama del Área de Mantenimiento y Proyectos



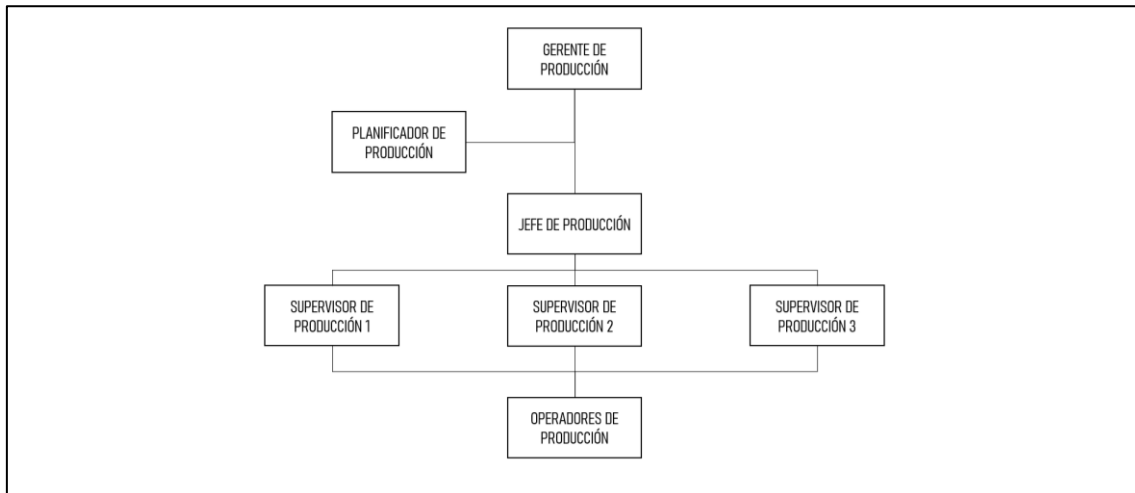
Fuente: American Glass Products

Así mismo, en la figura 3.2 se muestra la estructura organizacional del Área de Producción, principal interesado del éxito de la Gestión del Mantenimiento de los equipos utilizados en sus procesos productivos.

En ese sentido, con la finalidad de conocer la situación actual del área de mantenimiento, se realizó una auditoría para cual se encuestó a cada una de las quince (15) personas encargadas del mantenimiento de la planta, así como a cuatro (4) personas encargadas

FIGURA 3.2.

Organigrama del Área de Producción



Fuente: American Glass Products

de los procesos productivos. La información obtenida, sirvió para conocer la situación actual en relación con las siguientes áreas:

- Recursos Gerenciales
- Gerencia de la información (software de gestión del mantenimiento)
- Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo
- Planificación y ejecución
- Soporte, Calidad y Motivación

Teniendo en cuenta que se encuestó a diecinueve (19) personas, lo cual representa una muestra pequeña, no fue necesario determinar una muestra. Por lo indicado se procedió a realizar la encuesta a cada una de dichas personas.

Respecto a la técnica de auditoría, se utilizó la "ENCUESTA DE EFECTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MES)" (ver Capítulo II, ítem 2.2.1)

En la tabla 3.1, se muestra los puestos encuestados y la puntuación obtenida por cada área evaluada. También se muestra el Índice de Conformidad (IC) por área y el total.

Se observa que la puntuación real obtenida es de 126.5, esto representa un Índice de Conformidad (IC) de 42.2%.

Estos resultados posicionan al área de Mantenimiento en la categoría “Por debajo del promedio”. Según la técnica utilizada, este es un nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar.

TABLA 3.1.

Resultado de la Auditoria de Mantenimiento – año 2017

N°	PUESTOS CONSULTADOS	ÁREAS EVALUADAS					PUNTAJACIÓN TOTAL
		RECURSOS GERENCIALES	GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (SOFTWARE DE MANTENIMIENTO)	EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	SOPORTE, CALIDAD Y MOTIVACIÓN	
1	GERENTE DE MANTENIMIENTO Y PROYECTOS	32	24	20	25	26	127
2	JEFE DE MANTENIMIENTO	29	24	19	24	26	122
3	PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO	28	23	21	25	31	128
4	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO MECÁNICO	30	26	24	24	29	133
5	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	28	26	23	26	27	130
6	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO MECÁNICO 1	28	22	17	26	23	116
7	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO MECÁNICO 2	26	24	19	25	22	116
8	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO MECÁNICO 3	25	22	20	23	29	119
9	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO 1	26	26	18	24	29	123
10	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO 2	26	25	18	25	30	124
11	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO 3	27	25	24	22	28	126
12	JEFE DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	31	24	17	23	31	124
13	INGENIERO DE AUTOMATIZACIÓN	28	23	19	19	29	118
14	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO 1	25	22	23	21	30	121
15	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO 2	29	26	21	24	28	128
16	JEFE DE PRODUCCIÓN	33	29	28	23	30	143
17	SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN 1	28	26	23	25	30	132
18	SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN 2	33	24	20	25	28	130
19	SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN 3	31	30	26	25	31	143
PUNTAJACIÓN REAL (PROMEDIO)		28.6	24.8	21.1	23.8	28.3	126.5
PUNTAJACIÓN IDEAL		60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	300.0
IC REAL (%)		47.6%	41.3%	35.1%	39.6%	47.1%	42.2%
IC IDEAL (%)		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: American Glass Products

Así mismo se observa, que las áreas evaluadas con menor Índice de Conformidad son:

- Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo (35.1%)
- Planificación y ejecución (39.6%)

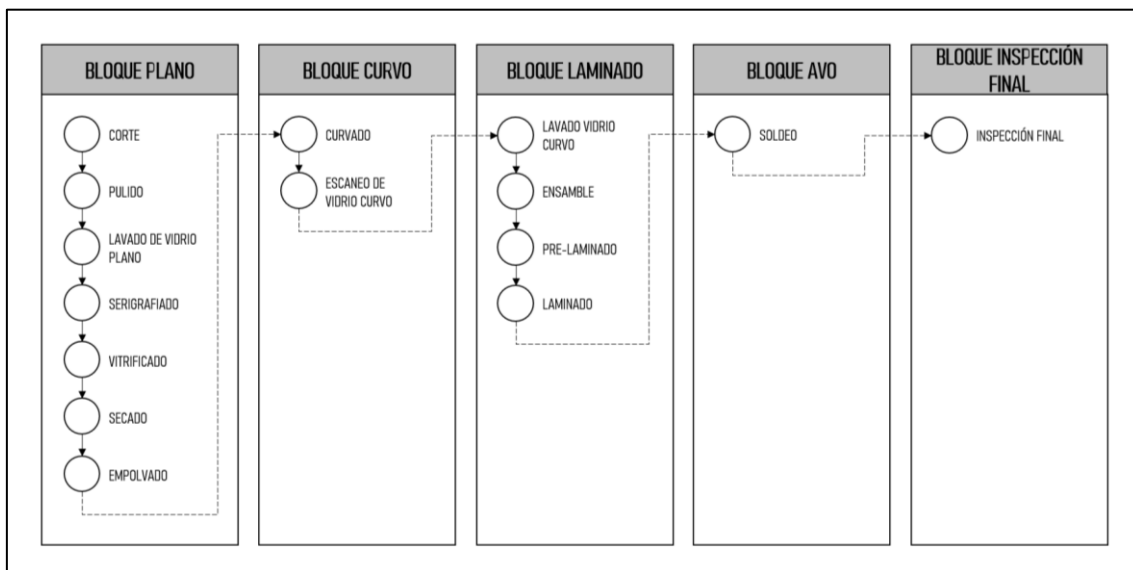
Al respecto, cabe resaltar que no se cuentan con planes de mantenimiento lo cual incide negativamente en la disponibilidad de los equipos críticos de la planta.

3.2 DESCRIPCIÓN GENÉRICA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE VIDRIO LAMINADO AUTOMOTRIZ

La planta donde se realizó la investigación produce vidrio laminado para el sector automotriz; para ello, la planta esta agrupada en bloques de producción los cuales a su vez agrupan los siguientes procesos (figura 3.3).

FIGURA 3.3.

Diagrama de flujo del bloque plano



Fuente: American Glass Products

a. **Bloque Plano:** en este bloque se realizan los siguientes procesos:

- **Corte:** en este proceso se cortan las hojas rectangulares de vidrio a las formas geométricas definidas para el producto final.
- **Pulido:** en este proceso se pulen todo el perímetro de la hoja de vidrio con la finalidad de eliminar los bordes afilados.
- **Lavado vidrio plano:** en este proceso se lavan los vidrios para quitarles las pelusas, las manchas y el polvo las cuales generar defectos en los siguientes procesos.
- **Serigrafiado:** una vez que el vidrio ya se encuentra limpio de impurezas, se procede a imprimir en él la banda cerámica, a través de un proceso de serigrafía. Este proceso es necesario para evitar que la luz ultravioleta afecte al encolado que une el parabrisas a la estructura del automóvil.

- **Vitrificado:** En este proceso el vidrio y la pintura se funden, y como resultado surge una lámina de vidrio decorado en color con alta resistencia al paso del tiempo y a agresiones externas, abrasiones, choques térmicos e incidencia de rayos UVA.
- **Secado:** en este proceso se seca la primera capa de serigrafiado (primer diseño) antes de imprimir una segunda capa (segundo diseño).
- **Empolvado:** en este proceso se echa un talco sobre toda la superficie del vidrio para evitar que se adhiera con otro vidrio en el proceso de curvado.

b. Bloque Curvo: en este bloque se realiza el siguiente proceso:

- **Curvado:** durante este proceso, se cargan las dos hojas de vidrio sobre un molde y se introduce a un horno cuya función es calentar el vidrio hasta su punto de ablandamiento (600 a 650 °C) y por acción de la gravedad se curve el vidrio en toda su superficie.
- **Escaneo de vidrio curvo:** en este proceso, se realiza una digitalización del vidrio curvado y se compara contra un diseño CAD con la finalidad de asegurar que el curvado del vidrio no exceda la tolerancia establecida respecto a la medida ideal que debe tener el vidrio.

c. Bloque Laminado: en este bloque se realizan los siguientes procesos:

- **Lavado de vidrio curvo:** en este proceso, el vidrio se somete a un lavado intensivo, preparándolo para el proceso de ensamble.
- **Ensamble:** en este proceso, se procede a colocar entre las dos hojas de vidrio una película de butiral de polivinilo (PVB) para formar el vidrio laminado.
- **Pre-laminado:** en este proceso se quita el vacío entre las láminas de vidrio aplicando temperatura y presión de vacío entre ambas laminas.
- **Laminado:** esta operación tiene por objeto que el vidrio adquiera la adhesión (seguridad) entre las hojas y la transparencia de la película plástica a través del incremento de presión y temperatura.

d. **Boque AVO:** en este bloque se realiza el siguiente proceso:

- **Soldeo:** en este proceso se suelda al vidrio los accesorios que activaran los circuitos impresos en el vidrio cuando esté conectado al sistema eléctrico del vehículo.

e. **Bloque Inspección Final:** en este bloque se realiza el siguiente proceso:

- **Inspección:** en este proceso se procede a realizar los ensayos y verificaciones correspondientes con el fin de establecer los criterios máximos y mínimos de conformidad de cada parabrisas fabricado.

3.3 LISTADO DE EQUIPOS DEL BLOQUE PLANO. DESCRIPCIÓN DE SUS FUNCIONES OPERATIVAS.

En las tablas 3.2 y 3.3, se presenta la relación de equipos del bloque plano y sus funciones operativas correspondientes.

TABLA 3.2.*Relación de equipos del bloque plano y sus respectivas funciones operativas (parte 1)*

Nº	CÓDIGO	CANT.	EQUIPO	FUNCIONES OPERATIVAS
1	02-TNS01	1	Tornamesa N° 1	Distribuir el tipo de vidrio (interno o externo).
2	02-BRT01	1	Brazo robótico N° 1	Cargar de forma intercalada un vidrio interno y un vidrio externo.
3	02-MRL01	1	Mesa de rodillo tipo L N° 1	Transportar el vidrio.
4	02-MRL02	1	Mesa de rodillo tipo L N° 2	Transportar el vidrio.
5	02-MRL03	1	Mesa de rodillo tipo L N° 3	Transportar el vidrio.
6	02-MCP01	1	Máquina CNC de corte y pulido N° 1	Cortar el vidrio según diseño, tronzar el material sobrante y pulir los filos.
7	02-MRT01	1	Mesa rotativa N° 1	Girar el vidrio para alinearlos en sentido de la lavadora.
8	02-MRS01	1	Mesa de rodillo tipo S N° 1	Transportar el vidrio.
9	02-LVD01	1	Lavadora N° 1 de vidrio plano	Lavar y secar el vidrio.
10	02-MRS02	1	Mesa de rodillo tipo S N° 2	Transportar el vidrio y distribuirlo según su tipo (interno y externo)
11	02-MRL04	1	Mesa de rodillo tipo L N° 4	Transportar el vidrio.
12	02-MRL05	1	Mesa de rodillo tipo L N° 5	Transportar el vidrio.
13	02-MRT02	1	Mesa rotativa N° 2	Girar el vidrio para alinearlos en sentido de la impresora.
14	02-MRT03	1	Mesa rotativa N° 3	Girar el vidrio para alinearlos en sentido de la impresora.
15	02-APL01	1	Apilador N° 1	Almacenar los vidrios en caso de retrasos en los siguientes procesos.
16	02-APL02	1	Apilador N° 2	Almacenar los vidrios en caso de retrasos en los siguientes procesos.
17	02-MRL06	1	Mesa de rodillo tipo L N° 6	Transportar el vidrio
18	02-MRL07	1	Mesa de rodillo tipo L N° 7	Transportar el vidrio
19	02-IMP01	1	Impresora de vidrio N° 1	Imprimir el diseño requerido sobre el vidrio interno.
20	02-IMP02	1	Impresora de vidrio N° 2	Imprimir el diseño requerido sobre el vidrio externo.
21	02-MRL08	1	Mesa de rodillo tipo L N° 8	Transportar el vidrio
22	02-MRL09	1	Mesa de rodillo tipo L N° 9	Transportar el vidrio
23	02-MRT04	1	Mesa rotativa N° 4	Girar el vidrio y cambiar su sentido de avance.
24	02-MRT05	1	Mesa rotativa N° 5	Girar el vidrio y cambiar su sentido de avance.
25	02-MRL10	1	Mesa de rodillo tipo L N° 10	Transportar el vidrio
26	02-MRS03	1	Mesa de rodillo tipo S N° 3	Transportar el vidrio
27	02-MRL11	1	Mesa de rodillo tipo L N° 11	Transportar el vidrio
28	02-MRL12	1	Mesa de rodillo tipo L N° 12	Transportar el vidrio
29	02-MRL13	1	Mesa de rodillo tipo L N° 13	Transportar el vidrio
30	02-HSC01	1	Horno de secado N° 1	Secar la primera capa de pintura impresa sobre el vidrio interno.

Fuente: Fuente: American Glass Products

TABLA 3.3.*Relación de equipos del bloque plano y sus respectivas funciones operativas (parte 2)*

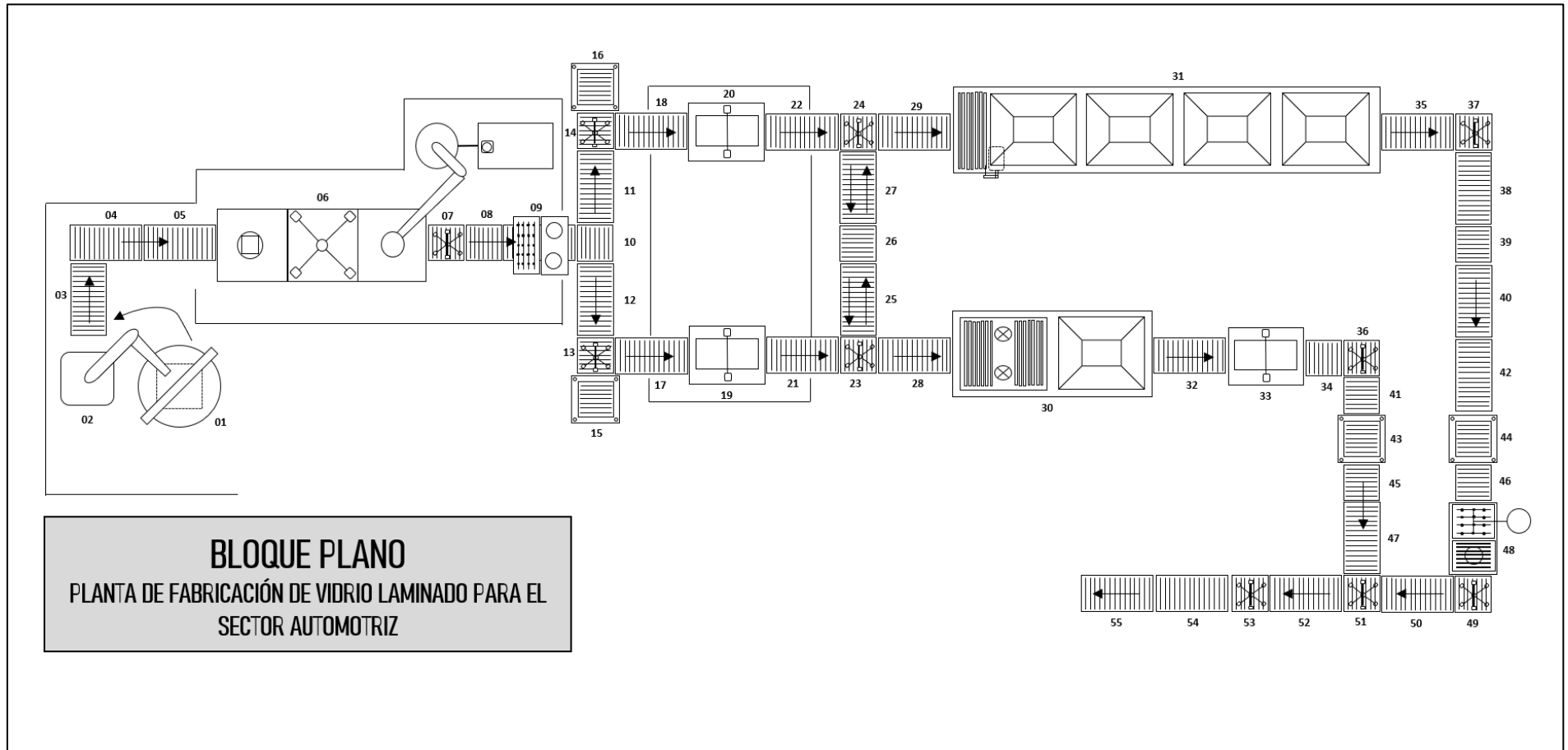
Nº	CÓDIGO	CANT.	EQUIPO	FUNCIONES OPERATIVAS
31	02-HVT01	1	Horno de vitrificado N° 1	Vitrificar la capa de pintura impresa sobre el vidrio externo.
32	02-MRL14	1	Mesa de rodillo tipo L N° 14	Transportar el vidrio
33	02-IMP03	1	Impresora de vidrio N° 3	Imprimir el diseño requerido sobre el vidrio interno.
34	02-MRS04	1	Mesa de rodillo tipo S N° 4	Transportar el vidrio.
35	02-MRL15	1	Mesa de rodillo tipo L N° 15	Transportar el vidrio.
36	02-MRT06	1	Mesa rotativa N° 6	Girar y transportar el vidrio.
37	02-MRT07	1	Mesa rotativa N° 7	Girar y transportar el vidrio.
38	02-MRL16	1	Mesa de rodillo tipo L N° 16	Transportar el vidrio
39	02-MRS05	1	Mesa de rodillo tipo S N° 5	Transportar el vidrio
40	02-MRL17	1	Mesa de rodillo tipo L N° 17	Transportar el vidrio
41	02-MRS06	1	Mesa de rodillo tipo S N° 6	Transportar el vidrio
42	02-MRL18	1	Mesa de rodillo tipo L N° 18	Transportar el vidrio
43	02-APL03	1	Apilador N° 3	Almacenar los vidrios en caso de retrasos en los siguientes procesos.
44	02-APL04	1	Apilador N° 4	Almacenar los vidrios en caso de retrasos en los siguientes procesos.
45	02-MRS07	1	Mesa de rodillo tipo S N° 7	Transportar el vidrio
46	02-MRS08	1	Mesa de rodillo tipo S N° 8	Transportar el vidrio
47	02-MRL19	1	Mesa de rodillo tipo L N° 19	Transportar el vidrio
48	02-EPV01	1	Empolvadora N° 1	Rociar talco al vidrio externo para evitar que se adhiera al vidrio interno en el proceso de curvado.
49	02-MRT08	1	Mesa rotativa N° 8	Girar y transportar el vidrio.
50	02-MRL20	1	Mesa de rodillo tipo L N° 20	Transportar el vidrio
51	02-MRT09	1	Mesa rotativa N° 9	Girar y transportar el vidrio.
52	02-MRL21	1	Mesa de rodillo tipo L N° 21	Transportar el vidrio
53	02-MRT10	1	Mesa rotativa N° 10	Girar y transportar el vidrio.
54	02-MRL22	1	Mesa de rodillo tipo L N° 22	Transportar el vidrio
55	02-MRL23	1	Mesa de rodillo tipo L N° 23	Transportar el vidrio

Fuente: American Glass Products

En la figura 3.4 se muestra el diagrama del bloque plano donde se puede visualizar la distribución de los equipos indicados en las tablas 3.2 y 3.3.

FIGURA 3.4.

Diagrama de distribución de equipos en el bloque plano



Fuente: American Glass Products

3.4 DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS.

Para determinar los equipos críticos del bloque plano se consideró los siguientes criterios (ver Capítulo II, ítem 2.3.1):

1. Medio ambiente (E)
2. Seguridad (S)
3. Calidad (Q)
4. Tiempo de trabajo (W)
5. Impacto operacional (I)
6. Probabilidad de falla (F)
7. Mantenibilidad (M)

Luego, utilizando la Tabla 2.3 (ver Capítulo II, ítem 2.3.1) denominada “*Criterios para evaluar la criticidad de un equipo*” se identificó los equipos críticos para el Bloque Plano. Estos son:

1. Brazo Robótico N° 1 (ver tabla 3.4)
2. Maquina CNC de Corte y Pulido N° 1 (ver tabla 3.5)
3. Lavadora N° 1 de Vidrio Plano (ver tabla 3.6)
4. Impresora de Vidrio N° 1 (ver tabla 3.7)
5. Impresora de Vidrio N° 2 (ver tabla 3.8)
6. Impresora de Vidrio N° 3 (ver tabla 3.9)
7. Horno de Vitrificado N° 1 (ver tabla 3.10)
8. Horno de Secado N° 1 (ver tabla 3.11)
9. Empolvadora N° 1 (ver tabla 3.12)

TABLA 3.4.

Evaluación de criticidad del Brazo Robótico N° 1

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.5.

Evaluación de criticidad de la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	<pre> graph TD E{E} -- A --> S{S} E -- B,C --> S S -- A --> Q{Q} S -- B,C --> Q Q -- A --> W{W} Q -- B,C --> W W -- A,B --> I1{I} W -- C --> I2{I} I1 -- A --> F1{F} I1 -- B,C --> F2{F} I2 -- A,B --> F2 I2 -- C --> F3{F} F1 -- A --> M1{M} F1 -- B,C --> M2{M} F2 -- A,B --> M2 F2 -- C --> M3{M} F3 -- C --> M3 M1 -- A --> A[A] M1 -- B,C --> B[B] M2 -- A,B --> B M2 -- C --> C[C] M3 -- C --> C </pre>
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.6.

Evaluación de criticidad de la Lavadora N° 1 de Vidrio Plano

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	<pre> graph TD E{E} -- A --> S{S} E -- B,C --> S S -- A --> Q{Q} S -- B,C --> Q Q -- A --> W{W} Q -- B,C --> W W -- A,B --> I1{I} W -- C --> I2{I} I1 -- A --> F1{F} I1 -- B,C --> F2{F} I2 -- A,B --> F2 I2 -- C --> F3{F} F1 -- A --> M1{M} F1 -- B,C --> M2{M} F2 -- A,B --> M2 F2 -- C --> M3{M} F3 -- C --> M3 M1 -- A --> A[A] M1 -- B,C --> B[B] M2 -- A,B --> B M2 -- C --> C[C] M3 -- C --> C </pre>
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.7.

Evaluación de criticidad de la Impresora de Vidrio N° 1

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.8.

Evaluación de criticidad de la Impresora de Vidrio N° 2

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.9.

Evaluación de criticidad de la Impresora de Vidrio N° 3

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.10.

Evaluación de criticidad del Horno de Vitrificado N° 1

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.11.

Evaluación de criticidad del Horno de Secado N° 1

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.12.

Evaluación de criticidad de la Empolvadora N° 1

CRITERIOS	RESPUESTAS	CONCEPTOS	FLUJOGRAMA
MEDIO AMBIENTE (E)	A	Si un fallo del equipo provoca que la empresa tenga que recurrir a avisar a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	
	B	Si un fallo del equipo provoca una contaminación o afección que pudiera gestionarse en el interior de la empresa.	
	C	Si un fallo del equipo no provoca ningún tipo de contaminación ambiental.	
SEGURIDAD (S)	A	Si un fallo puede generar accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	
	B	Si un fallo puede generar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia del trabajador.	
	C	Si un fallo no genera consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.	
CALIDAD (Q)	A	Si un fallo afecta la calidad y puede producir un importante impacto externo, o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado, al detectarse un fallo después de llegar al producto al cliente final.	
	B	Si un fallo afecta la calidad y puede producir solo una consecuencia interna.	
	C	Si un fallo no afecta la calidad.	
TIEMPO DE TRABAJO (W)	A	El equipo trabaja tres turnos.	
	B	El equipo trabaja dos turnos.	
	C	El equipo trabaja un turno.	
IMPACTO OPERACIONAL (I)	A	Si un fallo del equipo produce el paro de toda la fábrica.	
	B	Si un fallo del equipo produce el paro de una línea de producción.	
	C	Si un fallo del equipo no produce una interrupción significativa de la producción.	
PROBABILIDAD DE FALLA (F)	A	Alta. Mayor de 3 eventos al año.	
	B	Media. Entre 2 y 3 eventos al año.	
	C	Baja. Un evento al año.	
MANTENIBILIDAD (M)	A	Tiempo de reparación mayor a 90 minutos.	
	B	Tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos.	
	C	Tiempo de reparación menor a 1 hora.	
CRITICIDAD	A	Equipo de criticidad alta	
	B	Equipo de criticidad media	
	C	Equipo de criticidad baja	

Fuente: American Glass Products

A continuación, se presentan, en tablas, las características técnicas de los equipos de criticidad alta:

TABLA 3.13.

Datos técnicos del Brazo Robótico N° 1

Equipo	BRAZO ROBÓTICO N° 1
Código	01-BRT01
Marca	locco System - Kuka
Procedencia	Alemania
Modelo	KR270R2700
Serie	637967
Año de fabricación	2015
Potencia	50 KW
Tensión	380 V
Amperaje	50 A
Presión de trabajo	6 Bar
Dimensiones	3900 x 3900 x 3900
Peso	4700 Kg

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.14.

Datos técnicos de la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1

Equipo	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1
Código	01-MCP01
Marca	Bando Kiko Co., Ltd.
Procedencia	Japón
Modelo	FACG-1HNP
Serie	14257
Año de fabricación	2015
Potencia	50 KW
Tensión	380 V
Amperaje	50 A
Presión de trabajo	6 Bar
Dimensiones	10000 x 5000 x 4000
Peso	10000 Kg

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.15.*Datos técnicos de la Lavadora N° 1 de Vidrio Plano*

Equipo	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO
Código	02-LVD01
Marca	Benteler
Procedencia	Republica Checa
Modelo	TecWasher F.20/S-B2-B-CKK
Serie	30-2917
Año de fabricación	2014
Potencia	51 KW
Tensión	380 V
Amperaje	120 A
Presión de trabajo	6 Bar
Dimensiones	3300 x 1300 x 1600
Peso	2800 Kg

*Fuente: American Glass Products***TABLA 3.16.***Datos técnicos de la Impresora de Vidrio N° 1*

Equipo	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1
Código	02-IMP01
Marca	Cugher Glass S.R.L.
Procedencia	Italia
Modelo	J300x200S
Serie	90615088
Año de fabricación	2014
Potencia	155 KW
Tensión	380 V
Amperaje	255 A
Presión de trabajo	6 Bar
Dimensiones	10889 x 2815 x 1600
Peso	2800 Kg

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.17.*Datos técnicos de la Impresora de Vidrio N° 2*

Equipo	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2
Código	02-IMP02
Marca	Cugher Glass S.R.L.
Procedencia	Italia
Modelo	J300x200S
Serie	90615090
Año de fabricación	2014
Potencia	155 KW
Tensión	380 V
Amperaje	255 A
Presión de trabajo	5 Bar
Dimensiones	10889 x 2815 x 1600
Peso	2800 Kg

*Fuente: American Glass Products***TABLA 3.18.***Datos técnicos de la Impresora de Vidrio N° 3*

Equipo	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3
Código	02-IMP03
Marca	Cugher Glass S.R.L.
Procedencia	Italia
Modelo	J300x200S
Serie	90015245
Año de fabricación	2014
Potencia	155 KW
Tensión	380 V
Amperaje	255 A
Presión de trabajo	6 Bar
Dimensiones	10889 x 2815 x 1600
Peso	2800 Kg

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.19.*Datos técnicos del Horno de Vitrificado N° 1*

Equipo	HORNO DE VITRIFICADO N° 1
Código	02-HVT01
Marca	NorthGlass
Procedencia	China
Modelo	BKQ22
Serie	PR140977
Año de fabricación	2014
Potencia	3014 KW
Tensión	380 V
Amperaje	4036 A
Presión de trabajo	6 Bar
Dimensiones	30460 x 4300 x 2210
Peso	8000 Kg

*Fuente: American Glass Products***TABLA 3.20.***Datos técnicos del Horno de Secado N° 1*

Equipo	HORNO DE SECADO N° 1
Código	02-HSC01
Marca	Cugher Glass S.R.L.
Procedencia	Italia
Modelo	96115191
Serie	141006AA08
Año de fabricación	2014
Potencia	146 KW
Tensión	380 V
Amperaje	212 A
Presión de trabajo	6 Bar
Dimensiones	8500 x 3100 x 1600
Peso	3200 Kg

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.21.*Datos técnicos de la Empolvadora N° 1*

Equipo	EMPOLVADORA N° 1
Código	02-EMP01
Marca	Triulzi
Procedencia	Italia
Modelo	WPS2000
Serie	DQDC-80049
Año de fabricación	2015
Potencia	29 KW
Tensión	380 V
Amperaje	45 A
Presión de trabajo	6 Bar
Dimensiones	2700 x 2640 x 2100
Peso	1500 Kg

Fuente: American Glass Products

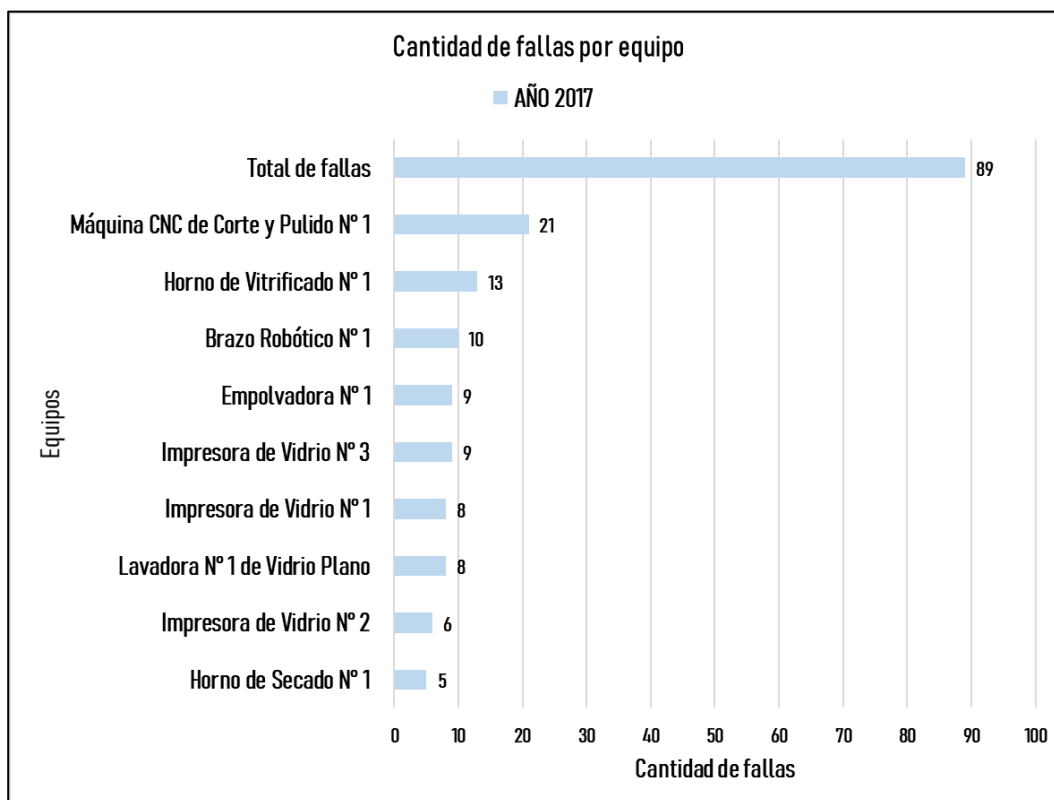
En el anexo N° 1 se muestran algunas fotografías de estos equipos.

3.5 DATOS HISTORICOS DE FALLOS, TIEMPOS ENTRE FALLOS Y TIEMPOS DE REPARACIÓN DE FALLOS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO - AÑO 2017

En la figura 3.5 se muestra la cantidad de fallas por equipo y cantidad de fallas totales del bloque plano registradas durante el periodo comprendido entre el 01 de enero del 2017 al 31 de diciembre del 2017.

FIGURA 3.5.

Cantidad de fallas por equipo – año 2017



Fuente: American Glass Products

En las siguientes tablas se muestran el detalle de las fallas por cada equipo crítico. También se muestran los Tiempos entre Fallas (TBF) y los Tiempos de Reparación (TTR).

TABLA 3.22.

Datos históricos de las fallas del Brazo Robótico N° 1 – año 2017

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	20-1-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	478.22	1.78
2	4-2-2017	Falla en sensor de detección de vidrio	346.06	1.21
3	5-4-2017	Falla en sistema de vacío	1449.53	1.37
4	11-5-2017	Falla en sensor de detección de vidrio	843.05	0.65
5	25-6-2017	Falla en sensor de detección de vidrio	1083.82	1.36
6	6-7-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	273.45	6.58
7	25-8-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	1184.72	2.20
8	12-10-2017	Falla en sensor de detección de vidrio	1146.33	1.50
9	30-11-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	1170.17	2.33
10	3-12-2017	Falla en sistema de vacío	89.80	2.37
11			673.50	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.23.*Datos históricos de las fallas de la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1 – año 2017*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	16-2-2017	Rotura de manguera de agua	1104.00	0.60
2	25-2-2017	Falla en cabezal de pulido	216.40	1.90
3	5-3-2017	Falla en sensor de posicionamiento de vidrio	190.43	1.25
4	12-3-2017	Falla en cabezal de pulido	182.83	3.34
5	17-3-2017	Rotura de manguera de agua	104.75	1.50
6	22-3-2017	Falla en cabezal de pulido	126.75	7.25
7	20-4-2017	Falla en sistema de vacío	691.49	0.85
8	24-4-2017	Falla en sistema de vacío	85.18	2.32
9	27-4-2017	Falla en cabezal de pulido	68.67	2.33
10	30-5-2017	Falla en cabezal de pulido	790.93	15.24
11	6-6-2017	Falla en faja transportadora	166.16	2.67
12	12-6-2017	Falla en sistema de tronzado	131.43	0.49
13	13-6-2017	Falla en sistema de corte	34.31	2.49
14	20-6-2017	Falla en faja transportadora	154.78	6.18
15	20-8-2017	Falla en bomba de agua	1470.32	3.42
16	12-9-2017	Falla en sistema de refrigeración	526.75	0.75
17	16-9-2017	Falla en cabezal de pulido	103.34	3.25
18	2-10-2017	Falla en faja transportadora	373.27	7.90
19	17-10-2017	Falla en sistema de vacío	368.00	1.00
20	21-10-2017	Falla en sistema de refrigeración	79.93	0.58
21	12-11-2017	Falla en faja transportadora	525.48	5.00
22			1194.50	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 3.24.***Datos históricos de las fallas de la Lavadora N° 1 de Vidrio Plano – año 2017*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	23-1-2017	Falla en sistema de transporte.	538.42	1.25
2	25-2-2017	Falla en bomba de agua	801.00	2.84
3	9-4-2017	Falla en bomba de agua	1029.50	2.50
4	22-5-2017	Falla en sistema de transporte.	1021.39	11.11
5	12-7-2017	Rotura de faja de transmisión	1217.50	0.50
6	29-8-2017	Falla en bomba de agua	1135.50	3.25
7	19-10-2017	Falla en motor eléctrico	1226.35	9.16
8	18-12-2017	Falla en bomba de agua	1425.73	2.00
9			332.00	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.25.*Datos históricos de las fallas de la Impresora de Vidrio N° 1 – año 2017*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	17-1-2017	Falla en pistón de centrado	394.58	3.61
2	11-2-2017	Falla en sensor de posicionamiento de vidrio	595.65	1.50
3	8-3-2017	Falla en topes de posicionamiento	595.67	4.50
4	17-5-2017	Falla en sistema de transmisión de polines.	1685.67	0.92
5	15-7-2017	Falla en sistema de fijación de malla de serigrafiado	1410.94	4.73
6	5-10-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	1957.25	6.00
7	2-11-2017	Rotura de faja de sincronización	667.02	1.25
8	7-12-2017	Falla en topes de centrado	836.28	2.45
9			592.00	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 3.26.***Datos históricos de las fallas de la Impresora de Vidrio N° 2 – año 2017*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	29-1-2017	Falla en sensor de detección de vidrio	673.95	2.38
2	3-3-2017	Rotura de faja de sincronización	795.06	3.44
3	18-4-2017	Falla en topes de posicionamiento	1103.42	3.75
4	15-6-2017	Falla en sistema de transmisión de polines.	1398.22	3.78
5	5-9-2017	Falla en topes de centrado	1944.50	5.30
6	28-11-2017	Rotura de faja de sincronización	2024.54	1.50
7			800.17	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 3.27.***Datos históricos de las fallas de la Impresora de Vidrio N° 3 – año 2017*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	8-2-2017	Rotura de piñones en mecanismo de avance	921.63	14.37
2	2-4-2017	Rotura de pernos de fijación de puente	1252.62	0.72
3	13-5-2017	Falla en topes de centrado	985.73	1.00
4	27-6-2017	Falla en servomotor	1071.93	0.25
5	14-7-2017	Falla en cabezal de impresión	423.42	0.83
6	9-9-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	1359.03	16.47
7	13-10-2017	Falla en pistón de centrado	796.25	2.00
8	19-11-2017	Rotura de faja de transmisión	893.25	0.50
9	27-12-2017	Falla en sensor de posicionamiento de vidrio	904.25	0.85
10			114.90	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.28.*Datos históricos de las fallas del Horno de Vitrificado N° 1 – año 2017*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	27-1-2017	Falla en motor eléctrico	634.21	13.79
2	19-2-2017	Rotura de piñón de ataque en motorreductor	530.26	28.74
3	1-3-2017	Falla en variador de velocidad	228.17	1.33
4	26-3-2017	Falla en sensor de temperatura	591.67	7.33
5	15-4-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	473.91	10.59
6	30-4-2017	Falla en termocupla	348.51	2.49
7	3-6-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	810.33	16.17
8	10-7-2017	Falla en sistema de transmisión de polines.	877.00	2.50
9	16-8-2017	Rotura de faja de transmisión	876.92	0.33
10	1-9-2017	Falla en sensor de posicionamiento de vidrio	389.25	1.83
11	27-9-2017	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	618.34	6.66
12	5-11-2017	Falla en sistema de enfriamiento	933.92	1.58
13	16-12-2017	Falla en sistema de transmisión de polines.	984.67	0.49
14			369.00	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 3.29.***Datos históricos de las fallas del Horno de Secado N° 1 – año 2017*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	13-2-2017	Falla en sistema de refrigeración	1049.00	11.00
2	21-4-2017	Falla en termocupla	1588.88	1.62
3	29-6-2017	Falla en sistema de enfriamiento	1661.17	1.58
4	3-10-2017	Falla en sistema de calentamiento. Resistencia abierta	2288.75	1.75
5	9-12-2017	Falla en faja transportadora	1611.25	2.00
6			543.00	

Fuente: American Glass Products

TABLA 3.30.*Datos históricos de las fallas de la Empolvadora N° 1 – año 2017*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	9-1-2017	Falla en sistema de calentamiento. Resistencia abierta	203.80	3.20
2	3-2-2017	Falla en panel de control	595.02	2.48
3	10-3-2017	Falla en sistema de calentamiento. Resistencia abierta	839.65	3.37
4	22-4-2017	Falla en topes de centrado	1017.94	2.05
5	15-5-2017	Falla en bomba dosificadora	556.08	3.42
6	23-7-2017	Falla en bomba dosificadora	1649.83	1.75
7	17-9-2017	Falla en sistema de calentamiento. Resistencia abierta	1349.19	3.23
8	24-10-2017	Falla en sistema eléctrico	875.00	6.33
9	26-12-2017	Falla en bomba dosificadora	1513.32	3.34
10			131.00	

Fuente: American Glass Products

3.6 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017

Para determinar el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) de cada equipo crítico del bloque plano, utilizaremos la expresión matemática que se indica en el Capítulo II, ítem 2.4.1.

$$MTBF = \frac{\sum_{k=1}^{k=i} TBF_k}{i}$$

TABLA 3.31.*Tiempo medio entre fallas (MTBF) de los Equipos críticos – año 2017*

N°	EQUIPO	i	$\sum TBF$	MTBF (horas)
1	HORNO DE SECADO N° 1	6	8742.05	1457.01
2	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	7	8739.85	1248.55
3	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	9	8727.39	969.71
4	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	9	8735.05	970.56
5	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	10	8723.01	872.30
6	EMPOLVADORA N° 1	10	8730.83	873.08
7	BRAZO ROBÓTICO N° 1	11	8738.66	794.42
8	HORNO DE VITRIFICADO N° 1	14	8666.16	619.01
9	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	22	8689.70	394.99

Fuente: American Glass Products

3.7 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF) DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017

Antes de proceder a realizar el cálculo del MTBF del bloque plano, se debe tener en cuenta que los equipos que forman parte de este bloque constituyen una estructura de producción en serie. Ver el anexo N° 2.

En ese sentido, para determinar el MTBF del bloque plano, seguiremos los siguientes pasos:

- Paso 1: Consolidar los historiales de fallas de los equipos crítico y ordenar las fechas de las fallas en orden ascendente
- Paso 2: Calcular los Tiempos entre Fallas (TBF)
- Paso 3: Calcular el MTBF.

Se obtiene el MTBF del Bloque Plano:

$$MTBF = \frac{\sum_{k=1}^{k=i} TBF_k}{i} = 93.47 \text{ horas}$$

3.8 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017

Para determinar el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de cada equipo crítico del bloque plano, utilizaremos la expresión matemática que se indica en el Capítulo II, ítem 2.4.2.

$$MTTR = \frac{\sum_{k=1}^{k=j} TTR_k}{j}$$

TABLA 3.32.*Tiempo medio de reparación (MTTR) de los Equipos críticos – año 2017*

Nº	EQUIPO	i	$\sum TTR$	MTTR (horas)
1	HORNO DE SECADO Nº 1	5	17.95	3.59
2	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 2	6	20.15	3.36
3	LAVADORA Nº 1 DE VIDRIO PLANO	8	32.61	4.08
4	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 1	8	24.96	3.12
5	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 3	9	36.99	4.11
6	EMPOLVADORA Nº 1	9	29.17	3.24
7	BRAZO ROBÓTICO Nº 1	10	21.35	2.13
8	HORNO DE VITRIFICADO Nº 1	13	93.83	7.22
9	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO Nº 1	21	70.31	3.35

Fuente: American Glass Products

3.9 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017

Antes de proceder a realizar el cálculo del MTTR del bloque plano, se debe tener en cuenta que los equipos que forman parte de este bloque constituyen una estructura de producción en serie. Ver el anexo N° 2.

En ese sentido, para determinar el MTTR del bloque plano, seguiremos los siguientes pasos:

- Paso 1: Consolidar el historial de fallas de cada uno de los equipos crítico y ordenar las fechas de las fallas en orden ascendente
- Paso 2: Calcular los Tiempos de Reparación (TTR) para cada falla
- Paso 3: Calcular el MTTR según el tipo de cálculo elegido.

Se obtiene el MTTR del Bloque Plano:

$$MTTR = \frac{\sum_{k=1}^{k=i} TTR_k}{i} = 3.90 \text{ horas}$$

3.10 DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017

Para determinar la Disponibilidad de cada equipo crítico del bloque plano, utilizaremos la expresión matemática de la Disponibilidad Inherente o Intrínseca (D_i) (ver Capítulo II, ítem 2.4.3).

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

TABLA 3.33.

Disponibilidad Inherente (D_i) de los Equipos críticos – año 2017

Nº	EQUIPO	MTBF (horas)	MTTR (horas)	D_i
1	HORNO DE SECADO Nº 1	1457.01	3.59	99.754%
2	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 2	1248.55	3.36	99.732%
3	LAVADORA Nº 1 DE VIDRIO PLANO	969.71	4.08	99.581%
4	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 1	970.56	3.12	99.680%
5	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 3	872.30	4.11	99.531%
6	EMPOLVADORA Nº 1	873.08	3.24	99.630%
7	BRAZO ROBÓTICO Nº 1	794.42	2.13	99.732%
8	HORNO DE VITRIFICADO Nº 1	619.01	7.22	98.847%
9	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO Nº 1	394.99	3.35	99.160%

Fuente: American Glass Products

3.11 DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2017

Antes de proceder a realizar el cálculo de la Disponibilidad Inherente (D_i) del bloque plano, se debe tener en cuenta que los equipos que forman parte de este bloque constituyen una estructura de producción en serie. Ver el anexo N° 2.

Para determinar la Disponibilidad del bloque plano, utilizaremos la expresión matemática de la Disponibilidad Inherente o Intrínseca (D_i) (ver Capítulo II, ítem 2.4.3).

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Con el MTBF calculado en Capítulo III, ítem 3.7:

$$MTBF = 93.47 \text{ horas}$$

y con el MTTR calculado en el Capítulo III, ítem 3.9:

$$MTTR = 3.90 \text{ horas}$$

Se obtiene la Disponibilidad Inherente (D_i) del Bloque Plano:

$$D_i = 95.993\%$$

CAPÍTULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD.

El mantenimiento industrial tiene como misión principal garantizar que el parque industrial esté con la máxima Disponibilidad cuando lo requiera el cliente o usuario. Con la máxima Confiabilidad y Fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar. Con las velocidades requeridas, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes o servicios que satisfagan sus necesidades, deseos o requerimientos. Con los niveles de Calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible. Y con los mayores índices de Productividad y Competitividad posibles para optimizar su rentabilidad. Es decir, para generar mayores ingresos. (ver Capítulo II, ítem 2.1.1).

En ese sentido, la propuesta de mejora, objetivo de la presente investigación, se fundamenta principalmente en diseñar e implementar planes de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos críticos del bloque plano con el fin de mejorar su disponibilidad

4.1 CRONOGRAMA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO

La figura 4.1 se muestra el cronograma para el diseño e implementación de los planes de mantenimiento de los equipos críticos del bloque plano. Este cronograma consta de tres fases las cuales se planificaron ejecutar desde la Semana 01 a la Semana 43 del año 2017.

FIGURA 4.1.

Cronograma para el diseño e implementación de los planes de mantenimiento de los equipos críticos

Nº	ACTIVIDADES	2017																																													
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE									
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43			
1	FASE 1: EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE EQUIPOS																																														
1.1	DETERMINACIÓN DEL MODELO PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	■	■																																												
1.2	DESARROLLO DEL FORMATO PARA EVALUACIÓN DE CRITICIDAD			■																																											
1.3	EVALUACIÓN DE EQUIPOS				■	■																																									
1.4	REVISIÓN Y APROBACIÓN POR LOS TÉCNICOS DEL ÁREA						■																																								
1.5	REVISIÓN Y APROBACIÓN POR LOS SUPERVISORES DEL ÁREA							■																																							
1.6	REVISIÓN Y APROBACIÓN POR LA JEFATURA DEL ÁREA								■																																						
1.7	REVISIÓN Y APROBACIÓN POR LA GERENCIA DEL ÁREA									■																																					
1.8	PRESENTACIÓN AL ÁREA DE PRODUCCIÓN										■																																				
2	FASE 2: DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO																																														
2.1	DESARROLLO DE LA PLANTILLA PARA LOS PLANES		■	■																																											
2.2	REVISIÓN DE LOS MANUALES DE LOS EQUIPOS			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2.3	ENTREVISTA CON PROVEEDORES DE LOS EQUIPOS							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2.4	REVISIÓN DE HISTORIAL DE LOS EQUIPOS - PLANTA PER01								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2.5	REVISIÓN DE HISTORIAL DE LOS EQUIPOS - PLANTA COLO1											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2.6	REVISIÓN DE HISTORIAL DE LOS EQUIPOS - PLANTA BRAD1																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2.7	DISEÑO DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO																																														
2.8	REVISIÓN Y APROBACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO																																														
3	FASE 3: IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO																																														
3.1	ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN																																														
3.2	REVISIÓN DEL PROGRAMA CON EL ÁREA DE PRODUCCIÓN																																														
3.3	APROBACIÓN DEL PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN																																														
3.4	ACTIVACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO																																														
	A.- BRAZO ROBÓTICO N° 1																																														
	B.- MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1																																														
	C.- LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO																																														
	D.- IMPRESORA DE VIDRIO N° 1																																														
	E.- IMPRESORA DE VIDRIO N° 2																																														
	F.- IMPRESORA DE VIDRIO N° 3																																														
	G.- HORNO DE VITRIFICADO N° 1																																														
	H.- HORNO DE SECADO N° 1																																														
	I.- EMPOLVADORA N° 1																																														

Fuente: American Glass Products

4.2 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO

Todo Departamento de Mantenimiento, con el fin de cumplir su misión principal, debe planificar y programar el mantenimiento preventivo de los equipos críticos según su contexto operacional.

4.2.1 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO

Para el diseño de los planes de mantenimiento preventivo de los equipos críticos del bloque plano se obtuvo información de las siguientes fuentes:

1. Manuales o documentos del fabricante donde indican las actividades de mantenimiento y sus frecuencias.
2. Historial de fallas de los equipos similares con los que cuenta la empresa en sus otras plantas.
3. Historial de fallas de los equipos críticos evaluados en la presente investigación. Información del año 2017.
4. Personal técnico del fabricante, con amplia experiencia en la operación y mantenimiento de los equipos que comercializan.
5. Personal técnico de la empresa, con amplia experiencia en plantas automatizadas.

Los planes de mantenimiento que se presentan a continuación contienen:

- El nombre de equipo.
- Los sistemas con los que cuenta el equipo.
- Los componentes principales que forman parte de cada sistema.
- Las actividades de mantenimiento a ejecutar.
- La condición operacional del equipo.
- El taller especialista (especialidad que ejecuta la actividad).
- El tiempo requerido para ejecutar la actividad de mantenimiento.
- Los paquetes de mantenimiento en los que se agrupan las actividades de mantenimiento.

FIGURA 4.2.

Plan de mantenimiento del Brazo Robótico N° 1 (1 de 2)

PLAN DE MANTENIMIENTO - BRAZO ROBÓTICO N° 1														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
1	SISTEMA ESTRUCTURA	BASE DEL ROBOT	LIMPIAR E INSPECCIONAR SUPERFICIE. VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.25						●		
2	SISTEMA ESTRUCTURA	BASE DEL ROBOT	LUBRICAR ARTICULACIONES	OPERANDO	MECÁNICA	0.15						●		
3	SISTEMA ESTRUCTURA	COLUMNA GIRATORIA	LIMPIAR E INSPECCIONAR SUPERFICIE. VERIFICAR CENTRADO RESPECTO A LA BASE	PARADO	MECÁNICA	0.25						●		
4	SISTEMA ESTRUCTURA	COLUMNA GIRATORIA	LUBRICAR ARTICULACIONES	OPERANDO	MECÁNICA	0.15						●		
5	SISTEMA ESTRUCTURA	BRAZO DE OSCILACIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR SUPERFICIE. VERIFICAR ACOPLAMIENTO CON LA COLUMNA	PARADO	MECÁNICA	0.25						●		
6	SISTEMA ESTRUCTURA	BRAZO DE OSCILACIÓN	LUBRICAR ARTICULACIONES	OPERANDO	MECÁNICA	0.15						●		
7	SISTEMA ESTRUCTURA	BRAZO	LIMPIAR E INSPECCIONAR SUPERFICIE. VERIFICAR ACOPLAMIENTO CON BRAZO DE OSCILACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.25						●		
8	SISTEMA ESTRUCTURA	BRAZO	LUBRICAR ARTICULACIONES	OPERANDO	MECÁNICA	0.15						●		
9	SISTEMA ESTRUCTURA	MUÑECA	LIMPIAR E INSPECCIONAR SUPERFICIE. VERIFICAR ACOPLAMIENTO CON BRAZO	PARADO	MECÁNICA	0.25						●		
10	SISTEMA ESTRUCTURA	MUÑECA	LUBRICAR ARTICULACIONES	OPERANDO	MECÁNICA	0.15						●		
11	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	ESTRUCTURA	VERIFICAR ESTADO DE ESTRUCTURA. VERIFICAR NIVELACIÓN Y CUADRATURA	PARADO	MECÁNICA	0.50						●		
12	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	ESTRUCTURA	INSPECCIONAR ELEMENTOS DE FIJACIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.50			●					
13	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	SENSORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE SENSORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
14	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	GENERADORES DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR GENERADOR DE VACÍO. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.25			●					
15	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	FILTROS DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTROS. EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.25			●					
16	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	VENTOSAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTOSAS. EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.40			●					
17	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE ELECTROVÁLVULAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
18	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	MANGUERAS Y CONECTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR CONECTORES Y MANGUERAS. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	0.25			●					
19	SISTEMA HERRAMIENTA DE BRAZO	PISTONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTONES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50			●					
20	SISTEMA DE MOVIMIENTO	CAJA REDUCTORA	LIMPIAR E INSPECCIONAR CAJA REDUCTORA. VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	PARADO	MECÁNICA	1.50							●	
21	SISTEMA DE MOVIMIENTO	CAJA REDUCTORA	MEDIR TEMPERATURA DE PAD	OPERANDO	MECÁNICA	0.15	●							
22	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 1	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
23	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 1	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO ORTOGONAL (TIPO O)	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
24	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 1	REVISAR FRENOS. COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
25	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 1	REVISAR ENCODER. REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
26	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 1	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
27	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 2	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
28	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 2	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO ORTOGONAL (TIPO O)	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
29	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 2	REVISAR FRENOS. COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
30	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 2	REVISAR ENCODER. REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
31	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 2	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
32	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 3	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.3.

Plan de mantenimiento del Brazo Robótico N° 1 (2 de 2)

PLAN DE MANTENIMIENTO - BRAZO ROBÓTICO N° 1														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
33	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 3	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO ROTACIONAL (TIPO R)	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
34	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 3	REVISAR FRENSOS. COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
35	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 3	REVISAR ENCODER. REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
36	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 3	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
37	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 4	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
38	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 4	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO ROTACIONAL (TIPO R)	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
39	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 4	REVISAR FRENSOS. COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
40	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 4	REVISAR ENCODER. REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
41	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 4	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
42	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 5	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
43	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 5	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO ROTACIONAL (TIPO V)	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
44	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 5	REVISAR FRENSOS. COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
45	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 5	REVISAR ENCODER. REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
46	SISTEMA DE MOVIMIENTO	SERVOMOTOR AXIS 5	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
47	SISTEMA NEUMÁTICO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELECTROVÁLVULAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.45			●					
48	SISTEMA NEUMÁTICO	MANGUERAS DE AIRE	LIMPIAR E INSPECCIONAR MANGUERAS DE AIRE	PARADO	MECÁNICA	0.25			●					
49	SISTEMA NEUMÁTICO	UNIDADES DE MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR UNIDADES DE MANTENIMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.15	●							
50	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50						●		
51	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	LIMPIAR E INSPECCIONAR TABLEROS ELÉCTRICOS. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	0.75						●		
52	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	5.00								●
53	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL	VERIFICAR HISTORIAL DE ALARMAS	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.25		●						
54	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPONENTES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
55	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	GENERAR BACK-UP DEL PROGRAMA DEL EQUIPO	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.50						●		
56	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	LIMPIAR E INSPECCIONAR PLC. EVALUAR CAMBIO DE BATERÍA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
57	SISTEMA ELÉCTRICO	VARIADORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR VARIADOR	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
58	SISTEMA ELÉCTRICO	CAJA DE CONEXIONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR CONEXIONES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
59	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
60	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
61	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.4.

Plan de mantenimiento de la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1 (1 de 4)

PLAN DE MANTENIMIENTO - MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
1	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	COLECTOR DE POLVO	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOLSA COLECTORA DE POLVO	PARADO	MECÁNICA	1.00			●					
2	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	ESCOBILLAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR ESCOBILLAS	PARADO	MECÁNICA	0.50				●				
3	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	ESCOBILLAS	LUBRICAR CADENA DE TRANSMISIÓN	OPERANDO	MECÁNICA	0.50				●				
4	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	ESCOBILLAS	LUBRICAR CHUMACERAS SOPORTE DE ESCOBILLAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.45				●				
5	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	ESCOBILLAS	INSPECCIONAR Y REGULAR ALTURA DE ESCOBILLAS RESPECTO AL VIDRIO	PARADO	MECÁNICA	1.00				●				
6	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	MOTORES ELÉCTRICOS	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORES. VERIFICAR AJUSTE DE BORNERAS	PARADO	ELÉCTRICA	1.50				●				
7	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	MOTORES ELÉCTRICOS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
8	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	RODILLOS DE ENTRADA	LIMPIAR E INSPECCIONAR RODILLOS. VERIFICAR PARALELISMO	PARADO	MECÁNICA	0.50				●				
9	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	RODILLOS DE ENTRADA	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CADENA DE TRANSMISIÓN	OPERANDO	MECÁNICA	0.75				●				
10	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	RODILLOS DE ENTRADA	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CHUMACERAS SOPORTE DE RODILLOS	OPERANDO	MECÁNICA	0.50				●				
11	SISTEMA DE DESEMPOLVADO DE VIDRIO	SENSORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50				●				
12	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	EQUIPO	TEST ALARMA: LIMIT SWITCH POSICIÓN EJE	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●			
13	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	MECANISMO DE POSICIONAMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MECANISMO DE POSICIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.30				●				
14	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	MECANISMO DE POSICIONAMIENTO	LIMPIAR Y LUBRICAR GUÍAS DE POSICIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50			●					
15	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	MECANISMO DE TRANSPORTE	LUBRICAR RODAMIENTOS DE LOS EJES IMPULSORES	OPERANDO	MECÁNICA	0.50							●	
16	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SENSORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50				●				
17	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	CENTRADOR DE STOPPER	INSPECCIONAR Y AJUSTAR ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	2.00					●			
18	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	PISTONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTONES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.75					●			
19	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE CENTRADO PV1-AXIS	INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.40							●	
20	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE CENTRADO PV1-AXIS	VERIFICAR PUNTO CERO DE SERVOMOTOR	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●				
21	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE CENTRADO PV1-AXIS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
22	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE CENTRADO PV2-AXIS	INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.40							●	
23	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE CENTRADO PV2-AXIS	VERIFICAR PUNTO CERO DE SERVOMOTOR	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●				
24	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE CENTRADO PV2-AXIS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
25	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE TRANSPORTE A2-AXIS	INSPECCIONAR ACOUPLE DE TRANSPORTE A2 / AXIS	PARADO	MECÁNICA	0.40		●						
26	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE TRANSPORTE A2-AXIS	INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.40							●	
27	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE TRANSPORTE A2-AXIS	VERIFICAR PUNTO CERO DE SERVOMOTOR	PARADO	ELÉCTRICA	0.25								
28	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	SERVOMOTOR DE TRANSPORTE A2-AXIS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
29	SISTEMA DE CORTE	CABEZAL DE CORTE	LIMPIAR E INSPECCIONAR SISTEMA DE CORTE. LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	1.50					●			
30	SISTEMA DE CORTE	CABEZAL DE CORTE	CALIBRAR MECANISMO DE CORTE	PARADO	MECÁNICA	2.00					●			
31	SISTEMA DE CORTE	CABEZAL DE CORTE	INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.33				●				
32	SISTEMA DE CORTE	CABEZAL DE CORTE	INSPECCIONAR Y AJUSTAR ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	1.00			●					

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.5.

Plan de mantenimiento de la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1 (2 de 4)

PLAN DE MANTENIMIENTO - MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
33	SISTEMA DE CORTE	CABEZAL DE CORTE	LUBRICAR CORONA REDUCTORA DE VELOCIDAD DEL EJE Z	PARADO	MECÁNICA	1.50						●	
34	SISTEMA DE CORTE	CABEZAL DE CORTE	LUBRICAR RODAMIENTO DEL EJE Z	PARADO	MECÁNICA	0.33					●		
35	SISTEMA DE CORTE	PISTONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTONES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.75					●		
36	SISTEMA DE CORTE	PISTONES	INSPECCIONAR REGULADORES DIGITALES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●		
37	SISTEMA DE CORTE	MESA DE CORTE	INSPECCIONAR TAPETE DE LA MESA	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
38	SISTEMA DE CORTE	MESA DE CORTE	INSPECCIONAR NIVEL DEL ACEITE DE CORTE	OPERANDO	MECÁNICA	0.15	●						
39	SISTEMA DE CORTE	MESA DE CORTE	LIMPIAR E INSPECCIONAR PUNTOS DE VACÍO	PARADO	MECÁNICA	1.00					●		
40	SISTEMA DE CORTE	MESA DE CORTE	LIMPIAR E INSPECCIONAR GENERADOR DE VACÍO	PARADO	MECÁNICA	1.00					●		
41	SISTEMA DE CORTE	SENSORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●		
42	SISTEMA DE CORTE	SERVOMOTOR DE CABEZAL	INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.33						●	
43	SISTEMA DE CORTE	SERVOMOTOR DE CABEZAL	VERIFICAR PUNTO CERO DE SERVOMOTOR	PARADO	ELÉCTRICA	0.33				●			
44	SISTEMA DE CORTE	SERVOMOTOR DE CABEZAL	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00							●
45	SISTEMA DE TRONCEO	CABEZAL DE TRONCEO	LIMPIAR E INSPECCIONAR SISTEMA DE TRONCEO. LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	1.50					●		
46	SISTEMA DE TRONCEO	CABEZAL DE TRONCEO	INSPECCIONAR Y VERIFICAR ALTURA DE CUCHILLA	PARADO	MECÁNICA	0.33				●			
47	SISTEMA DE TRONCEO	CABEZAL DE TRONCEO	INSPECCIONAR Y VERIFICAR ALTURA DE RODILLO	PARADO	MECÁNICA	0.25				●			
48	SISTEMA DE TRONCEO	CABEZAL DE TRONCEO	CALIBRAR MECANISMO DE TRONCEO.	PARADO	MECÁNICA	2.00					●		
49	SISTEMA DE TRONCEO	CABEZAL DE TRONCEO	INSPECCIONAR CABEZAL DE TRONCEO.	PARADO	MECÁNICA	0.33					●		
50	SISTEMA DE TRONCEO	CABEZAL DE TRONCEO	INSPECCIONAR Y LUBRICAR EJES DE TRONCEO	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
51	SISTEMA DE TRONCEO	CABEZAL DE TRONCEO	INSPECCIONAR Y LUBRICAR RIELES GUÍA DEL EJE Y	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
52	SISTEMA DE TRONCEO	MESA DE TRONCEO	CALIBRAR MESA DE TRONCEO	PARADO	MECÁNICA	4.00						●	
53	SISTEMA DE TRONCEO	MESA DE TRONCEO	INSPECCIONAR FAJA TRANSPORTADORA DE VIDRIO. VERIFICAR EMPALME	PARADO	MECÁNICA	2.00						●	
54	SISTEMA DE TRONCEO	MESA DE TRONCEO	INSPECCIONAR Y LUBRICAR RODAMIENTOS LINEALES	PARADO	MECÁNICA	1.00						●	
55	SISTEMA DE TRONCEO	MESA DE TRONCEO	LIMPIAR E INSPECCIONAR ESCOBILLAS	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		
56	SISTEMA DE TRONCEO	TRANSPORTADOR DE DESECHOS	INSPECCIONAR TRANSPORTADOR DE DESECHOS	PARADO	MECÁNICA	1.00					●		
57	SISTEMA DE TRONCEO	TRANSPORTADOR DE DESECHOS	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CADENA DE RODILLO TRANSPORTADOR	PARADO	MECÁNICA	0.33						●	
58	SISTEMA DE TRONCEO	TRANSPORTADOR DE DESECHOS	INSPECCIONAR Y LUBRICAR RIEL TENSIONADOR. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
59	SISTEMA DE TRONCEO	TRANSPORTADOR DE DESECHOS	INSPECCIONAR Y LUBRICAR RODAMIENTOS	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
60	SISTEMA DE TRONCEO	TRANSPORTADOR DE DESECHOS	INSPECCIONAR Y LUBRICAR MOTOR M27	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
61	SISTEMA DE TRONCEO	SENSORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	1.00				●			
62	SISTEMA DE TRONCEO	SERVOMOTORES (2)	INSPECCIONAR SERVOMOTORES. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.33					●		
63	SISTEMA DE TRONCEO	SERVOMOTOR DE CABEZAL	VERIFICAR PUNTO CERO DE SERVOMOTOR	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●		
64	SISTEMA DE TRONCEO	SERVOMOTOR DE CABEZAL	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00							●

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.6.

Plan de mantenimiento de la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1 (3 de 4)

PLAN DE MANTENIMIENTO - MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
65	SISTEMA DE PULIDO	ROTÁMETRO	LIMPIAR E INSPECCIONAR ROTÁMETRO	PARADO	MECÁNICA	2.00			●				
66	SISTEMA DE PULIDO	BOMBA DE ACEITE	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOMBA DE ACEITE	OPERANDO	MECÁNICA	0.25					●		
67	SISTEMA DE PULIDO	BOMBAS DE AGUA	INSPECCIONAR MANGUERAS DE SUCCIÓN Y DESCARGA DE AGUA. DESCARTAR FUGAS.	PARADO	MECÁNICA	3.00			●				
68	SISTEMA DE PULIDO	BOMBAS DE AGUA	INSPECCIONAR TUBERÍAS DE SUCCIÓN Y DESCARGA DE AGUA. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	0.25						●	
69	SISTEMA DE PULIDO	BOMBAS DE AGUA	INSPECCIONAR MANGUERA DE REFRIGERANTE DE EJE Z	PARADO	MECÁNICA	0.42				●			
70	SISTEMA DE PULIDO	BOMBAS DE AGUA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTRO DE SUCCIÓN	PARADO	MECÁNICA	1.00				●			
71	SISTEMA DE PULIDO	BOMBAS DE AGUA	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00						●	
72	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75				●			
73	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	CALIBRAR CABEZAL DE PULIDO.	PARADO	MECÁNICA	4.00				●			
74	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABEZAL DE PULIDO	PARADO	MECÁNICA	1.00				●			
75	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	LIMPIAR Y LUBRICAR GRINDING TOOL CHANGER	PARADO	MECÁNICA	0.33					●		
76	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	INSPECCIONAR Y LUBRICAR ENGRANAJE DEL EJE A	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		
77	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	LUBRICAR RODAMIENTO DE TCG RUNNER DEL EJE Z	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		
78	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	LIMPIAR E INSPECCIONAR REDUCTOR DE VELOCIDAD. VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
79	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	LIMPIAR Y LUBRICAR RIEL GUÍA DE TORNILLO DE BOLA DEL EJE C	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		
80	SISTEMA DE PULIDO	CABEZAL DE PULIDO	LUBRICAR RODAMIENTO DEL EJE Z	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		
81	SISTEMA DE PULIDO	DUCTO DE SUCCIÓN	INSPECCIONAR ANILLOS DE PLÁSTICO (RING RESIN)	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
82	SISTEMA DE PULIDO	DUCTO DE SUCCIÓN	INSPECCIONAR Y LUBRICAR RODILLOS GUÍAS.	PARADO	MECÁNICA	0.33				●			
83	SISTEMA DE PULIDO	DUCTO DE SUCCIÓN	INSPECCIONAR Y REGULAR NIVEL DEL DUCTO	PARADO	MECÁNICA	2.00				●			
84	SISTEMA DE PULIDO	SPINDLE MOTOR	INSPECCIONAR Y COMPROBACIÓN DE CENTRADO DEL EJE	PARADO	MECÁNICA	3.00				●			
85	SISTEMA DE PULIDO	ENFRIADOR DE AGUA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTRO DE AIRE	PARADO	MECÁNICA	0.25		●					
86	SISTEMA DE PULIDO	ENFRIADOR DE AGUA	LIMPIAR E INSPECCIONAR CONDENSADOR	PARADO	MECÁNICA	0.25		●					
87	SISTEMA DE PULIDO	ENFRIADOR DE AGUA	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL.	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00					●		
88	SISTEMA DE PULIDO	MECANISMO DRESSING	INSPECCIONAR Y CALIBRAR MECANISMO DRESSING.	PARADO	MECÁNICA	0.25		●					
89	SISTEMA DE PULIDO	MESA DE PULIDO	CALIBRAR MESA. VERIFICAR PUNTOS DE REFERENCIA	PARADO	MECÁNICA	2.00				●			
90	SISTEMA DE PULIDO	SOPORTE DE TRASLADO DE VIDRIO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MANIFOLD DE VACÍO. EVALUAR CAMBIO POR BACK UP	PARADO	MECÁNICA	1.50					●		
91	SISTEMA DE PULIDO	SOPORTE DE TRASLADO DE VIDRIO	INSPECCIONAR PRESOSTATOS DE VACÍO.	PARADO	MECÁNICA	0.50		●					
92	SISTEMA DE PULIDO	SOPORTE DE TRASLADO DE VIDRIO	INSPECCIONAR Y LUBRICAR COMPONENTES DE TRANSMISIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.50		●					
93	SISTEMA DE PULIDO	SOPORTE DE TRASLADO DE VIDRIO	INSPECCIONAR Y LUBRICAR RIELES DE ELEVACIÓN Y DESCENSO	PARADO	MECÁNICA	0.75					●		
94	SISTEMA DE PULIDO	VENTILADOR DE SUCCIÓN	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75					●		
95	SISTEMA DE PULIDO	VENTILADOR DE SUCCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
96	SISTEMA DE PULIDO	TANQUE DE SUCCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTROS. EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.7.

Plan de mantenimiento del Brazo Robótico N° 1 (4 de 4)

PLAN DE MANTENIMIENTO - MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
97	SISTEMA DE ROTACIÓN	MECANISMO DE ROTACIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE MOTORREDUCTORES. INSPECCIONAR DE NIVEL DE ACEITE	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
98	SISTEMA DE ROTACIÓN	MECANISMO DE ROTACIÓN	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CADENAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
99	SISTEMA DE ROTACIÓN	MECANISMO DE ROTACIÓN	LUBRICAR RODAMIENTOS DEL EJE IMPULSOR	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
100	SISTEMA DE ROTACIÓN	MECANISMO DE ROTACIÓN	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL DEL PISTÓN Y ROTADOR	PARADO	MECÁNICA	2.00							●
101	SISTEMA DE TRANSPORTE	MECANISMO DE TRANSPORTE	LIMPIAR E INSPECCIONAR MESA DE SALIDA.	PARADO	ELÉCTRICA	0.75			●				
102	SISTEMA DE TRANSPORTE	MECANISMO DE TRANSPORTE	LUBRICAR RODAMIENTOS	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
103	SISTEMA DE TRANSPORTE	MECANISMO DE TRANSPORTE	LUBRICAR RODAMIENTOS DEL EJE IMPULSOR	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
104	SISTEMA DE TRANSPORTE	MECANISMO DE TRASLACIÓN	INSPECCIONAR ACOPLERES DE EJES A2-C2-U2-V2	PARADO	MECÁNICA	2.00			●				
105	SISTEMA DE TRANSPORTE	MECANISMO DE TRASLACIÓN	INSPECCIONAR CABLE DE ALIMENTACIÓN A SERVOMOTOR	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●	
106	SISTEMA DE TRANSPORTE	MECANISMO DE TRASLACIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTORES	PARADO	ELÉCTRICA	1.50				●			
107	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	BOMBA DE LUBRICACIÓN AUTOMÁTICA	INSPECCIONAR BOMBA DE ACEITE. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
108	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	BOMBA DE LUBRICACIÓN AUTOMÁTICA	INSPECCIONAR BOMBA DE GRASA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50			●				
109	SISTEMA NEUMÁTICO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELECTROVÁLVULAS	PARADO	ELÉCTRICA	1.00			●				
110	SISTEMA NEUMÁTICO	MANGUERAS DE AIRE	LIMPIAR E INSPECCIONAR MANGUERAS DE AIRE	PARADO	MECÁNICA	0.50			●				
111	SISTEMA NEUMÁTICO	UNIDADES DE MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR UNIDADES DE MANTENIMIENTO. REGULAR PRESIÓN DE AIRE	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●				
112	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50						●	
113	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	LIMPIAR E INSPECCIONAR TABLEROS ELÉCTRICOS. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	1.50				●			
114	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	6.00							●
115	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	GENERAR EL BACK-UP DEL PROGRAMA DEL EQUIPO	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.33			●				
116	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	LIMPIAR E INSPECCIONAR PLC. EVALUAR CAMBIO DE BATERÍA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25							●
117	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO PRINCIPAL	LIMPIAR E INSPECCIONAR MODULO 301-MB BACKUP. EVALUAR CAMBIO DE BATERÍA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25							●
118	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO PRINCIPAL	LIMPIAR E INSPECCIONAR MODULO POWER MOTION. EVALUAR CAMBIO DE BATERÍA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25							●
119	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO DE CONTROL (PLC)	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPONENTES. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00				●			
120	SISTEMA ELÉCTRICO	VARIADORES FANUC	LIMPIAR E INSPECCIONAR VARIADOR.	PARADO	ELÉCTRICA	0.50				●			
121	SISTEMA ELÉCTRICO	VARIADORES FANUC	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVODRIVERS. EVALUAR CAMBIO DE BATERÍA	PARADO	ELÉCTRICA	0.33							●
122	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				
123	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●				
124	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.8.

Plan de mantenimiento de la Lavadora N° 1 de Vidrio Plano (1 de 2)

PLAN DE MANTENIMIENTO - LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO															
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO								
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A		
1	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTOR	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50									●
2	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR Y LUBRICAR PIÑONES, CADENA Y RODAMIENTOS	PARADO	MECÁNICA	0.75			●						
3	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS DE GOMA	LIMPIAR E INSPECCIONAR RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.00		●							
4	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS DE GOMA	VERIFICAR DIÁMETRO DE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.00					●				
5	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS DE GOMA	INSPECCIONAR NIVEL Y PARALELISMO ENTRE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.50								●	
6	SISTEMA DE TRANSPORTE	ENGRANAJES IMPULSORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR ENGRANAJES. VERIFICAR ESTADO	PARADO	MECÁNICA	0.75	●								
7	SISTEMA DE TRANSPORTE	ENGRANAJES IMPULSORES	LUBRICAR ENGRANAJES	OPERANDO	MECÁNICA	1.50			●						
8	SISTEMA DE TRANSPORTE	SENSORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES . PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75			●						
9	SISTEMA DE LAVADO	TANQUES DE AGUA	LIMPIAR E INSPECCIONAR TANQUES DE AGUA. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	0.75								●	
10	SISTEMA DE LAVADO	TANQUES DE AGUA	INSPECCIONAR SWITCH DE NIVEL, VÁLVULAS DE DRENAJE Y RUEDAS	PARADO	MECÁNICA	0.75			●						
11	SISTEMA DE LAVADO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50			●						
12	SISTEMA DE LAVADO	BOMBAS DE AGUA	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOMBAS DE AGUA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	1.50			●						
13	SISTEMA DE LAVADO	FILTROS DE AGUA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTROS DE AGUA. EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.50		●							
14	SISTEMA DE LAVADO	CALENTADORES DE AGUA	INSPECCIONAR CALENTADORES. VERIFICAR AJUSTE DE CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	0.30			●						
15	SISTEMA DE LAVADO	SENSORES DE TEMPERATURA	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES . PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●						
16	SISTEMA DE LAVADO	RODILLOS BRUSH	LIMPIAR E INSPECCIONAR RODILLOS BRUSH	PARADO	MECÁNICA	0.50		●							
17	SISTEMA DE LAVADO	RODILLOS BRUSH	VERIFICAR AJUSTE DE RODILLOS BRUSH	PARADO	MECÁNICA	0.50	●								
18	SISTEMA DE LAVADO	RODILLOS BRUSH	LUBRICAR SOPORTES LINEALES DE RODILLOS BRUSH	OPERANDO	MECÁNICA	0.50			●						
19	SISTEMA DE LAVADO	MOTORES DE RODILLO BRUSH	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75							●		
20	SISTEMA DE LAVADO	FAJAS DENTADAS	INSPECCIONAR ESTADO DE FAJAS. VERIFICAR AJUSTE	OPERANDO	MECÁNICA	0.50		●							
21	SISTEMA DE LAVADO	TUBERÍA DE JETS	LIMPIAR E INSPECCIONAR TUBERÍAS. DESCARTAR OBSTRUCCIONES	PARADO	MECÁNICA	0.25	●								
22	SISTEMA DE LAVADO	EJE DE TRACCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR EJE DE TRACCIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.30	●								
23	SISTEMA DE LAVADO	EJE DE TRACCIÓN	LUBRICAR EJE DE TRACCIÓN	OPERANDO	MECÁNICA	0.50			●						
24	SISTEMA DE LAVADO	EJE DE TRACCIÓN	VERIFICAR ALINEAMIENTO ENTRE EJES	PARADO	MECÁNICA	3.00									●
25	SISTEMA DE SECADO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	1.50								●	
26	SISTEMA DE SECADO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00									●
27	SISTEMA DE SECADO	VENTILADOR	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50								●	
28	SISTEMA DE SECADO	MOTOR ELÉCTRICO - VENTILADOR	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75								●	
29	SISTEMA DE SECADO	DIFUSORES DE AIRES	LIMPIAR E INSPECCIONAR RANURAS. DESCARTAR OBSTRUCCIONES	PARADO	MECÁNICA	0.50		●							
30	SISTEMA DE SECADO	FILTROS DE AIRE	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTROS. EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.25		●							
31	SISTEMA DE SECADO	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR UNIDAD DE MANTENIMIENTO. VERIFICAR PRESIÓN DE AIRE	OPERANDO	MECÁNICA	0.20		●							
32	SISTEMA DE SECADO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50			●						

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.9.

Plan de mantenimiento de la Lavadora N° 1 de Vidrio Plano (2 de 2)

PLAN DE MANTENIMIENTO - LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
33	SISTEMA DE SECADO	TRANSDUCTOR DE ESPESOR	LIMPIAR E INSPECCIONAR TRANSDUCTOR DE ESPESOR. CALIBRAR CON VIDRIO PATRÓN	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●	
34	SISTEMA DE SECADO	EJE CARDAN	LIMPIAR E INSPECCIONAR EJE CARDAN	PARADO	MECÁNICA	0.40			●				
35	SISTEMA DE SECADO	EJE CARDAN	LUBRICAR EJE CARDAN	PARADO	MECÁNICA	1.00			●				
36	SISTEMA DE SECADO	LIMIT SWITCH	LIMPIAR E INSPECCIONAR LIMIT SWITCH. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●				
37	SISTEMA ELÉCTRICO	PLC	DESCARGAR BACK-UP DEL PROGRAMA PLC	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.50				●			
38	SISTEMA ELÉCTRICO	PLC	LIMPIAR E INSPECCIONAR PLC. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●				
39	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL (HMI)	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DE CONTROL. REVISAR REGISTRO DE ALARMAS	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.25			●				
40	SISTEMA ELÉCTRICO	VARIADORES DE VELOCIDAD	LIMPIAR E INSPECCIONAR VARIADOR. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50				●			
41	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPONENTES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	1.50					●		
42	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50					●		
43	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	5.00						●	
44	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				
45	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●				
46	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.10.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 1 (1 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
1	SISTEMA ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	LIMPIAR E INSPECCIONAR ESTRUCTURA	PARADO	MECÁNICA	0.75			●				
2	SISTEMA ESTRUCTURA	PERNOS DE CIMENTACIÓN	INSPECCIONAR PERNOS DE CIMENTACIÓN, VERIFICAR AJUSTE	OPERANDO	MECÁNICA	0.50				●			
3	SISTEMA ESTRUCTURA	ELEMENTOS DE FIJACIÓN	INSPECCIONAR ELEMENTOS DE FIJACIÓN, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	1.00				●			
4	SISTEMA ESTRUCTURA	MESA DE IMPRESIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR MESA DE IMPRESIÓN, VERIFICAR NIVELACIÓN	PARADO	MECÁNICA	1.50			●				
5	SISTEMA BORDE A BORDE	SENSORES	INSPECCIONAR SENSORES INDUCTIVOS / MAGNÉTICOS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				
6	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR, COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50				●			
7	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL EJE "X"	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
8	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REVISAR FRENOS, COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
9	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REVISAR ENCODER, REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
10	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50							●
11	SISTEMA BORDE A BORDE	ACOPLE (EJE "X")	INSPECCIONAR ACOUPLE, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.20				●			
12	SISTEMA BORDE A BORDE	GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO (EJE "X")	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
13	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR, COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50				●			
14	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL EJE "Y"	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
15	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REVISAR FRENOS, COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
16	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REVISAR ENCODER, REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
17	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50							●
18	SISTEMA BORDE A BORDE	ACOPLE (EJE "Y")	INSPECCIONAR ACOUPLE, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.20				●			
19	SISTEMA BORDE A BORDE	GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO (EJE "Y")	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
20	SISTEMA BORDE A BORDE	BOQUILLAS DE SUCCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS LINEALES DE BOQUILLA DE SUCCIÓN, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.75				●			
21	SISTEMA BORDE A BORDE	BOQUILLAS DE SUCCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOQUILLA DE SUCCIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.75		●					
22	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO, VERIFICAR AJUSTE DE BORNERAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
23	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00							●
24	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOMBA DE VACÍO, VERIFICAR ESTADO DE ESTRUCTURA	PARADO	MECÁNICA	0.20			●				
25	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00							●
26	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTRO Y COLECTOR, EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
27	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO - BOMBA DE VACÍO	REALIZAR ANÁLISIS TERMÓGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50				●			
28	SISTEMA DE VACÍO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE ELECTROVÁLVULAS, PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
29	SISTEMA DE VACÍO	INDICADORES DIGITALES DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR INDICADORES DIGITALES, CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	1.00				●			
30	SISTEMA DE VACÍO	COMPUERTAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPUERTAS, VERIFICAR APERTURA Y CIERRE	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
31	SISTEMA DE CABEZAL	CABEZAL DE MALLA	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABEZAL, CALIBRAR	PARADO	ELÉCTRICA	2.50			●				
32	SISTEMA DE CABEZAL	CABEZAL PRINCIPAL	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABEZAL, CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	2.50			●				

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.11.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 1 (2 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 1														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
33	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
34	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
35	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REVISAR FRENOS. COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
36	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REVISAR ENCODER. REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
37	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50								●
38	SISTEMA DE CABEZAL	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
39	SISTEMA DE CABEZAL	MÓDULOS DE COMUNICACIÓN	INSPECCIONAR MÓDULOS DE COMUNICACIÓN. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
40	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS TIPO CUCHILLA	LIMPIAR E INSPECCIONAR JUNTAS. VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.40						●		
41	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS TIPO CUCHILLA	INSPECCIONAR JUEGO ENTRE UNIDADES TRANSVERSALES Y EJES RANURADOS	PARADO	MECÁNICA	0.40							●	
42	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS UNIVERSALES	LIMPIAR E INSPECCIONAR JUNTAS. VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.40						●		
43	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS UNIVERSALES	INSPECCIONAR JUEGO ENTRE UNIDADES TRANSVERSALES Y EJES RANURADOS	PARADO	MECÁNICA	0.75						●		
44	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	LIMPIAR E INSPECCIONAR REDUCTORES DE VELOCIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	1.25							●	
45	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	CONTROLAR NIVEL DE ACEITE	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●					
46	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	1.50								●
47	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	ELEVADORES / TORNILLOS SIN FIN	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELEVADORES Y TORNILLOS SIN FIN. LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	2.00							●	
48	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	ELEVADORES / TORNILLOS SIN FIN	CONTROLAR NIVEL DE ACEITE	OPERANDO	MECÁNICA	1.00			●					
49	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO. VERIFICAR AJUSTE DE BORNERAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.20						●		
50	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
51	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTORREDUCTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●		
52	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTORREDUCTORES	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
53	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
54	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
55	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR Y LUBRICAR PIÑONES, CADENA Y RODAMIENTOS	PARADO	MECÁNICA	0.60			●					
56	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.45						●		
57	SISTEMA DE TRANSPORTE	FAJA TRANSPORTADORA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FAJA DE TRANSPORTE. VERIFICAR EMPALME	PARADO	MECÁNICA	0.75				●				
58	SISTEMA DE TRANSPORTE	SENSORES DE POSICIONAMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75						●		
59	SISTEMA DE TRANSPORTE	TOPE DE CENTRADO	LIMPIAR E INSPECCIONAR TOPE DE CENTRADO. CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	0.50			●					
60	SISTEMA DE TRANSPORTE	TOPE DE CENTRADO	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE TOPE DE CENTRADO. LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.75				●				
61	SISTEMA DE TRANSPORTE	FINALES DE CARRERA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FINALES DE CARRERA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.40			●					
62	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75						●		
63	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	LIMPIAR E INSPECCIONAR TABLEROS ELÉCTRICOS. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●		
64	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	CALIBRAR FUSIBLES. VERIFICAR VALOR EN PLANOS ELÉCTRICOS	PARADO	ELÉCTRICA	1.00								●

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.12.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 1 (3 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 1														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
65	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	INSPECCIONAR LUCES INTERNAS, PULSADORES Y SELECTORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
66	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	INSPECCIONAR LÁMPARAS DE SEÑALIZACIÓN DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
67	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	VERIFICAR AISLAMIENTOS DE CABLES R-S-T-N	PARADO	ELÉCTRICA	0.45			●					
68	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
69	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	GENERAR BACK-UP DEL PROGRAMA DEL EQUIPO	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.50					●			
70	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	LIMPIAR E INSPECCIONAR MÓDULOS PLC. EVALUAR CAMBIO DE BATERÍA	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●			
71	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL	LIMPIAR E INSPECCIONAR PANEL DE CONTROL. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	0.15					●			
72	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL	INSPECCIONAR LUCES INTERNAS, PULSADORES Y SELECTORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.30					●			
73	SISTEMA ELÉCTRICO	CAJA DE CONEXIONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE CONEXIONES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
74	SISTEMA NEUMÁTICO	VÁLVULA DE BOLA	INSPECCIONAR VÁLVULA DE BOLA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
75	SISTEMA NEUMÁTICO	PISTONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTONES. VERIFICAR AJUSTE DE BASE	PARADO	MECÁNICA	1.00							●	
76	SISTEMA NEUMÁTICO	MANGUERAS DE AIRE	LIMPIAR E INSPECCIONAR MANGUERAS. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	0.60							●	
77	SISTEMA NEUMÁTICO	SILENCIADORES	INSPECCIONAR ESTADO DE LOS SILENCIADORES. VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
78	SISTEMA NEUMÁTICO	MANÓMETROS	INSPECCIONAR MANÓMETROS. VERIFICAR OPERATIVIDAD	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
79	SISTEMA NEUMÁTICO	MÓDULOS DE ELECTROVÁLVULAS	INSPECCIONAR MÓDULOS DE ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	1.00					●			
80	SISTEMA NEUMÁTICO	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR UNIDAD DE MANTENIMIENTO. VERIFICAR PRESIÓN DE AIRE	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●					
81	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
82	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
83	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.13.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 2 (1 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 2													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
1	SISTEMA ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	LIMPIAR E INSPECCIONAR ESTRUCTURA	PARADO	MECÁNICA	0.75			●				
2	SISTEMA ESTRUCTURA	PERNOS DE CIMENTACIÓN	INSPECCIONAR PERNOS DE CIMENTACIÓN, VERIFICAR AJUSTE	OPERANDO	MECÁNICA	0.50				●			
3	SISTEMA ESTRUCTURA	ELEMENTOS DE FIJACIÓN	INSPECCIONAR ELEMENTOS DE FIJACIÓN, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	1.00				●			
4	SISTEMA ESTRUCTURA	MESA DE IMPRESIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR MESA DE IMPRESIÓN, VERIFICAR NIVELACIÓN	PARADO	MECÁNICA	1.50			●				
5	SISTEMA BORDE A BORDE	SENSORES	INSPECCIONAR SENSORES INDUCTIVOS / MAGNÉTICOS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				
6	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR, COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50				●			
7	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL EJE "X"	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
8	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REVISAR FRENSOS, COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
9	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REVISAR ENCODER, REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
10	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50							●
11	SISTEMA BORDE A BORDE	ACOPLE (EJE "X")	INSPECCIONAR ACOUPLE, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.20				●			
12	SISTEMA BORDE A BORDE	GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO (EJE "X")	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
13	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR, COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50				●			
14	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL EJE "Y"	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
15	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REVISAR FRENSOS, COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
16	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REVISAR ENCODER, REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25				●			
17	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50							●
18	SISTEMA BORDE A BORDE	ACOPLE (EJE "Y")	INSPECCIONAR ACOUPLE, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.20				●			
19	SISTEMA BORDE A BORDE	GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO (EJE "Y")	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
20	SISTEMA BORDE A BORDE	BOQUILLAS DE SUCCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS LINEALES DE BOQUILLA DE SUCCIÓN, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.75				●			
21	SISTEMA BORDE A BORDE	BOQUILLAS DE SUCCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOQUILLA DE SUCCIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.75		●					
22	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO, VERIFICAR AJUSTE DE BORNERAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
23	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00							●
24	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOMBA DE VACÍO, VERIFICAR ESTADO DE ESTRUCTURA	PARADO	MECÁNICA	0.20			●				
25	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00							●
26	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTRO Y COLECTOR, EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
27	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO - BOMBA DE VACÍO	REALIZAR ANÁLISIS TERMÓGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50				●			
28	SISTEMA DE VACÍO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE ELECTROVÁLVULAS, PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
29	SISTEMA DE VACÍO	INDICADORES DIGITALES DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR INDICADORES DIGITALES, CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	1.00				●			
30	SISTEMA DE VACÍO	COMPUERTAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPUERTAS, VERIFICAR APERTURA Y CIERRE	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
31	SISTEMA DE CABEZAL	CABEZAL DE MALLA	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABEZAL, CALIBRAR	PARADO	ELÉCTRICA	2.50			●				
32	SISTEMA DE CABEZAL	CABEZAL PRINCIPAL	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABEZAL, CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	2.50			●				

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.14.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 2 (2 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 2														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
33	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
34	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
35	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REVISAR FRENSOS. COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
36	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REVISAR ENCODER. REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
37	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50								●
38	SISTEMA DE CABEZAL	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
39	SISTEMA DE CABEZAL	MÓDULOS DE COMUNICACIÓN	INSPECCIONAR MÓDULOS DE COMUNICACIÓN. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
40	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS TIPO CUCHILLA	LIMPIAR E INSPECCIONAR JUNTAS. VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.40						●		
41	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS TIPO CUCHILLA	INSPECCIONAR JUEGO ENTRE UNIDADES TRANSVERSALES Y EJES RANURADOS	PARADO	MECÁNICA	0.40							●	
42	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS UNIVERSALES	LIMPIAR E INSPECCIONAR JUNTAS. VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.40						●		
43	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS UNIVERSALES	INSPECCIONAR JUEGO ENTRE UNIDADES TRANSVERSALES Y EJES RANURADOS	PARADO	MECÁNICA	0.75						●		
44	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	LIMPIAR E INSPECCIONAR REDUCTORES DE VELOCIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	1.25							●	
45	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	CONTROLAR NIVEL DE ACEITE	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●					
46	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	1.50								●
47	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	ELEVADORES / TORNILLOS SIN FIN	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELEVADORES Y TORNILLOS SIN FIN. LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	2.00							●	
48	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	ELEVADORES / TORNILLOS SIN FIN	CONTROLAR NIVEL DE ACEITE	OPERANDO	MECÁNICA	1.00			●					
49	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO. VERIFICAR AJUSTE DE BORNERAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.20						●		
50	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
51	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTORREDUCTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●		
52	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTORREDUCTORES	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
53	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
54	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
55	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR Y LUBRICAR PIÑONES, CADENA Y RODAMIENTOS	PARADO	MECÁNICA	0.60			●					
56	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.45						●		
57	SISTEMA DE TRANSPORTE	FAJA TRANSPORTADORA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FAJA DE TRANSPORTE. VERIFICAR EMPALME	PARADO	MECÁNICA	0.75						●		
58	SISTEMA DE TRANSPORTE	SENSORES DE POSICIONAMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75						●		
59	SISTEMA DE TRANSPORTE	TOPE DE CENTRADO	LIMPIAR E INSPECCIONAR TOPE DE CENTRADO. CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	0.50			●					
60	SISTEMA DE TRANSPORTE	TOPE DE CENTRADO	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE TOPE DE CENTRADO. LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.75						●		
61	SISTEMA DE TRANSPORTE	FINALES DE CARRERA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FINALES DE CARRERA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.40			●					
62	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75						●		
63	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	LIMPIAR E INSPECCIONAR TABLEROS ELÉCTRICOS. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●		
64	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	CALIBRAR FUSIBLES. VERIFICAR VALOR EN PLANOS ELÉCTRICOS	PARADO	ELÉCTRICA	1.00								●

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.15.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 2 (3 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 2														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
65	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	INSPECCIONAR LUCES INTERNAS, PULSADORES Y SELECTORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
66	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	INSPECCIONAR LÁMPARAS DE SEÑALIZACIÓN DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
67	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	VERIFICAR AISLAMIENTOS DE CABLES R-S-T-N	PARADO	ELÉCTRICA	0.45			●					
68	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
69	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	GENERAR BACK-UP DEL PROGRAMA DEL EQUIPO	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.50						●		
70	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	LIMPIAR E INSPECCIONAR MÓDULOS PLC. EVALUAR CAMBIO DE BATERÍA	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
71	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL	LIMPIAR E INSPECCIONAR PANEL DE CONTROL. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	0.15						●		
72	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL	INSPECCIONAR LUCES INTERNAS, PULSADORES Y SELECTORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.30						●		
73	SISTEMA ELÉCTRICO	CAJA DE CONEXIONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE CONEXIONES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
74	SISTEMA NEUMÁTICO	VÁLVULA DE BOLA	INSPECCIONAR VÁLVULA DE BOLA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
75	SISTEMA NEUMÁTICO	PISTONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTONES. VERIFICAR AJUSTE DE BASE	PARADO	MECÁNICA	1.00							●	
76	SISTEMA NEUMÁTICO	MANGUERAS DE AIRE	LIMPIAR E INSPECCIONAR MANGUERAS. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	0.60							●	
77	SISTEMA NEUMÁTICO	SILENCIADORES	INSPECCIONAR ESTADO DE LOS SILENCIADORES. VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
78	SISTEMA NEUMÁTICO	MANÓMETROS	INSPECCIONAR MANÓMETROS. VERIFICAR OPERATIVIDAD	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
79	SISTEMA NEUMÁTICO	MÓDULOS DE ELECTROVÁLVULAS	INSPECCIONAR MÓDULOS DE ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	1.00						●		
80	SISTEMA NEUMÁTICO	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR UNIDAD DE MANTENIMIENTO. VERIFICAR PRESIÓN DE AIRE	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●					
81	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
82	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
83	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.16.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 3 (1 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 3														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
1	SISTEMA ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	LIMPIAR E INSPECCIONAR ESTRUCTURA	PARADO	MECÁNICA	0.75			●					
2	SISTEMA ESTRUCTURA	PERNOS DE CIMENTACIÓN	INSPECCIONAR PERNOS DE CIMENTACIÓN, VERIFICAR AJUSTE	OPERANDO	MECÁNICA	0.50					●			
3	SISTEMA ESTRUCTURA	ELEMENTOS DE FIJACIÓN	INSPECCIONAR ELEMENTOS DE FIJACIÓN, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	1.00					●			
4	SISTEMA ESTRUCTURA	MESA DE IMPRESIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR MESA DE IMPRESIÓN, VERIFICAR NIVELACIÓN	PARADO	MECÁNICA	1.50			●					
5	SISTEMA BORDE A BORDE	SENSORES	INSPECCIONAR SENSORES INDUCTIVOS / MAGNÉTICOS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
6	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR, COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●			
7	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL EJE "X"	PARADO	ELÉCTRICA	0.25					●			
8	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REVISAR FRENSOS, COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25					●			
9	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REVISAR ENCODER, REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25					●			
10	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "X")	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50								●
11	SISTEMA BORDE A BORDE	ACOPLE (EJE "X")	INSPECCIONAR ACOUPLE, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.20					●			
12	SISTEMA BORDE A BORDE	GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO (EJE "X")	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.50					●			
13	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR, COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●			
14	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL EJE "Y"	PARADO	ELÉCTRICA	0.25					●			
15	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REVISAR FRENSOS, COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25					●			
16	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REVISAR ENCODER, REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25					●			
17	SISTEMA BORDE A BORDE	SERVOMOTOR (EJE "Y")	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50								●
18	SISTEMA BORDE A BORDE	ACOPLE (EJE "Y")	INSPECCIONAR ACOUPLE, VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.20					●			
19	SISTEMA BORDE A BORDE	GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO (EJE "Y")	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE DESPLAZAMIENTO, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.50					●			
20	SISTEMA BORDE A BORDE	BOQUILLAS DE SUCCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS LINEALES DE BOQUILLA DE SUCCIÓN, LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.75					●			
21	SISTEMA BORDE A BORDE	BOQUILLAS DE SUCCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOQUILLA DE SUCCIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.75		●						
22	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO, VERIFICAR AJUSTE DE BORNERAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.75					●			
23	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
24	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOMBA DE VACÍO, VERIFICAR ESTADO DE ESTRUCTURA	PARADO	MECÁNICA	0.20				●				
25	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00								●
26	SISTEMA DE VACÍO	BOMBA DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTRO Y COLECTOR, EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.25			●					
27	SISTEMA DE VACÍO	MOTOR ELÉCTRICO - BOMBA DE VACÍO	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50					●			
28	SISTEMA DE VACÍO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE ELECTROVÁLVULAS, PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75					●			
29	SISTEMA DE VACÍO	INDICADORES DIGITALES DE VACÍO	LIMPIAR E INSPECCIONAR INDICADORES DIGITALES, CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	1.00					●			
30	SISTEMA DE VACÍO	COMPUERTAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPUERTAS, VERIFICAR APERTURA Y CIERRE	PARADO	MECÁNICA	0.50					●			
31	SISTEMA DE CABEZAL	CABEZAL DE MALLA	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABEZAL, CALIBRAR	PARADO	ELÉCTRICA	2.50				●				
32	SISTEMA DE CABEZAL	CABEZAL PRINCIPAL	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABEZAL, CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	2.50				●				

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.17.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 3 (2 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 3														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
33	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	LIMPIAR E INSPECCIONAR SERVOMOTOR. COMPROBAR PARÁMETROS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
34	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	PROBAR FUNCIONAMIENTO - MOVIMIENTO LINEAL	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
35	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REVISAR FRENSOS. COMPROBAR EL PAR DE FRENADO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
36	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REVISAR ENCODER. REALIZAR TEST DE PRUEBA	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
37	SISTEMA DE CABEZAL	SERVOMOTOR (CABEZAL PRINCIPAL)	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50								●
38	SISTEMA DE CABEZAL	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25						●		
39	SISTEMA DE CABEZAL	MÓDULOS DE COMUNICACIÓN	INSPECCIONAR MÓDULOS DE COMUNICACIÓN. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
40	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS TIPO CUCHILLA	LIMPIAR E INSPECCIONAR JUNTAS. VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.40						●		
41	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS TIPO CUCHILLA	INSPECCIONAR JUEGO ENTRE UNIDADES TRANSVERSALES Y EJES RANURADOS	PARADO	MECÁNICA	0.40							●	
42	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS UNIVERSALES	LIMPIAR E INSPECCIONAR JUNTAS. VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.40						●		
43	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	JUNTAS UNIVERSALES	INSPECCIONAR JUEGO ENTRE UNIDADES TRANSVERSALES Y EJES RANURADOS	PARADO	MECÁNICA	0.75						●		
44	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	LIMPIAR E INSPECCIONAR REDUCTORES DE VELOCIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	1.25							●	
45	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	CONTROLAR NIVEL DE ACEITE	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●					
46	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	REDUCTORES DE VELOCIDAD	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	1.50								●
47	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	ELEVADORES / TORNILLOS SIN FIN	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELEVADORES Y TORNILLOS SIN FIN. LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	2.00							●	
48	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	ELEVADORES / TORNILLOS SIN FIN	CONTROLAR NIVEL DE ACEITE	OPERANDO	MECÁNICA	1.00			●					
49	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO. VERIFICAR AJUSTE DE BORNERAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.20						●		
50	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
51	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTORREDUCTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●		
52	SISTEMA DE SERIGRAFIADO	MOTORREDUCTORES	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
53	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
54	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
55	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR Y LUBRICAR PIÑONES, CADENA Y RODAMIENTOS	PARADO	MECÁNICA	0.60			●					
56	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.45						●		
57	SISTEMA DE TRANSPORTE	FAJA TRANSPORTADORA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FAJA DE TRANSPORTE. VERIFICAR EMPALME	PARADO	MECÁNICA	0.75				●				
58	SISTEMA DE TRANSPORTE	SENSORES DE POSICIONAMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR SENSORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75						●		
59	SISTEMA DE TRANSPORTE	TOPE DE CENTRADO	LIMPIAR E INSPECCIONAR TOPE DE CENTRADO. CALIBRAR	PARADO	MECÁNICA	0.50			●					
60	SISTEMA DE TRANSPORTE	TOPE DE CENTRADO	LIMPIAR E INSPECCIONAR GUÍAS DE TOPE DE CENTRADO. LUBRICAR	PARADO	MECÁNICA	0.75				●				
61	SISTEMA DE TRANSPORTE	FINALES DE CARRERA	LIMPIAR E INSPECCIONAR FINALES DE CARRERA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.40			●					
62	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75						●		
63	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	LIMPIAR E INSPECCIONAR TABLEROS ELÉCTRICOS. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●		
64	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	CALIBRAR FUSIBLES. VERIFICAR VALOR EN PLANOS ELÉCTRICOS	PARADO	ELÉCTRICA	1.00								●

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.18.

Plan de mantenimiento de la Impresora de Vidrio N° 3 (3 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - IMPRESORA DE VIDRIO N° 3														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
65	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	INSPECCIONAR LUCES INTERNAS, PULSADORES Y SELECTORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
66	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	INSPECCIONAR LÁMPARAS DE SEÑALIZACIÓN DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
67	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	VERIFICAR AISLAMIENTOS DE CABLES R-S-T-N	PARADO	ELÉCTRICA	0.45			●					
68	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00								●
69	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	GENERAR BACK-UP DEL PROGRAMA DEL EQUIPO	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.50					●			
70	SISTEMA ELÉCTRICO	MODULO CPU (PLC)	LIMPIAR E INSPECCIONAR MÓDULOS PLC. EVALUAR CAMBIO DE BATERÍA	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●			
71	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL	LIMPIAR E INSPECCIONAR PANEL DE CONTROL. VERIFICAR AJUSTE DE COMPONENTES	PARADO	ELÉCTRICA	0.15					●			
72	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL	INSPECCIONAR LUCES INTERNAS, PULSADORES Y SELECTORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.30					●			
73	SISTEMA ELÉCTRICO	CAJA DE CONEXIONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR DE CONEXIONES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
74	SISTEMA NEUMÁTICO	VÁLVULA DE BOLA	INSPECCIONAR VÁLVULA DE BOLA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
75	SISTEMA NEUMÁTICO	PISTONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTONES. VERIFICAR AJUSTE DE BASE	PARADO	MECÁNICA	1.00							●	
76	SISTEMA NEUMÁTICO	MANGUERAS DE AIRE	LIMPIAR E INSPECCIONAR MANGUERAS. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	0.60							●	
77	SISTEMA NEUMÁTICO	SILENCIADORES	INSPECCIONAR ESTADO DE LOS SILENCIADORES. VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
78	SISTEMA NEUMÁTICO	MANÓMETROS	INSPECCIONAR MANÓMETROS. VERIFICAR OPERATIVIDAD	PARADO	MECÁNICA	0.50							●	
79	SISTEMA NEUMÁTICO	MÓDULOS DE ELECTROVÁLVULAS	INSPECCIONAR MÓDULOS DE ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	1.00					●			
80	SISTEMA NEUMÁTICO	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR UNIDAD DE MANTENIMIENTO. VERIFICAR PRESIÓN DE AIRE	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●					
81	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
82	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
83	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.19.

Plan de mantenimiento del Horno de Vitrificado N° 1 (1 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - HORNO DE VITRIFICADO N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
1	SISTEMA DE ELEVACIÓN DE COMPUERTAS	MOTORREDUCTORES (7 CABINAS)	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES. VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	PARADO	MECÁNICA	3.50					●		
2	SISTEMA DE ELEVACIÓN DE COMPUERTAS	MOTORREDUCTORES (7 CABINAS)	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	14.00							●
3	SISTEMA DE ELEVACIÓN DE COMPUERTAS	SISTEMAS DE TRANSMISIÓN (7 CABINAS)	LIMPIAR E INSPECCIONAR PIÑONES, CADENAS Y CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	1.75					●		
4	SISTEMA DE ELEVACIÓN DE COMPUERTAS	SISTEMAS DE TRANSMISIÓN (7 CABINAS)	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.75			●				
5	SISTEMA DE ELEVACIÓN DE COMPUERTAS	EJES DE TRANSMISIÓN (4 POR CABINA)	INSPECCIONAR ESTADO DE EJES. VERIFICAR ACOPLAMIENTOS	PARADO	MECÁNICA	1.50				●			
6	SISTEMA DE ELEVACIÓN DE COMPUERTAS	CAJAS DE TRANSMISIÓN (4 POR CABINA)	LIMPIAR E INSPECCIONAR CAJA DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	PARADO	MECÁNICA	1.50				●			
7	SISTEMA DE ELEVACIÓN DE COMPUERTAS	POSTES DE ELEVACIÓN (4 POR CABINA)	INSPECCIONAR Y LUBRICAR EJE ROSCADO. VERIFICAR ESTADO DE COLLARINES	OPERANDO	MECÁNICA	1.50				●			
8	SISTEMA DE ELEVACIÓN DE COMPUERTAS	FINALES DE CARRERA (4 POR CABINA)	LIMPIAR E INSPECCIONAR FINALES DE CARRERA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●		
9	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTOR - ZONA DE INGRESO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	OPERANDO	MECÁNICA	0.50					●		
10	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTOR - ZONA DE INGRESO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.00							●
11	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN INTERNO - ZONA DE INGRESO	LIMPIAR E INSPECCIONAR PIÑONES, CADENAS Y CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
12	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN INTERNO - ZONA DE INGRESO	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.15			●				
13	SISTEMA DE TRANSPORTE	CAJAS DE TRANSMISIÓN A 90° - ZONA DE INGRESO	LIMPIAR E INSPECCIONAR CAJA DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	PARADO	MECÁNICA	0.25				●			
14	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN EXTERNO - ZONA DE INGRESO	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS, FAJAS CIRCULARES Y CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	0.25				●			
15	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN EXTERNO - ZONA DE INGRESO	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.15			●				
16	SISTEMA DE TRANSPORTE	TRANSDUCTOR ROTATIVO (ENCODER) - ZONA DE INGRESO	INSPECCIONAR ENCODER. PROBAR FUNCIONAMIENTO. USAR OSCILOSCOPIO	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		
17	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS - ZONA DE INGRESO	LIMPIAR E INSPECCIONAR RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	0.50		●					
18	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS - ZONA DE INGRESO	VERIFICAR DIÁMETRO DE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	0.75					●		
19	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS - ZONA DE INGRESO	INSPECCIONAR NIVEL Y PARALELISMO ENTRE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.50						●	
20	SISTEMA DE TRANSPORTE	SWITCH ÓPTICO - ZONA DE INGRESO	LIMPIAR E INSPECCIONAR SWITCH ÓPTICO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25	●						
21	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES (7 CABINAS)	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	OPERANDO	MECÁNICA	3.50					●		
22	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES (7 CABINAS)	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	14.00							●
23	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN INTERNO (7 CABINAS)	LIMPIAR E INSPECCIONAR PIÑONES, CADENAS Y CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	1.00					●		
24	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN INTERNO (7 CABINAS)	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	1.00			●				
25	SISTEMA DE TRANSPORTE	CAJAS DE TRANSMISIÓN A 90° (7 CABINAS)	LIMPIAR E INSPECCIONAR CAJA DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	PARADO	MECÁNICA	1.50				●			
26	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN EXTERNO (7 CABINAS)	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS, FAJAS CIRCULARES Y CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	0.75				●			
27	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN EXTERNO (7 CABINAS)	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	1.00			●				
28	SISTEMA DE TRANSPORTE	TRANSDUCTOR ROTATIVO (7 CABINAS)	INSPECCIONAR ENCODER. PROBAR FUNCIONAMIENTO. USAR OSCILOSCOPIO	PARADO	MECÁNICA	1.50					●		
29	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS (7 CABINAS)	LIMPIAR E INSPECCIONAR RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.50		●					
30	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS (7 CABINAS)	VERIFICAR DIÁMETRO DE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.50					●		
31	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS (7 CABINAS)	INSPECCIONAR NIVEL Y PARALELISMO ENTRE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.00						●	
32	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTOR - ZONA DE SALIDA	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.20.

Plan de mantenimiento del Horno de Vitrificado N° 1 (2 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - HORNO DE VITRIFICADO N° 1															
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO								
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A		
33	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTOR - ZONA DE SALIDA	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.00									●
34	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN INTERNO - ZONA DE SALIDA	LIMPIAR E INSPECCIONAR PIÑONES, CADENAS Y CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	0.50					●				
35	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN INTERNO - ZONA DE SALIDA	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.15			●						
36	SISTEMA DE TRANSPORTE	CAJAS DE TRANSMISIÓN A 90° - ZONA DE SALIDA	LIMPIAR E INSPECCIONAR CAJA DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR NIVEL DE ACEITE	PARADO	MECÁNICA	0.25				●					
37	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN EXTERNO - ZONA DE SALIDA	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS, FAJAS CIRCULARES Y CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	0.25				●					
38	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN EXTERNO - ZONA DE SALIDA	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.15			●						
39	SISTEMA DE TRANSPORTE	TRANSDUCTOR ROTATIVO (ENCODER) - ZONA DE SALIDA	INSPECCIONAR ENCODER. PROBAR FUNCIONAMIENTO. USAR OSCILOSCOPIO	PARADO	MECÁNICA	0.25						●			
40	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS - ZONA DE SALIDA	LIMPIAR E INSPECCIONAR RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	0.50		●							
41	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS - ZONA DE SALIDA	VERIFICAR DIÁMETRO DE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	0.75					●				
42	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS CERÁMICOS - ZONA DE SALIDA	INSPECCIONAR NIVEL Y PARALELISMO ENTRE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.50							●		
43	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	CABINAS (7)	INSPECCIONAR ESTADO DE ESTRUCTURA. VERIFICAR HERMETICIDAD	PARADO	MECÁNICA	2.00					●				
44	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	CABINAS (7)	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	1.50							●		
45	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G1, G2, G3, G4, G5 Y G6 (CABINA 1)	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●				
46	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G1, G2, G3, G4, G5 Y G6 (CABINA 2)	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●				
47	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G1, G2, G3, G4, G5 Y G6 (CABINA 3)	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●				
48	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G1, G2, G3, G4, G5 Y G6 (CABINA 4)	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●				
49	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G1, G2, G3, G4, G5 Y G6 (CABINA 5)	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●				
50	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G1, G2, G3, G4, G5 Y G6 (CABINA 6)	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●				
51	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G1, G2, G3, G4, G5 Y G6 (CABINA 7)	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●				
52	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	TERMOCUPLAS (2 POR CABINA)	LIMPIAR E INSPECCIONAR TERMOCUPLAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	1.25			●						
53	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●				
54	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00									●
55	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.75			●						
56	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LUBRICAR CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	0.25			●						
57	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50						●			
58	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO - VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75					●				
59	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	DUCTOS	INSPECCIONAR ESTADO DE ESTRUCTURA. REVISAR COMPUERTAS	PARADO	MECÁNICA	0.75				●					
60	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	DUCTOS	INSPECCIONAR MANTA FILTRANTE. EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.25		●							
61	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	PISTONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTONES DE ACCIONAMIENTO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.35			●						
62	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.25				●					
63	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	UNIDADES DE MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR UNIDADES DE MANTENIMIENTO. VERIFICAR REGULADOR DE PRESIÓN	OPERANDO	MECÁNICA	0.15			●						
64	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75					●				

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.21.

Plan de mantenimiento del Horno de Vitrificado N° 1 (3 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - HORNO DE VITRIFICADO N° 1																
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO									
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A			
65	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00										●
66	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.50			●							
67	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●							
68	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50					●					
69	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	MOTOR ELÉCTRICO - VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	1.00						●				
70	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	DUCTOS	INSPECCIONAR ESTADO DE ESTRUCTURA. REVISAR COMPUERTAS	PARADO	MECÁNICA	0.50				●						
71	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	DUCTOS	INSPECCIONAR AISLAMIENTO DE DUCTOS. EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	0.50						●				
72	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	PISTONES	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTONES DE ACCIONAMIENTO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.35			●							
73	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50				●						
74	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	UNIDADES DE MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR UNIDADES DE MANTENIMIENTO. VERIFICAR REGULADOR DE PRESIÓN	OPERANDO	MECÁNICA	0.15			●							
75	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS (8)	INSPECCIONAR TARJETAS ELECTRÓNICAS DE TERMOCUPLAS Y SALIDAS	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●				
76	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS (8)	INSPECCIONAR RELÉS DE ESTADO SÓLIDO. MEDIR AMPERAJE	PARADO	ELÉCTRICA	1.50				●						
77	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS (8)	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	1.50						●				
78	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS (8)	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPONENTES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	3.00			●							
79	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS (8)	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL DEL UPS	PARADO	SERVICIO EXTERNO	8.00										●
80	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLEROS ELÉCTRICOS (8)	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	16.00										●
81	SISTEMA ELÉCTRICO	PLC	DESCARGAR BACK-UP DEL PROGRAMA PLC	OPERANDO	ELÉCTRICA	1.00						●				
82	SISTEMA ELÉCTRICO	PLC	LIMPIAR E INSPECCIONAR PLC. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75						●				
83	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL (HMI)	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DE CONTROL. REVISAR REGISTRO DE ALARMAS	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.50						●				
84	SISTEMA ELÉCTRICO	VARIADORES DE VELOCIDAD	LIMPIAR E INSPECCIONAR VARIADOR. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	1.00						●				
85	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●							
86	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●							
87	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●							

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.22.

Plan de mantenimiento del Horno de Secado N° 1 (1 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - HORNO DE SECADO N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
1	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	ELÉCTRICA	1.50					●		
2	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	8.00							●
3	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.75			●				
4	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		
5	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●				
6	SISTEMA DE TRANSPORTE	POLINES MOTRICES	INSPECCIONAR Y LUBRICAR POLINES MOTRICES. VERIFICAR ALINEAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50			●				
7	SISTEMA DE TRANSPORTE	POLINES CONDUCCION	INSPECCIONAR Y LUBRICAR POLINES CONDUCCION. VERIFICAR ALINEAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50			●				
8	SISTEMA DE TRANSPORTE	POLINES TEMPLADORES	INSPECCIONAR Y LUBRICAR POLINES TEMPLADORES. VERIFICAR ALINEAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
9	SISTEMA DE TRANSPORTE	TEMPLADORES DE FAJAS	INSPECCIONAR Y REGULAR TEMPLADORES.	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●				
10	SISTEMA DE TRANSPORTE	FAJAS TRANSPORTADORAS	INSPECCIONAR FAJAS TRANSPORTADORAS. VERIFICAR AJUSTE DE GRAPA DE EMPALME	PARADO	MECÁNICA	0.40			●				
11	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE	ESTRUCTURA	INSPECCIONAR ESTADO DE ESTRUCTURA. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	0.25					●		
12	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●	
13	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00							●
14	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
15	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CHUMACERAS	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
16	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE	VENTILADOR	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
17	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO - VENTILADOR	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50					●		
18	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	CABINAS	INSPECCIONAR ESTADO DE ESTRUCTURA. VERIFICAR AISLAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
19	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	CABINAS	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.70						●	
20	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G1	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●		
21	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G2	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●		
22	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G3	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●		
23	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	RESISTENCIAS G4	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●		
24	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	TERMOCUPLAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR TERMOCUPLA. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				
25	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO N° 1	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75					●		
26	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO N° 1	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00							●
27	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 1	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
28	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 1	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●				
29	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	VENTILADOR DE RECIRCULACIÓN N° 1	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
30	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR - VENTILADOR DE RECIRCULACIÓN N° 1	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50					●		
31	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO N° 2	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75					●		
32	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO N° 2	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00							●

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.23.

Plan de mantenimiento del Horno de Secado N° 1 (2 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - HORNO DE SECADO N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
33	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 2	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
34	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 2	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●				
35	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	VENTILADOR DE RECIRCULACIÓN N° 2	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
36	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR - VENTILADOR DE RECIRCULACIÓN N° 2	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50				●			
37	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO N° 3	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
38	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO N° 3	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00							●
39	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 3	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
40	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 3	INSPECCIONAR Y LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●				
41	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	VENTILADOR DE RECIRCULACIÓN N° 3	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
42	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR - VENTILADOR DE RECIRCULACIÓN N° 3	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50				●			
43	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO N° 4	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
44	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR ELÉCTRICO N° 4	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00							●
45	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 4	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
46	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 4	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●				
47	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	VENTILADOR DE RECIRCULACIÓN N° 4	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
48	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE	MOTOR - VENTILADOR DE RECIRCULACIÓN N° 4	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50				●			
49	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO N° 1	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
50	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO N° 1	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	3.00							●
51	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 1	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
52	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 1	LUBRICAR CHUMACERAS	OPERANDO	MECÁNICA	0.25			●				
53	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO N° 1	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
54	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR - VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO N° 1	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50				●			
55	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 2	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
56	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 2	LUBRICAR CHUMACERAS	PARADO	ELÉCTRICA	4.00							●
57	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO N° 2	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
58	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO N° 2	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	3.00			●				
59	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO N° 2	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50				●			
60	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR - VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO N° 2	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50				●			
61	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 3	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	ELÉCTRICA	0.75				●			
62	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 3	LUBRICAR CHUMACERAS	PARADO	ELÉCTRICA	4.00							●
63	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO N° 3	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
64	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO N° 3	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	3.00			●				

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.24.

Plan de mantenimiento del Horno de Secado N° 1 (3 de 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO - HORNO DE SECADO N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
65	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO N° 3	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
66	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR - VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO N° 3	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50					●		
67	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 4	LIMPIAR E INSPECCIONAR POLEAS Y FAJAS DE TRANSMISIÓN. VERIFICAR AJUSTE	PARADO	ELÉCTRICA	0.75					●		
68	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN N° 4	LUBRICAR CHUMACERAS	PARADO	ELÉCTRICA	4.00							●
69	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO N° 4	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	MECÁNICA	0.25			●				
70	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR ELÉCTRICO N° 4	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	3.00			●				
71	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO N° 4	LIMPIAR E INSPECCIONAR VENTILADOR. VERIFICAR ESTADO DE ALABES	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
72	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MOTOR - VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO N° 4	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50					●		
73	SISTEMA ELÉCTRICO	PLC	DESCARGAR BACK-UP DEL PROGRAMA PLC	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.50					●		
74	SISTEMA ELÉCTRICO	PLC	LIMPIAR E INSPECCIONAR PLC. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●				
75	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL (HMI)	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DE CONTROL. REVISAR REGISTRO DE ALARMAS	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.25			●				
76	SISTEMA ELÉCTRICO	VARIADORES DE VELOCIDAD	LIMPIAR E INSPECCIONAR VARIADORES. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50					●		
77	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPONENTES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	1.00			●				
78	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50					●		
79	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	5.00							●
80	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				
81	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●				
82	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●				

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.25.

Plan de mantenimiento de la Empolvadora N° 1 (1 de 2)

PLAN DE MANTENIMIENTO - EMPOLVADORA N° 1													
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO						
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A
1	SISTEMA DE MEZCLADO	BOMBAS DOSIFICADORAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR BOMBAS DOSIFICADORAS	PARADO	MECÁNICA	1.50			●				
2	SISTEMA DE MEZCLADO	BOMBAS DOSIFICADORAS	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	2.50					●		
3	SISTEMA DE MEZCLADO	TUBERÍAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR TUBERÍAS. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	1.50							●
4	SISTEMA DE MEZCLADO	RESISTENCIAS	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	0.30					●		
5	SISTEMA DE MEZCLADO	TERMOCUPLA	LIMPIAR E INSPECCIONAR TERMOCUPLA. REVISAR CONEXIONES	PARADO	ELÉCTRICA	0.50							●
6	SISTEMA DE MEZCLADO	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTOR ELÉCTRICO	PARADO	ELÉCTRICA	1.00					●		
7	SISTEMA DE MEZCLADO	MOTOR ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	4.00							●
8	SISTEMA DE MEZCLADO	AGITADOR	REVISAR ESTADO DE HÉLICES. DESCARTAR DESPERFECTOS.	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
9	SISTEMA DE MEZCLADO	MOTOR ELÉCTRICO - AGITADOR	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75					●		
10	SISTEMA DE MEZCLADO	TANQUES	INSPECCIONAR ESTRUCTURA. DESCARTAR FUGAS POR CONEXIONES	PARADO	MECÁNICA	0.50					●		
11	SISTEMA DE MEZCLADO	SONDA DE NIVEL	LIMPIAR E INSPECCIONAR SONDA DE NIVEL. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.20					●		
12	SISTEMA DE CALEFACCIÓN	CABINA	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABINA. COMPROBAR AISLAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.30					●		
13	SISTEMA DE CALEFACCIÓN	PORTA RESISTENCIAS	INSPECCIONAR PORTA RESISTENCIAS. VERIFICAR ESTADO DE AISLADORES CERÁMICOS	PARADO	ELÉCTRICA	2.50					●		
14	SISTEMA DE CALEFACCIÓN	RESISTENCIAS	INSPECCIONAR ESTADO DE RESISTENCIAS. REVISAR CONEXIONES	PARADO	MECÁNICA	3.00					●		
15	SISTEMA DE INYECCIÓN	BLOQUES DE DISTRIBUCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR BLOQUES DE DISTRIBUCIÓN. DESCARTAR OBSTRUCCIONES.	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
16	SISTEMA DE INYECCIÓN	VÁLVULAS DE INYECCIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR VÁLVULAS DE INYECCIÓN. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.50						●	
17	SISTEMA DE INYECCIÓN	SOPORTE DE PISTOLAS	INSPECCIONAR SOPORTE DE PISTOLAS. AJUSTAR ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	0.50		●					
18	SISTEMA DE INYECCIÓN	PISTOLAS DE ASPERSIÓN	LIMPIAR E INSPECCIONAR PISTOLAS DE ASPERSIÓN. DESCARTAR OBSTRUCCIONES.	PARADO	MECÁNICA	4.00		●					
19	SISTEMA DE FILTRACIÓN	CABINA	LIMPIAR E INSPECCIONAR CABINA. COMPROBAR HERMETICIDAD	PARADO	MECÁNICA	0.75						●	
20	SISTEMA DE FILTRACIÓN	FILTROS	LIMPIAR E INSPECCIONAR FILTROS. EVALUAR CAMBIO	PARADO	MECÁNICA	1.00					●		
21	SISTEMA DE FILTRACIÓN	EXTRACTOR	LIMPIAR E INSPECCIONAR ALABES. DESCARTAR DETERIORO	PARADO	SERVICIO EXTERNO	0.75							●
22	SISTEMA DE FILTRACIÓN	MOTOR ELÉCTRICO - VENTILADOR	REALIZAR ANÁLISIS DE VIBRACIONES	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.75					●		
23	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	LIMPIAR E INSPECCIONAR MOTORREDUCTORES	PARADO	MECÁNICA	0.50			●				
24	SISTEMA DE TRANSPORTE	MOTORREDUCTORES	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	6.00							●
25	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	LIMPIAR Y LUBRICAR PIÑONES, CADENA Y RODAMIENTOS	PARADO	MECÁNICA	1.50			●				
26	SISTEMA DE TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	VERIFICAR AJUSTE DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN	PARADO	MECÁNICA	1.00						●	
27	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS	LIMPIAR E INSPECCIONAR RODILLOS. VERIFICAR ESTADO DE CUERDA DE KEVLAR	PARADO	MECÁNICA	1.00			●				
28	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS	VERIFICAR DIÁMETRO DE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.00						●	
29	SISTEMA DE TRANSPORTE	RODILLOS	INSPECCIONAR NIVEL Y PARALELISMO ENTRE RODILLOS	PARADO	MECÁNICA	1.50			●				
30	SISTEMA NEUMÁTICO	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	LIMPIAR E INSPECCIONAR UNIDAD DE MANTENIMIENTO. VERIFICAR PRESIÓN DE AIRE	OPERANDO	MECÁNICA	0.50			●				
31	SISTEMA NEUMÁTICO	MANGUERAS DE AIRE	LIMPIAR E INSPECCIONAR MANGUERAS. DESCARTAR FUGAS	PARADO	MECÁNICA	2.00			●				
32	SISTEMA NEUMÁTICO	ELECTROVÁLVULAS	LIMPIAR E INSPECCIONAR ELECTROVÁLVULAS. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	MECÁNICA	0.15					●		

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.26.

Plan de mantenimiento de la Empolvadora N° 1 (2 de 2)

PLAN DE MANTENIMIENTO - EMPOLVADORA N° 1														
N°	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	CONDICIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO	TALLER ESPECIALISTA	TIEMPO (HORAS)	PAQUETE DE MANTENIMIENTO							
							1S	2S	1M	2M	3M	6M	1A	
33	SISTEMA ELÉCTRICO	PLC	DESCARGAR BACK-UP DEL PROGRAMA PLC	OPERANDO	ELÉCTRICA	0.50						●		
34	SISTEMA ELÉCTRICO	PLC	LIMPIAR E INSPECCIONAR PLC. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
35	SISTEMA ELÉCTRICO	PANEL DE CONTROL (HMI)	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DE CONTROL. REVISAR REGISTRO DE ALARMAS	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
36	SISTEMA ELÉCTRICO	VARIADORES DE VELOCIDAD	LIMPIAR E INSPECCIONAR VARIADOR. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50						●		
37	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	LIMPIAR E INSPECCIONAR COMPONENTES. VERIFICAR AJUSTE DE TERMINALES	PARADO	ELÉCTRICA	0.75						●		
38	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	OPERANDO	SERVICIO EXTERNO	0.50						●		
39	SISTEMA ELÉCTRICO	TABLERO ELÉCTRICO	REALIZAR MANTENIMIENTO INTEGRAL	PARADO	SERVICIO EXTERNO	5.00								●
40	SISTEMA DE SEGURIDAD	PARADAS DE EMERGENCIA	INSPECCIONAR PARADAS DE EMERGENCIA. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					
41	SISTEMA DE SEGURIDAD	PUERTA DE BLOQUEO	INSPECCIONAR PUERTA DE BLOQUEO. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.25			●					
42	SISTEMA DE SEGURIDAD	MALLA DE SEGURIDAD	INSPECCIONAR MALLA DE SEGURIDAD. PROBAR FUNCIONAMIENTO	PARADO	ELÉCTRICA	0.50			●					

Fuente: American Glass Products

4.2.2 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO - AÑO 2018

En las figuras 4.27, 4.28 y 4.29 se muestra el programa de mantenimiento preventivo para los equipos críticos correspondiente al año 2018.

En este programa se detalla la cantidad de actividades a realizar por cada paquete de mantenimiento en el que se han agrupado las actividades preventivas. Se ha distribuido las actividades en las 52 semanas que contempla el año.

TABLA 4.1.

Frecuencia por paquete de mantenimiento

PAQUETE DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EQUIVALENCIA EN SEMANAS
1S	SEMANAL	1
2S	QUINCENAL	2
1M	MENSUAL	4
2M	BIMESTRAL	8
3M	TRIMESTRAL	13
6M	SEMESTRAL	26
1A	ANUAL	52

Fuente: American Glass Products

En la tabla 4.2 se muestra la cantidad de actividades preventivas programadas.

TABLA 4.2.

Cantidad de actividades preventivas programadas – año 2018

Nº	EQUIPO	CANTIDAD DE ACTIVIDADES
1	BRAZO ROBÓTICO N° 1	495
2	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	687
3	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	679
4	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	522
5	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	522
6	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	522
7	HORNO DE SECADO N° 1	579
8	HORNO DE VITRIFICADO N° 1	660
9	EMPOLVADORA N° 1	268
BLOQUE PLANO		4934

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.27.

Programa de mantenimiento preventivo de los equipos críticos del bloque plano (1 de 3) – año 2018

EQUIPO	PGT. MITO	2018																																																							
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE											
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52				
BRAZO ROBÓTICO N° 1	1S	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
	2S		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1				
	1M				17				17				17				17				17				17				17				17				17				17				17				17				17				
	2M																																																								
	3M												34												34																										34						
	6M																									1																										1					
	1A																																																			6					
MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	1S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	2S		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1				
	1M				21				21				21				21				21				21				21				21				21				21				21				21				21				
	2M							21							21						21					21				21										21							21										
	3M												33												33																									33							
	6M																									32																										32					
	1A																																																				14				
LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	1S	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						
	2S	7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7					
	1M			19				19				19				19				19				19				19				19				19				19				19				19				19					
	2M																																																								
	3M												7												7																										7						
	6M																									5																									5						
	1A																																																				4				

Fuente: American Glass Products

4.2.3 DETERMINACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CMPV) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS Y DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018

El indicador de Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo (CMPV) fue establecido por la Gerencia del área con el fin de evaluar la eficiencia en la panificación y también, controlar la disponibilidad de los equipos para la ejecución del mantenimiento. Este indicador también aplicaba para los bloques productivos de la planta. La meta que se definió fue $CPMV \geq 85\%$.

En la tabla 4.3 se muestra la cantidad de actividades preventivas programadas y la cantidad de actividades preventivas ejecutadas en el año 2018. También se muestra el indicador de Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo (CMPV) por equipo y del bloque plano.

TABLA 4.3.

Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMPV) – año 2018

Nº	EQUIPO	CANTIDAD DE ACTIVIDADES PREVENTIVAS PROGRAMADAS	CANTIDAD DE ACTIVIDADES PREVENTIVAS EJECUTADAS	CMPV (%)
1	BRAZO ROBÓTICO N° 1	495	421	85.1%
2	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	687	566	82.4%
3	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	679	601	88.5%
4	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	522	475	91.0%
5	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	522	467	89.5%
6	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	522	493	94.4%
7	HORNO DE SECADO N° 1	579	513	88.6%
8	HORNO DE VITRIFICADO N° 1	660	574	87.0%
9	EMPOLVADORA N° 1	268	251	93.7%
BLOQUE PLANO		4934	4361	88.4%

Fuente: American Glass Products

Se observa que en solo uno (1) de los nueve (9) equipos críticos no se logró la meta propuesta. Se observa también que, a nivel del bloque plano si se cumplió la meta.

En las figuras 4.30, 4.31 y 4.32, se muestra el control de ejecución del Programa de Mantenimiento Preventivo del año 2018.

FIGURA 4.30.

Control de ejecución del Programa de mantenimiento preventivo de los equipos críticos del bloque plano (1 de 3) – año 2018

EQUIPO	PQT. MITO	2018																																																			
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52
BRAZO ROBÓTICO N° 1	1S	2	2	1	2	2	0	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	0	2	2	1	2	2	2	0	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	0	2	2	2	1	2	2	2	0	2	1	2	0	2	1	2	2
	2S	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	
	1M			15			17					12					14					17				15			17					11			17				12				16				17			17	
	2M																																																				
	3M											29													28											31															27		
	6M																								1																										1		
	1A																																																			6	
MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	1S	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
	2S	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
	1M			18			19				17					16				21				17			16				21				12			16				21				18				15			
	2M						17									15								14						18				17															21				
	3M											27												25										28															29				
	6M																							26																										32			
	1A																																																		14		
LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	1S	4	4	4	2	4	4	4	4	4	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	2	4	1	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	3	4	4	0	4	4	4	4	
	2S	7	6	7	7	4	7	7	7	7	5	7	7	6	7	7	5	7	7	7	5	7	7	6	7	7	5	7	7	7	7	7	3	7	7	7	7	7	7	7	4	7	7	7	4	7	5	7					
	1M		19			17				16				19				12					14			17			18				11			19					13				19				16				
	2M																																																				
	3M									5														6									7															5					
	6M																							5																									5				
	1A																																																	4			

LEYENDA

 100% DE ACTIVIDADES EJECUTADAS

 ENTRE 0% Y 100% DE ACTIVIDADES EJECUTADAS

 0% DE ACTIVIDADES EJECUTADAS

Fuente: American Glass Products

FIGURA 4.31.

Control de ejecución del Programa de mantenimiento preventivo de los equipos críticos del bloque plano (2 de 3) – año 2018

EQUIPO	PQT. MITO	2018																																																						
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE										
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52			
IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	1S																																																							
	2S	1	0		1		1		0		1		1		1		1		0		1		1		1		0		1		1		1		1		1		0		1		1		0		1		1		1		1			
	1M	16				14			17				17				15						12				17				15				14			17				17					17					12				
	2M	5							5							3									4								5						3										4							
	3M	40											37												36										38														41							
	6M	8																							7																										8					
	1A																																																			11				
IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	1S																																																							
	2S		1		1		0		1		1		0		1		0		1		1		0		1		1		0		1		1		1		1		1		1		1		0		1		1		1		1	0		
	1M		13			17				14				15			14					17				17				17				16			17				14					12				17				0		
	2M		3							5						3									4								5							2										5						
	3M		39										37												41											35															40					
	6M		7																						6																										8					
	1A																																																				9			
IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	1S																																																							
	2S	1	1		1		0		1		0		1		1		1		0		1		0		1		1		0		1		1		1		1		0		1		1		1		0		1		1		1			
	1M		17			15			17				14			17			17			17			16			17			16			17			17			17			17				13			15				15		
	2M		4						5							3									5						5							4														5				
	3M		41										39												40										39																	41				
	6M		8																						8																												8			
	1A																																																				11			

LEYENDA

100% DE ACTIVIDADES EJECUTADAS

ENTRE 0% Y 100% DE ACTIVIDADES EJECUTADAS

0% DE ACTIVIDADES EJECUTADAS

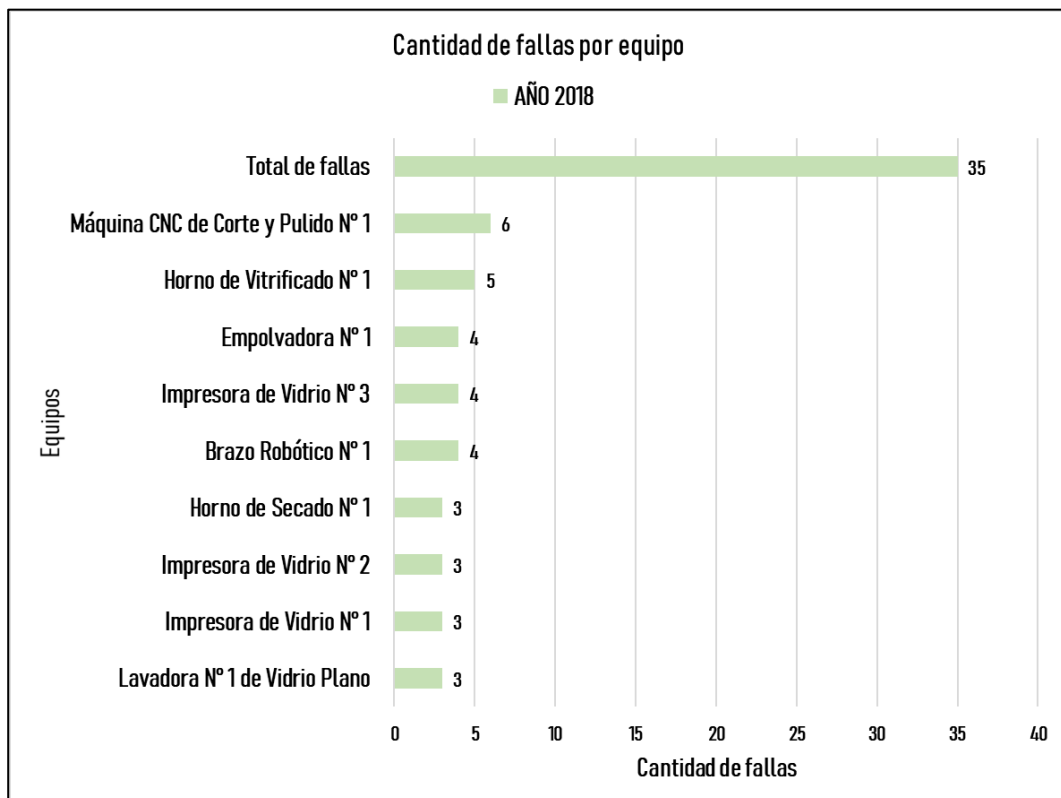
Fuente: American Glass Products

4.3 DATOS HISTORICOS DE FALLOS, TIEMPOS ENTRE FALLOS Y TIEMPOS DE REPARACIÓN DE FALLOS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO - AÑO 2018

En la figura 4.33 se muestra la cantidad de fallas por equipo y cantidad de fallas totales del bloque plano registradas durante el periodo comprendido entre el 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2018.

FIGURA 4.33.

Cantidad de fallas por equipo – año 2018



Fuente: American Glass Products

En las siguientes tablas se muestran el detalle de las fallas. También se muestran los Tiempos entre Fallas (TBF) y los Tiempos de Reparación (TTR).

TABLA 4.4.*Datos históricos de las fallas del Brazo Robótico N° 1 – año 2018*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	13-2-2018	Falla en sensor de detección de vidrio	1034.00	2.00
2	28-4-2018	Falla en sensor de detección de vidrio	1785.00	1.75
3	8-8-2018	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	2455.22	2.53
4	10-11-2018	Falla en sensor de detección de vidrio	2246.33	2.00
5			1231.17	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 4.5.***Datos históricos de las fallas de la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1 – año 2018*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	25-2-2018	Falla en cabezal de pulido	1335.62	2.30
2	22-4-2018	Falla en cabezal de pulido	1328.66	6.43
3	21-5-2018	Falla en sistema de vacío	701.58	0.67
4	16-7-2018	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	1335.25	4.33
5	24-9-2018	Falla en bomba de vacío	1677.17	1.50
6	7-12-2018	Falla en sistema de refrigeración	1766.50	0.58
7			599.42	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 4.6.***Datos históricos de las fallas de la Lavadora N° 1 de Vidrio Plano – año 2018*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	16-3-2018	Falla en sistema de transporte.	1792.96	2.79
2	7-7-2018	Falla de control de nivel de agua	2703.45	1.88
3	19-10-2018	Falla en motor eléctrico	2487.17	2.17
4			1771.50	

Fuente: American Glass Products

TABLA 4.7.*Datos históricos de las fallas de la Impresora de Vidrio N° 1 – año 2018*

Nº	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	1-4-2018	Falla en topes de centrado	2164.37	2.13
2	15-6-2018	Falla en mecanismo de accionamiento de rasqueta	1818.17	2.17
3	3-9-2018	Falla en pistón de centrado	1897.14	1.59
4			2876.08	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 4.8.***Datos históricos de las fallas de la Impresora de Vidrio N° 2 – año 2018*

Nº	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	11-3-2018	Falla en pistón de centrado	1664.31	1.69
2	21-7-2018	Falla en topes de centrado	3164.58	1.58
3	1-11-2018	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	2471.08	4.00
4			1452.75	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 4.9.***Datos históricos de las fallas de la Impresora de Vidrio N° 3 – año 2018*

Nº	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	20-2-2018	Falla en sensor de posicionamiento de vidrio	1208.10	1.65
2	17-5-2018	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	2057.33	3.33
3	27-7-2018	Falla en pistón de centrado	1707.00	2.33
4	5-11-2018	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	2424.00	2.17
5			1356.33	

Fuente: American Glass Products

TABLA 4.10.*Datos históricos de las fallas del Horno de Vitrificado N° 1 – año 2018*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	3-2-2018	Falla en termocupla	793.18	2.98
2	16-4-2018	Falla en sistema de transmisión de polines.	1734.83	2.67
3	21-6-2018	Rotura de cadena de elevación de compuertas laterales	1585.25	3.50
4	11-9-2018	Falla en sistema de transmisión de polines.	1955.80	2.92
5	14-12-2018	Falla de comunicación. No sigue secuencia programada	2259.12	6.25
6			418.50	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 4.11.***Datos históricos de las fallas del Horno de Secado N° 1 – año 2018*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	7-4-2018	Falla en sistema de enfriamiento	2321.00	3.00
2	27-6-2018	Falla de controlador de temperatura	1931.01	0.99
3	15-11-2018	Falla en sistema de transmisión de polines.	3391.42	4.17
4			1108.42	

*Fuente: American Glass Products***TABLA 4.12.***Datos históricos de las fallas de la Empolvadora N° 1 – año 2018*

N°	FECHA DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TBF (horas)	TTR (horas)
1	17-1-2018	Falla en bomba dosificadora	402.79	1.76
2	10-5-2018	Falla en sistema de aspersión	2702.03	2.33
3	13-8-2018	Falla en sistema eléctrico	2275.83	2.25
4	22-12-2018	Falla en sistema de transmisión de polines.	3139.67	2.16
5			231.17	

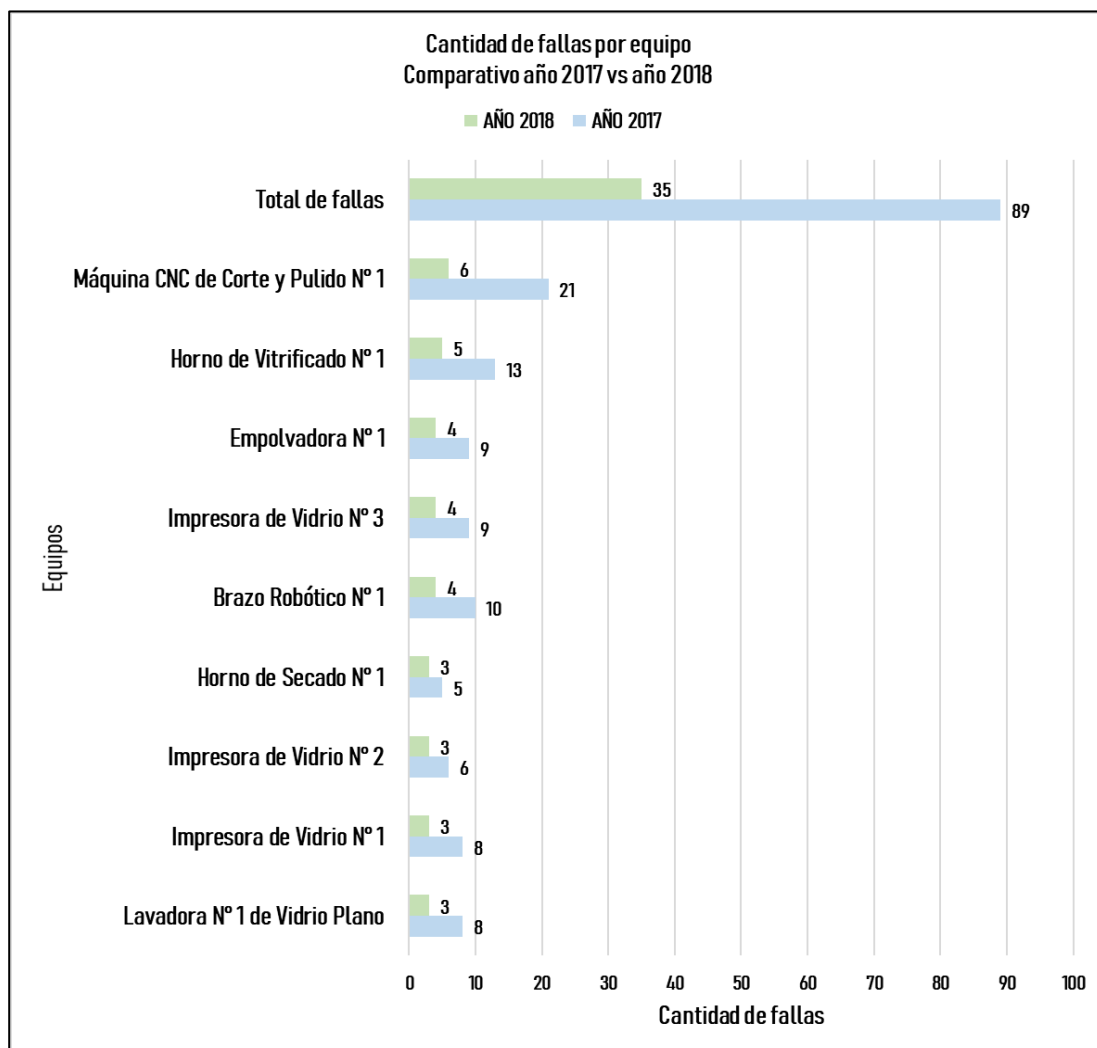
Fuente: American Glass Products

4.3.1 COMPARACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE FALLAS DEL AÑO 2017 Y LA CANTIDAD DE FALLAS DEL AÑO 2018

En la figura 4.34 se muestra el comparativo entre el año 2017 y 2018 respecto a la cantidad de fallas por equipo y cantidad de fallas totales del bloque plano.

FIGURA 4.34.

Comparativo entre la cantidad de fallas – año 2017 vs. año 2018



Fuente: American Glass Products

En la tabla 4.13 se muestra la variación porcentual entre la cantidad de fallas del año 2017 y año 2018.

Respecto a la variación porcentual, la expresión matemática que se utiliza es:

$$\text{Variación porcentual} = \Delta\% = \left(\frac{VF - VI}{VI} \right) \times 100\%$$

Donde:

- VF: Valor final
- VI: Valor inicial

Se observa que durante el año 2018 se presentaron 35 fallas, lo cual representa el 39% del total de fallas registradas durante el año 2017, donde se registraron 89 fallas. Esto equivale a una variación porcentual de -60.7%.

TABLA 4.13.

Variación porcentual entre la cantidad de fallas – Año 2017 vs. Año 2018

N°	EQUIPO	CANTIDAD DE FALLAS		VARIACIÓN PORCENTUAL Δ%
		AÑO 2017	AÑO 2018	
1	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	8	3	-62.5%
2	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	8	3	-62.5%
3	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	6	3	-50.0%
4	HORNO DE SECADO N° 1	5	3	-40.0%
5	BRAZO ROBÓTICO N° 1	10	4	-60.0%
6	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	9	4	-55.6%
7	EMPOLVADORA N° 1	9	4	-55.6%
8	HORNO DE VITRIFICADO N° 1	13	5	-61.5%
9	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	21	6	-71.4%
BLOQUE PLANO		89	35	-60.7%

Fuente: American Glass Products

4.4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (IMPV) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS Y DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018

El Índice de Mantenimiento Preventivo (IMPV) es un indicador que estableció la empresa con el fin de controlar la proporción entre las actividades de mantenimiento preventivo ejecutadas y el total actividades de mantenimiento ejecutadas. El total de actividades de mantenimiento es la suma de la cantidad de actividades preventivas ejecutadas, la cantidad de actividades correctivas programadas y la cantidad de actividades correctivas no programadas.

La meta que estableció la empresa para este indicador fue $IMPV \geq 80\%$.

En la tabla 4.14 se muestra el Índice de Mantenimiento Preventivo (IMPV) por equipo y del bloque plano.

TABLA 4.14.

Índice de Mantenimiento Preventivo (IMPV) – año 2018

N°	EQUIPO	CANTIDAD DE ACTIVIDADES PREVENTIVAS EJECUTADAS	CANTIDAD DE ACTIVIDADES CORRECTIVAS PROGRAMADAS	CANTIDAD DE ACTIVIDADES CORRECTIVAS NO PROGRAMADAS	IMPV (%)
1	BRAZO ROBÓTICO N° 1	421	51	4	88.4%
2	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	566	113	6	82.6%
3	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	601	67	3	89.6%
4	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	475	53	3	89.5%
5	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	467	61	3	87.9%
6	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	493	54	4	89.5%
7	HORNO DE SECADO N° 1	513	72	3	87.2%
8	HORNO DE VITRIFICADO N° 1	574	125	5	81.5%
9	EMPOLVADORA N° 1	251	49	4	82.6%
BLOQUE PLANO		4361	645	35	86.5%

Fuente: American Glass Products

Se observa que en todos los equipos se cumplió la meta. Así mismo, a nivel del bloque plano se tuvo un IMPV de 86.5%. Esto significa que, de cada 100 actividades de mantenimiento que se realizaron el año 2018, 86 actividades fueron preventivas.

4.5 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018

Para determinar el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) de cada equipo crítico del bloque plano, utilizaremos la expresión matemática que se indica en el Capítulo II, ítem 2.4.1.

$$MTBF = \frac{\sum_{k=1}^{k=i} TBF_k}{i}$$

TABLA 4.15.*Tiempo medio entre fallas (MTBF) de los Equipos críticos – año 2018*

Nº	EQUIPO	i	$\sum TBF$	MTBF (horas)
1	HORNO DE SECADO Nº 1	4	8751.85	2187.96
2	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 2	4	8752.73	2188.18
3	LAVADORA Nº 1 DE VIDRIO PLANO	4	8755.08	2188.77
4	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 1	4	8755.76	2188.94
5	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 3	5	8752.77	1750.55
6	EMPOLVADORA Nº 1	5	8751.50	1750.30
7	BRAZO ROBÓTICO Nº 1	5	8751.72	1750.34
8	HORNO DE VITRIFICADO Nº 1	6	8746.68	1457.78
9	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO Nº 1	7	8744.19	1249.17

Fuente: American Glass Products

4.6 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF) DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018

Antes de proceder a realizar el cálculo del MTBF del bloque plano, se debe tener en cuenta que los equipos que forman parte de este bloque constituyen una estructura de producción en serie. Ver el anexo N° 2.

En ese sentido, para determinar el MTBF del bloque plano, seguiremos los siguientes pasos:

- Paso 1: Consolidar los historiales de fallas de los equipos crítico y ordenar las fechas de las fallas en orden ascendente
- Paso 2: Calcular los Tiempos entre Fallas (TBF)
- Paso 3: Calcular el MTBF según el tipo de cálculo elegido.

Se obtiene el MTBD del Bloque Plano:

$$MTBF = \frac{\sum_{k=1}^{k=i} TBF_k}{i} = 240.87 \text{ horas}$$

4.7 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018

Para determinar el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de cada equipo crítico del bloque plano, utilizaremos la expresión matemática que se indica en el Capítulo II, ítem 2.4.2.

$$MTTR = \frac{\sum_{k=1}^{k=j} TTR_k}{j}$$

TABLA 4.16.

Tiempo medio de reparación (MTTR) de los Equipos críticos – año 2018

N°	EQUIPO	i	$\sum TTR$	MTTR (horas)
1	HORNO DE SECADO N° 1	3	8.15	2.72
2	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	3	7.27	2.42
3	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	3	6.84	2.28
4	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	3	5.89	1.96
5	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	4	9.48	2.37
6	EMPOLVADORA N° 1	4	8.50	2.13
7	BRAZO ROBÓTICO N° 1	4	8.28	2.07
8	HORNO DE VITRIFICADO N° 1	5	18.32	3.66
9	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	6	15.81	2.64

Fuente: American Glass Products

4.8 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR) DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018

Antes de proceder a realizar el cálculo del MTTR del bloque plano, se debe tener en cuenta que los equipos que forman parte de este bloque constituyen una estructura de producción en serie. Ver el anexo N° 2.

En ese sentido, para determinar el MTTR del bloque plano, seguiremos los siguientes pasos:

- Paso 1: Consolidar el historial de fallas de cada uno de los equipos crítico y ordenar las fechas de las fallas en orden ascendente
- Paso 2: Calcular los Tiempos de Reparación (TTR) para cada falla
- Paso 3: Calcular el MTTR según el tipo de cálculo elegido.

Se obtiene el MTTR del Bloque Plano:

$$MTTR = \frac{\sum_{k=1}^{k=i} TTR_k}{i} = 2.53 \text{ horas}$$

4.9 DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018

Para determinar la Disponibilidad de cada equipo crítico del bloque plano, utilizaremos la expresión matemática de la Disponibilidad Inherente o Intrínseca (D_I) (ver Capítulo II, ítem 2.4.3).

$$D_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

TABLA 4.17.

Disponibilidad Inherente (D_I) de los Equipos críticos – año 2018

Nº	EQUIPO	MTBF (horas)	MTTR (horas)	D_I
1	HORNO DE SECADO Nº 1	2187.96	2.72	99.876%
2	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 2	2188.18	2.42	99.889%
3	LAVADORA Nº 1 DE VIDRIO PLANO	2188.77	2.28	99.896%
4	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 1	2188.94	1.96	99.910%
5	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 3	1750.55	2.37	99.865%
6	EMPOLVADORA Nº 1	1750.30	2.13	99.879%
7	BRAZO ROBÓTICO Nº 1	1750.34	2.07	99.882%
8	HORNO DE VITRIFICADO Nº 1	1457.78	3.66	99.749%
9	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO Nº 1	1249.17	2.64	99.789%

Fuente: American Glass Products

4.10 DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE DEL BLOQUE PLANO – AÑO 2018

Antes de proceder a realizar el cálculo de la Disponibilidad Inherente (D_I) del bloque plano, se debe tener en cuenta que los equipos que forman parte de este bloque constituyen una estructura de producción en serie. Ver el anexo Nº 2.

Para determinar la Disponibilidad del bloque plano, utilizaremos la expresión matemática de la Disponibilidad Inherente o Intrínseca (D_I) (ver Capítulo II, ítem 2.4.3).

$$D_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Con el MTBF calculado en el Capítulo IV, ítem 4.6:

$$MTBF = 240.87 \text{ horas}$$

y con el MTTR calculado en el Capítulo IV, ítem 3.8:

$$MTTR = 2.53 \text{ horas}$$

Se obtiene la Disponibilidad Inherente (D_i) del Bloque Plano:

$$D_i = 98.961\%$$

4.11 COMPARACIÓN DEL MTBF, MTTR Y D_i DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS Y DEL BLOQUE PLANO ENTRE EL AÑO 2017 Y AÑO 2018

La tabla 4.18 muestra los resultados de los MTBF, MTTR y D_i obtenidos con cálculos puntuales para el año 2017 y año 2018. También se muestra la variación porcentual (%) por cada indicador por equipo.

Respecto a la variación porcentual, la expresión matemática que se utiliza es:

$$\text{Variación porcentual} = \Delta\% = \left(\frac{VF - VI}{VI} \right) \times 100\%$$

Donde:

- VF: Valor final
- VI: Valor inicial

Se observa que:

- El MTBF tuvo una variación positiva en cada equipo crítico. Esta variación porcentual se encuentre en el intervalo de [50.17%; 216.26%] siendo el Horno de Secado N° 1 y la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1 quienes presentan la menor y la mayor variación respectivamente.
- El MTTR tuvo una variación negativa en cada equipo crítico. Esta variación porcentual se encuentre en el intervalo de [-49.25%; -3.05%] siendo el Horno de Vitricado N° 1 y el Brazo Robótico N° 1 quienes presentan la menor y la mayor variación respectivamente.
- La D_i tuvo una variación positiva en cada equipo crítico. Esta variación porcentual se encuentre en el intervalo de [0.12%; 0.91%] siendo el Horno de Secado N° 1 y el Horno de Vitricado N° 1 quienes presentan la menor y la mayor variación respectivamente.

TABLA 4.18.

Valores de MTBF, MTTR y D_i obtenidos con cálculos puntuales. Variación porcentual entre el año 2017 y año 2018

N°	EQUIPO	INDICADOR	CÁLCULO PUNTUAL		VARIACIÓN PORCENTUAL
			AÑO 2017	AÑO 2018	Δ%
1	BRAZO ROBÓTICO N° 1	MTBF	794.42 horas	1750.34 horas	120.33%
		MTTR	2.13 horas	2.07 horas	-3.05%
		D _i	99.732%	99.882%	0.15%
2	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	MTBF	394.99 horas	1249.17 horas	216.26%
		MTTR	3.35 horas	2.64 horas	-21.27%
		D _i	99.160%	99.789%	0.64%
3	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	MTBF	969.71 horas	2188.77 horas	125.71%
		MTTR	4.08 horas	2.28 horas	-44.10%
		D _i	99.581%	99.896%	0.32%
4	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	MTBF	970.56 horas	2188.94 horas	125.53%
		MTTR	3.12 horas	1.96 horas	-37.08%
		D _i	99.680%	99.910%	0.23%
5	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	MTBF	1248.55 horas	2188.18 horas	75.26%
		MTTR	3.36 horas	2.42 horas	-27.83%
		D _i	99.732%	99.889%	0.16%
6	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	MTBF	872.30 horas	1750.55 horas	100.68%
		MTTR	4.11 horas	2.37 horas	-42.34%
		D _i	99.531%	99.865%	0.34%
7	HORNO DE VITRIFICADO N° 1	MTBF	619.01 horas	1457.78 horas	135.50%
		MTTR	7.22 horas	3.66 horas	-49.25%
		D _i	98.847%	99.749%	0.91%
8	HORNO DE SECADO N° 1	MTBF	1457.01 horas	2187.96 horas	50.17%
		MTTR	3.59 horas	2.72 horas	-24.31%
		D _i	99.754%	99.876%	0.12%
9	EMPOLVADORA N° 1	MTBF	873.08 horas	1750.30 horas	100.47%
		MTTR	3.24 horas	2.13 horas	-34.43%
		D _i	99.630%	99.879%	0.25%
BLOQUE PLANO		MTBF	93.47 horas	240.87 horas	157.69%
		MTTR	3.90 horas	2.53 horas	-35.18%
		D _i	95.993%	98.961%	3.09%

Fuente: American Glass Products

4.12 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS ANUALES POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Normalmente en los procesos productivos, las fallas imprevistas de los equipos interrumpen el normal flujo de la producción, ocasionando consecuencias que van más allá del costo asociados a la reparación, ya que por ese lapso de tiempo no se podrá producir generando pérdidas económicas a la empresa.

Para el cálculo del costo por perdida de producción asociado a la indisponibilidad a causa de las fallas acontecidas en los equipos críticos, la empresa donde se realizó la presente investigación considero la siguiente formula:

$$CPPI = CID \times \sum TTR$$

Donde:

- CPPI: Costo por perdida de producción por indisponibilidad
- CID: Costo de la indisponibilidad por hora. Este valor se obtiene del producto de:
 - Producción por hora (piezas / hora)
 - Costo por pieza no producida (S/. / pieza)
- ΣTTR : Sumatoria de los tiempos de reparación

En la tabla 4.19 se muestra el Costo de la Indisponibilidad (CID) por cada equipo.

TABLA 4.19.

Costo por hora de la Indisponibilidad por equipo

Nº	EQUIPO	PRODUCCIÓN POR HORA (piezas / hora)	COSTO POR PIEZA NO PRODUCIDA (S/. / pieza)	COSTO DE LA INDISPONIBILIDAD (S/. / hora)
1	BRAZO ROBÓTICO Nº 1	30	75.00	2,250.00
2	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO Nº 1	30	115.00	3,450.00
3	LAVADORA Nº 1 DE VIDRIO PLANO	30	135.00	4,050.00
4	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 1	15	165.00	2,475.00
5	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 2	15	165.00	2,475.00
6	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 3	15	165.00	2,475.00
7	HORNO DE SECADO Nº 1	15	195.00	2,925.00
8	HORNO DE VITRIFICADO Nº 1	15	235.00	3,525.00
9	EMPOLVADORA Nº 1	15	260.00	3,900.00

Fuente: American Glass Products

4.12.1 COSTOS POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO – AÑO 2017

En la tabla 4.20 se muestra los costos por perdida de producción debido a la indisponibilidad de los equipos críticos generada por las fallas acontecidas en dichos equipos durante el año 2017.

TABLA 4.20.

Costos por perdida de producción debido a indisponibilidad de los equipos críticos – año 2017

Nº	EQUIPO	$\sum TTR$	COSTO DE LA INDISPONIBILIDAD (S./ hora)	COSTO TOTAL POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN (S./.)
1	BRAZO ROBÓTICO Nº 1	21.35	2,250.00	48,037.50
2	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO Nº 1	70.31	3,450.00	242,569.50
3	LAVADORA Nº 1 DE VIDRIO PLANO	32.61	4,050.00	132,070.50
4	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 1	24.96	2,475.00	61,776.00
5	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 2	20.15	2,475.00	49,871.25
6	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 3	36.99	2,475.00	91,550.25
7	HORNO DE SECADO Nº 1	17.95	2,925.00	52,503.75
8	HORNO DE VITRIFICADO Nº 1	93.83	3,525.00	330,750.75
9	EMPOLVADORA Nº 1	29.17	3,900.00	113,763.00
			TOTAL (S./.)	1,122,892.50

Fuente: American Glass Products

4.12.2 COSTO POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO – AÑO 2018

En la tabla 4.21 se muestra los costos por perdida de producción debido a la indisponibilidad de los equipos críticos generada por las fallas acontecidas en dichos equipos durante el año 2018.

TABLA 4.21.

Costos por pérdida de producción debido a indisponibilidad de los equipos críticos – año 2018

Nº	EQUIPO	$\sum TTR$	COSTO DE LA INDISPONIBILIDAD (S./ hora)	COSTO TOTAL POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN (S./)
1	BRAZO ROBÓTICO Nº 1	8.28	2,250.00	18,630.00
2	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO Nº 1	15.81	3,450.00	54,544.50
3	LAVADORA Nº 1 DE VIDRIO PLANO	6.84	4,050.00	27,702.00
4	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 1	5.89	2,475.00	14,577.75
5	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 2	7.27	2,475.00	17,993.25
6	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 3	9.48	2,475.00	23,463.00
7	HORNO DE SECADO Nº 1	8.15	2,925.00	23,838.75
8	HORNO DE VITRIFICADO Nº 1	18.32	3,525.00	64,578.00
9	EMPOLVADORA Nº 1	8.5	3,900.00	33,150.00
			TOTAL (S./)	278,477.25

Fuente: American Glass Products

4.12.3 COMPARATIVO DE LOS COSTOS POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA INDISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS – AÑO 2017 Y AÑO 2018

En la tabla 4.22 se muestra la comparación entre el año 2017 y año 2018 de los costos por pérdida de producción debido a la indisponibilidad de los equipos críticos generada por las fallas acontecidas en dichos equipos.

Se observa que, existe una reducción de S/.844,415.25 del costo total por pérdida de producción por fallas entre el año 2017 y el año 2018. Esto representa una variación porcentual significativa de -75.2%.

TABLA 4.22.

Comparativo de los Costos por pérdida de producción debido a la indisponibilidad de los equipos críticos – año 2017 y año 2018

N°	EQUIPO	COSTO TOTAL POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN		REDUCCIÓN DEL COSTO TOTAL POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN (S/.)	VARIACIÓN PORCENTUAL $\Delta\%$
		AÑO 2017	AÑO 2018		
1	BRAZO ROBÓTICO N° 1	48,037.50	18,630.00	29,407.50	-61.2%
2	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO N° 1	242,569.50	54,544.50	188,025.00	-77.5%
3	LAVADORA N° 1 DE VIDRIO PLANO	132,070.50	27,702.00	104,368.50	-79.0%
4	IMPRESORA DE VIDRIO N° 1	61,776.00	14,577.75	47,198.25	-76.4%
5	IMPRESORA DE VIDRIO N° 2	49,871.25	17,993.25	31,878.00	-63.9%
6	IMPRESORA DE VIDRIO N° 3	91,550.25	23,463.00	68,087.25	-74.4%
7	HORNO DE SECADO N° 1	52,503.75	23,838.75	28,665.00	-54.6%
8	HORNO DE VITRIFICADO N° 1	330,750.75	64,578.00	266,172.75	-80.5%
9	EMPOLVADORA N° 1	113,763.00	33,150.00	80,613.00	-70.9%
TOTAL (S/.)		1,122,892.50	278,477.25	844,415.25	-75.2%

Fuente: American Glass Products

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS FORMULADAS.

En general, la contrastación o verificación de la hipótesis principal es la razón de todo trabajo de investigación, dado que está relacionado con el objetivo que se persigue.

Al respecto, en la presente investigación, la contrastación de la hipótesis principal se sustenta en la verificación de las hipótesis específicas que se han formulado en el Capítulo I, ítem 1.6.2.

En ese contexto, en el Capítulo III, ítem 3.1, se realizó un análisis de la gestión del mantenimiento en la empresa durante el periodo 2017 a través de una Auditoría de gestión. Las áreas evaluadas y los Índices de Conformidad (IC) obtenidos fueron:

- Recursos Gerenciales (IC: 47.6%)
- Soporte, Calidad y Motivación (IC: 47.1%)
- Gerencia de la Información (Software de Mantenimiento) (IC: 41.3%)
- Planificación y Ejecución (IC: 39.6%)
- Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo (IC: 35.1%)

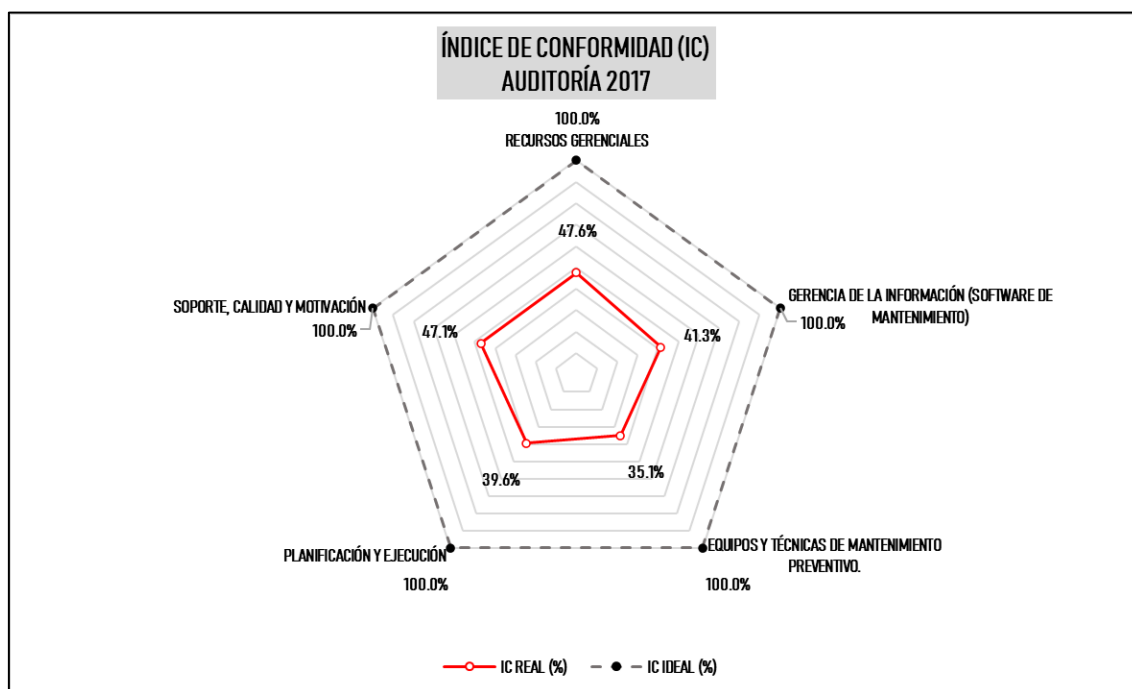
El Índice de Conformidad de la Gestión del Mantenimiento fue de 42.2% (ver Capítulo III, Tabla 3.1) lo cual indica que la empresa contaba con un modelo de gestión “Por debajo del promedio”. Este es un nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar. Esto era evidente dado que:

- No se tenían identificado los equipos críticos de los diferentes bloques productivos.
- No se había definido las estrategias de mantenimiento a aplicar a cada equipo según su criticidad.
- No se contaba con planes de mantenimiento preventivo, se trabajaba atendiendo correctivos programados y/o no programados.
- No se contaba con un plan de inspecciones rutinarias.
- No se atacaba la causa raíz de los fallos, se daban soluciones temporales con la finalidad de dar continuidad al proceso productivo.

En la figura 5.1 se observa los Índices de Conformidad (IC) obtenidos por área evaluada.

FIGURA 5.1.

Diagrama Radar – Resultados de la Auditoría de Mantenimiento 2017



Fuente: American Glass Products

De lo analizado, se deduce que la **primera hipótesis específica** que menciona: “El índice de conformidad de la Gestión del mantenimiento de periodo 2017 categoriza la gestión del mantenimiento con un “nivel no muy bueno””, **es cierta**, dado que, el valor obtenido es de 42.2%.

De otro lado, en el Capítulo III, ítem 3.4 se evaluó la criticidad de los cincuenta y cinco (55) equipos que conforman el bloque plano. Se determinó que nueve (09) equipos son críticos. Estos equipos son: el Brazo Robótico N° 1, la Máquina CNC de Corte y Pulido N° 1, la Lavadora N° 1 de Vidrio Plano, la Impresora de Vidrio N° 1, la Impresora de Vidrio N° 2, la Impresora de Vidrio N° 3, el Horno de Vitricado N° 1, el Horno de Secado N° 1 y la Empolvadora N° 1.

Del análisis realizado queda demostrado que la **segunda hipótesis específica**, que establece: “La mayor cantidad de equipos del bloque plano son críticos”, **es falsa** dado que la cantidad de equipo críticos es 9 lo que representa el 16.4% de los 55 equipos que forman el bloque plano.

Así mismo, en el Capítulo III, ítems del 3.6 al 3.9 se realizó el cálculo del Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) con el objetivo de calcular la Disponibilidad inherente (D_i) de cada equipo crítico, así como del bloque plano. Dichos valores nos mostraron que pese a tener valores altos de disponibilidad por equipo, esto debido a que, los valores de MTTR eran ínfimos en comparación con los MTBF, las fallas se presentaban con una frecuencia menor a 4 días a nivel todo el bloque plano repercutiendo directamente en la disponibilidad de este, 95.993%.

En la tabla 5.1 se muestra los valores de MTBF, MTTR y D_i obtenidos antes del diseño e implementación del Mantenimiento Preventivo.

TABLA 5.1.

Valores de MTBF, MTTR y D_i – Año 2017

Nº	EQUIPO	CANTIDAD DE FALLAS	MTBF (horas)	MTBF (días)	MTTR (horas)	D_i
1	HORNO DE SECADO Nº 1	5	1457.01	60.71	3.59	99.754%
2	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 2	6	1248.55	52.02	3.36	99.732%
3	LAVADORA Nº 1 DE VIDRIO PLANO	8	969.71	40.40	4.08	99.581%
4	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 1	8	970.56	40.44	3.12	99.680%
5	IMPRESORA DE VIDRIO Nº 3	9	872.30	36.35	4.11	99.531%
6	EMPOLVADORA Nº 1	9	873.08	36.38	3.24	99.630%
7	BRAZO ROBÓTICO Nº 1	10	794.42	33.10	2.13	99.732%
8	HORNO DE VITRIFICADO Nº 1	13	619.01	25.79	7.22	98.847%
9	MÁQUINA CNC DE CORTE Y PULIDO Nº 1	21	394.99	16.46	3.35	99.160%
BLOQUE PLANO		89	93.47	3.89	3.90	95.993%

Fuente: American Glass Products

De lo analizado, se deduce que la **tercera hipótesis específica** que menciona: “Los actuales indicadores de gestión del mantenimiento son deficientes.”, **es cierta**, dado que, los indicadores MTBF y MTTR repercuten negativamente en la Disponibilidad de los equipos críticos.

De otra parte, en el Capítulo IV, ítem 4.12.1 e ítem 4.12.2 se determinaron los costos de perdida de producción debido a la indisponibilidad de los equipos críticos generada por las fallas acontecidas en dichos equipos durante el año 2017 y 2018 respectivamente. Así mismo, en el Capítulo IV, ítem 4.12.3 se realizó un comparativo de estos costos antes de la implementación (año 2017) y después de la implementación (año 2018) del mantenimiento preventivo. Se evidencia que existe una reducción significativa en dichos

costos igual a S/. 844,415.25 (ver Capítulo IV, Tabla 4.22), lo cual se traduce en un impacto positivo para la empresa

De la evaluación y análisis realizado, se concluye que la **cuarta hipótesis** específica que establece *“Los costos actuales por indisponibilidad de equipos son altos.”*, **es cierta** dado que los costos por pérdida de producción debido a la indisponibilidad de equipos es un monto alto (S/.1,122,892.50).

Finalmente, habiendo contrastado las cuatro (4) hipótesis específicas en las cuales se sustenta la hipótesis principal de la investigación que menciona:

“El diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo incrementará positivamente la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano.”

Se concluye, que dicha hipótesis principal queda verificada.

CONCLUSIONES

1. Del análisis de criticidad realizado se determinó que la cantidad de equipo críticos es 9 lo que representa el 16.4% de los 55 equipos que forman el bloque plano. Estos equipos son:
 - Brazo Robótico N° 1
 - Maq. CNC de Corte y Pulido N° 1
 - Lavadora N° 1 de Vidrio Plano
 - Impresora de Vidrio N° 1
 - Impresora de Vidrio N° 2
 - Impresora de Vidrio N° 3
 - Horno de Vitrificado N° 1
 - Horno de Secado N° 1
 - Empolvadora N° 1
2. De la auditoria efectuada a la Gestión del mantenimiento durante el periodo 2017, se concluye que dicha gestión esta “Por debajo del promedio” / nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar”.
3. El diseño e implementación del mantenimiento preventivo redujo como mínimo un 40% las fallas por equipo. Ver Capítulo IV, ítem 4.3.1, tabla 4.13.
4. El diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo generó una variación porcentual positiva en el tiempo medio entre fallas (MTBF). Ver Capítulo IV, ítem 4.11, tabla 4.18.
5. El diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo generó una variación porcentual negativa en el tiempo medio de reparación (MTTR). Ver Capítulo IV, ítem 4.11, tabla 4.18.
6. El diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo generó una variación porcentual positiva en la Disponibilidad Inherente (Di). Ver el Capítulo IV, ítem 4.11, tabla 4.18.
7. El incremento de la Disponibilidad redujo en un 75.2% los costos por perdida de producción a causa de parada de equipos por fallas. Ver Capítulo IV, ítem 4.12.3, tabla 4.22.

RECOMENDACIONES

1. Replicar el mantenimiento preventivo a los demás bloques que forman parte del proceso productivo con la finalidad de mejorar la disponibilidad y reducir los costos por pérdidas de producción como consecuencia de fallas frecuentes en los equipos.
2. Evaluar de forma periódica la gestión del mantenimiento con el fin de identificar oportunidades de mejora y establecer planes de acción para reducir las brechas que se identifiquen en relación con una Gestión de clase mundial.
3. Evaluar de forma periódica los planes de mantenimiento para identificar oportunidades de mejora en relación con las actividades preventivas, frecuencias, recursos, tiempos de ejecución, etc.; con el fin de optimizar los costos de operativos.
4. Se recomienda capacitar al personal de mantenimiento en herramientas de confiabilidad tales como análisis de criticidad, análisis de modo y efecto de fallos (AMEF), análisis causa raíz (ACR), entre otras. Esto permitirá mejorar la Gestión del Mantenimiento de los equipos de la empresa.

REFERENCIAS

Aldana Gallo, César Román (2019). Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la Unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A.[Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Callao – Perú].

<http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4374/aldana%20gall%20o%20fime%20maestria%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arroyo Vaca, C. S., y Obando Quito, R. F. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. E-IDEA Journal of Engineering Science, 4 (10), 59- 69.

<https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id240>

De Armas García, Raúl (2008). Auditoria de gestión. Conceptos y métodos. Editorial Félix Varela. Cuba.

Duffuaa, Salih O., Raouf A. y Dixon Campbell, John (2000). Sistemas de mantenimiento. Planeación y control. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México

Estupiñán Gaitán, Rodrigo (2015). Administración de riesgos E.R.M. y la auditoría interna. Editorial Ecoe Ediciones. Colombia.

García Garrido, Santiago (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Diaz de Santos. España.

García Palencia, Oliveiro (2012). Gestión moderna del mantenimiento industrial - Principios fundamentales. Ediciones de la U. Colombia.

Medrano Márquez, José Á., Gonzáles Ajuech, Victor L., Días de León Santiago, Vicente M. (2017). Mantenimiento. Técnicas y aplicaciones industriales. Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V. México

Mora García, Luis Aníbal (2008). Indicadores de la gestión logística. Editorial Ecoe Ediciones. Colombia.

- Mora Gutiérrez, Alberto (2009). Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Editorial Alfaomega. México
- Münch, Lourdes (2014). Gestión Organizacional, enfoque y proceso administrativo. Editorial Pearson Educación. México.
- Olarte C., William, Botero A., Marcela y Cañon A., Benhur (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria.
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249041.pdf>
- Parra, Carlos y Crespo Márquez, Adolfo (2019). Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos.
https://www.researchgate.net/publication/342926771_Metodos_de_Analisis_de_Criticidad_y_Jerarquizacion_de_Activos
- Parra, Carlos y Crespo Márquez, Adolfo (2017). Técnicas de auditoria aplicadas en los procesos de Gestión del Mantenimiento y de la Confiabilidad.
<http://www.mantenimientomundial.com/notas/Tecnicas-Auditoria.pdf>
- Prat Planas, Miguel (2014). Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora industrial digital.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23229/Resum.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ramírez Martínez, Marle Cecilia y Carbonell Soto, Dilú Virginia (2020). Indicadores de gestión de mantenimiento en empresas de servicio petrolero. Artículo de investigación. Revista en Ingeniería.
<https://revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/article/view/63/118>
- Tavares, Lourival Augusto (2000). Administración moderna de mantenimiento. Editorial Novo Polo Publicações - Brasil.
<https://soportec.files.wordpress.com/2010/06/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf>

Uzcátegui S., Marjorie J. (2014). Gestión del mantenimiento de la maquinaria pesada del proceso de carga y transporte de la empresa “Construcciones Asfalto Andes, C.A”. [Tesis de Maestría, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez” - Cuba].

<http://200.14.55.73/bitstream/handle/123456789/1843/Uzc%c3%a1teguiS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Viscaíno Cuzco, Mayra Alexandra (2016). Desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de Cuenca. [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4752/1/20T00718.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1:	FOTOGRAFÍAS DE EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO	1
ANEXO N° 2:	SISTEMA O ESTRUCTURA EN SERIE	2
ANEXO N° 3:	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	3

ANEXO N° 1: FOTOGRAFÍAS DE EQUIPOS CRÍTICOS DEL BLOQUE PLANO

Maquina CNC de Corte y Pulido N° 1



Fuente: American Glass Products

Horno de Vitrificado N° 1



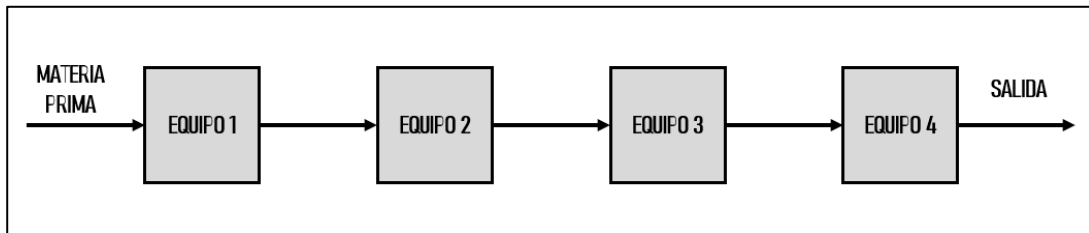
Fuente: American Glass Products

ANEXO N° 2: SISTEMA O ESTRUCTURA EN SERIE

Es aquella en que todos los equipos deben funcionar adecuadamente para que funcione el sistema. Una falla en uno de los equipos implica la no funcionalidad de todo el sistema

El concepto de un circuito en serie se utiliza para definir una representación gráfica de una estructura en serie.

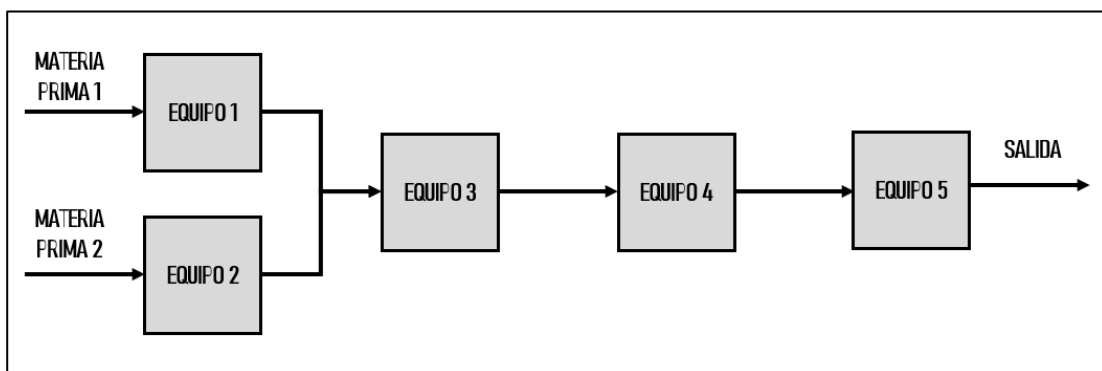
Distribución clásica de equipos en serie



Fuente: Mora (2009)⁹

El sistema en serie no necesariamente tiene que estar físicamente conectado de esta manera; por ejemplo, un sistema con dos equipos en paralelo en el cual para que el sistema funcione correctamente, los dos equipos tienen que funcionar; es un sistema o estructura cuyos equipos, desde el punto de vista de la confiabilidad, están conectados en serie.

Distribución funcional de equipos en serie



Fuente: Mora (2009)⁹

Se considera que un equipo se encuentra configurado en serie cuando su indisponibilidad, produce la indisponibilidad de todo el sistema.

ANEXO N° 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz.						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
GENERAL						
¿Será la falta de un plan de mantenimiento preventivo lo que ocasiona la baja disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz?	Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo que coadyuve a incrementar la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano en una empresa de vidrio laminado automotriz.	El diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo incrementará positivamente la disponibilidad de los equipos críticos del bloque plano.	Variable independiente (X1): Diseño de un plan de mantenimiento preventivo	Índice de Conformidad (IC) Criticidad de Equipos	Unidad de análisis <ul style="list-style-type: none"> • 9 Equipos (total equipos críticos) de un total de 55 equipo que conforman el bloque. Fuente de información: <ul style="list-style-type: none"> • Datos primarios 	
ESPECÍFICOS						
PE1: ¿Será la falta de auditoria lo que impacta en el control de la gestión del mantenimiento de los equipos del bloque plano?	OE1: Determinar el índice de conformidad (IC) en base a la Auditoria.	HE1: El índice de conformidad de la Gestión del mantenimiento de periodo 2017 categoriza la gestión del mantenimiento con un “nivel no muy bueno”	Variable independiente (X2): Implementación de un plan de mantenimiento preventivo	Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo (CMPV)	Tipo de investigación: <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada Nivel de investigación: <ul style="list-style-type: none"> • Descriptivo • Explicativa o Causal 	
PE2: ¿ De que manera los equipos críticos de la línea de producción influyen en la baja disponibilidad de estos?	OE2: Analizar la criticidad de los equipos.	HE2: La mayor cantidad de equipos del bloque plano son críticos.		Índice del Mantenimiento Preventivo (IMPV)	Diseño de la investigación: <ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa • Experimental 	
PE3: ¿ Será los indicadores de gestión de mantenimiento los que ocasionan la baja disponibilidad de los equipos?	OE3: Determinar los indicadores de Gestión del Mantenimiento (MTBF, MTTR y Disponibilidad) antes y después de la implementación.	HE3: Los actuales indicadores de gestión del mantenimiento son deficientes.	Variable dependiente (Y): Disponibilidad Inherente de equipos	Tiempo medio de reparación de fallas (MTTR)	Técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Observación • Encuesta 	
PE4: ¿De que manera la falta de mantenimiento de los equipos ocasiona un incremento en los costos operacionales?	OE4: Determinar los costos por indisponibilidad antes y después de la implementación.	HE4: Los costos actuales por indisponibilidad de equipos son altos.		Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Instrumentos <ul style="list-style-type: none"> • Hojas de inspección • Cuestionario 	
				Disponibilidad Inherente de equipos (D _i)	Procesamiento de la Información <ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Excel 	
				Costo por indisponibilidad de equipos (CPIE)	Periodo de Análisis <ul style="list-style-type: none"> • 2017-2018 	

Fuente: Elaboración propia