



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA MECÁNICA

TEMA:

**“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LOS MOLDES DE INYECCIÓN EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE
LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN C.L”**

Autor: Elizabeth Cristina Quinatoa Chato

Tutor: Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.

AMBATO - ECUADOR

Marzo - 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniera Mecánica, con el tema: “**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLDES DE INYECCIÓN EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN C.L**”, elaborado por la Srta. Elizabeth Cristina Quinatoa Chato, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804388013, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto Técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023



.....
Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg

TUTOR

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

Yo, Elizabeth Cristina Quinatoa Chato, con C.I. 1804388013 declaro que el contenido desarrollado en el presente proyecto técnico con el tema: “**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLDES DE INYECCIÓN EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN C.L**” así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



.....
Elizabeth Cristina Quinatoa Chato
C.I. 1804388013
AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto Técnico, con los fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Ambato, marzo 2023



.....
Elizabeth Cristina Quinatoa Chato
C.I. 1804388013
AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el Proyecto Técnico, realizado por la estudiante Elizabeth Cristina Quinatoa Chato de la carrera de Ingeniería Mecánica bajo el Tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLDES DE INYECCIÓN EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN C.L”**

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



.....
Ing. Alejandra Lascano Moreta, Mg
MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, Mg
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación quiero dedicarlo primero a Dios por ayudarme en todo momento y haberme permitido cumplir este objetivo, guiando mis pasos y dándome la fortaleza y la fe necesaria para seguir en momentos de adversidad.

A mis padres Olmedo y Carmen que son mi ejemplo de perseverancia y fuerza quienes con su infinito amor supieron aconsejarme y mantenerme firme para cumplir este sueño, ellos que siempre confiaron en mi brindándome su apoyo en todo momento.

A mis hermanas Paulina y Alexandra por ser mujeres fuertes y valientes que han sabido salir adelante con optimismo y firmeza, por estar siempre presentes con su cariño y apoyo incondicional y por siempre creer en mí,

A mis hermanos por sus cuidados y su apoyo a lo largo de este trayecto, por enseñarme a ser una gran persona y una excelente profesional.

A mi familia y amigos que formaron parte de este sueño.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad técnica de Ambato, y de manera especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica, a mis docentes que supieron compartir sus conocimientos y formarme como profesional.

A mis padres y familia por su paciencia y apoyo, gracias por sus oraciones y consejos en toda esta etapa.

Un agradecimiento especial a mi tutor Ing. Mg Christian Castro, por su apoyo, por compartir sus conocimientos y ayudarme en el desarrollo del presente trabajo de técnico de titulación.

A la empresa Halley corporación C.L. por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de realizar este proyecto técnico en sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Fundamentación teoría	4
1.3.1. Moldes de inyección	4
1.3.2. Función de los moldes de inyección	5
1.3.3. Partes de un molde de inyección.....	6
1.3.3.1. Parte fija del molde	7
1.3.3.2. Parte móvil del molde	8
1.3.4. Clasificación de los moldes de inyección	9
1.3.5. Montaje y desmontaje de moldes.....	11
1.3.6. Sistemas de funcionamiento del molde de inyección	12
1.3.7. Factores que influyen en el proceso de moldeo	12
1.3.8. Mantenimiento	13
1.3.8.1. Mantenimiento Correctivo	14
1.3.8.2. Mantenimiento preventivo	15
1.3.8.2.1. Clasificación del mantenimiento preventivo.....	16
1.3.8.2.2. Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.....	16
1.3.8.2.3. Pasos para el mantenimiento preventivo	17
1.3.9. Método de Weibull.....	18

1.3.10. Matriz AMFE	19
CAPÍTULO II	22
METODOLOGÍA	22
2.1. Materiales y recursos	22
2.1.1. Recursos humanos.....	22
2.1.2. Recurso Materiales.....	22
2.1.3. Recursos institucionales	22
2.1.4. Recursos Económicos	23
2.2. Métodos	23
2.3. Tipo de investigación	23
2.3.1. Explorativo.....	23
2.3.2. Descriptivo	24
2.3.3. Deductivo	24
2.4. Actividades directrices para el desarrollo del proyecto.....	24
2.5. Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento.....	25
CAPÍTULO III.....	26
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	26
3.1.1. Análisis de la situación actual.....	26
3.1.2. Organigrama de la empresa.....	27
3.1.3. Proceso productivo de la empresa.....	28
3.1.4. Proceso de mantenimiento	28
3.1.5. Valoración externa de los moldes	29
3.1.6. Inventario de moldes	29
3.1.7. Aspectos importantes previo al desarrollo del plan de mantenimiento	35
3.1.8. Fichas técnicas de los moldes	35
3.1.8.1. Molde de 1 cavidad	36
3.1.8.2. Molde de 2 cavidades	77
3.1.8.3. Molde de 20 cavidades	111
3.1.8.4. Molde de 4 cavidades con pistón	145
3.1.8.5. Molde de 3 placas.....	180
CAPITULO IV.....	215
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	215
BIBLIOGRAFÍA	218
ANEXOS	220

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de moldeo [9].....	6
Figura 2: Partes de un molde de inyección [10]	7
Figura 3: Partes de la parte fija del molde [10]	7
Figura 4: Molde de dos placas a) cerrado – b) abierto [13].....	11
Figura 5: Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo [20].....	16
Figura 6: Método de Weibull con diferentes valores de escala [24]	19
Figura 7: Distribución de Weibull con un valor umbral de 0,5 a 10 [24].....	19
Figura 8: Diagrama de flujo de la investigación.....	25
Figura 9: Organigrama de la empresa	27
Figura 10: Proceso productivo	28
Figura 11: Proceso de mantenimiento	28
Figura 12: Tiempo medio entre fallos vs Disponibilidad Molde de 1 cavidad.....	46
Figura 13: Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad Molde de 1 cavidad.....	46
Figura 14: Fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 1 cavidad	58
Figura 15: Infiabilidad vs tiempo de operación del molde de 1 cavidad.....	59
Figura 16: Papel de Weibull para el molde de 1 cavidad	61
Figura 17: Fiabilidad vs Tiempo de Operación.....	63
Figura 18: Gráfica MTBF vs D del molde de 2 cavidades	83
Figura 19: Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad Molde de 2 cavidades...	83
Figura 20: Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 2 cavidades	94
Figura 21: Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación del molde de 2 cavidades ..	94
Figura 22: Papel de Weibull del molde de 2 cavidades	96
Figura 23: Fiabilidad vs Tiempo de Operación.....	98
Figura 24: Gráfica MTBF vs D del molde de 20 cavidades	117
Figura 25: Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad Molde de 20 cavidades	117
Figura 26: Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 20 cavidades .	128
Figura 27: Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación del molde de 20 cavidades	128
Figura 28: Papel de Weibull del molde de 20 cavidades	130
Figura 29: Fiabilidad vs Tiempo de Operación.....	132
Figura 30: Gráfica MTBF vs D del molde con pistones	151
Figura 31: Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad Molde de pistones	151
Figura 33: Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación del molde con pistones....	163
Figura 34: Papel de Weibull del molde con pistones.....	165
Figura 35: Fiabilidad vs Tiempo de Operación.....	167
Figura 36: Gráfica MTBF vs D del molde de 3 placas	186
Figura 37: Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad molde de 3 placas	186
Figura 38: Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 3 placas	197
Figura 39: Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación del molde de 3 placas	197
Figura 40: Papel de Weibull del molde de 3 placas	199
Figura 41: Fiabilidad vs Tiempo de Operación.....	201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo [25]	20
Tabla 2. Clasificación de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo [25].....	20
Tabla 3. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo [25]	21
Tabla 4. Presupuesto	23
Tabla 5. Inventario de moldes	30
Tabla 6. Moldes de 2 y 3 placas	35
Tabla 7. Ficha técnica molde de 1 cavidad	36
Tabla 8: Lista de componentes.....	37
Tabla 9. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 1 cavidad.....	41
Tabla 10. Criterios de valoración	47
Tabla 11. Matriz AMFE molde de 1 cavidad.....	48
Tabla 12. Datos estadísticos del molde de 1 cavidad.....	54
Tabla 13. Cálculos para obtener la varianza.	55
Tabla 14. Parámetros iniciales del molde 1 cavidad	57
Tabla 15. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde de 1 cavidad.....	57
Tabla 16. Cálculo de la falla acumulativa para el molde de 1 cavidad.....	59
Tabla 17. Parámetros de fallas del molde de 1 cavidad	61
Tabla 18. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.....	62
Tabla 19. Frecuencia de mantenimiento	64
Tabla 20. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de enero	65
Tabla 21. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de febrero	66
Tabla 22. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de marzo.....	67
Tabla 23. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de abril.....	68
Tabla 24. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de mayo	69
Tabla 25. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de junio.....	70
Tabla 26. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de julio.....	71
Tabla 27. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de agosto.....	72
Tabla 28. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de septiembre	73
Tabla 29. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de octubre	74
Tabla 30. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de noviembre	75
Tabla 31. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de diciembre	76
Tabla 32. Ficha técnica molde de 2 cavidades	77
Tabla 33: Lista de componentes.....	78
Tabla 34. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 2 cavidades	81
Tabla 35. Matriz AMFE para el molde de 2 cavidades.....	85
Tabla 36. Datos estadísticos del molde de 2 cavidades.....	91

Tabla 37. Datos calculados del molde de 2 cavidades	92
Tabla 38. Parámetros iniciales del molde de 2 cavidades	93
Tabla 39. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde de 2 cavidades.....	93
Tabla 40. Cálculo del porcentaje de falla acumulativa	95
Tabla 41. Parámetros de fallas del molde de 2 cavidades	96
Tabla 42. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.....	97
Tabla 43. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de enero	99
Tabla 44. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de febrero	100
Tabla 45. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de marzo	101
Tabla 46. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de abril.....	102
Tabla 47. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de mayo	103
Tabla 48. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de junio.....	104
Tabla 49. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de julio.....	105
Tabla 50. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de agosto.....	106
Tabla 51. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de septiembre	107
Tabla 52. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de octubre	108
Tabla 53. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de noviembre	109
Tabla 54. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de diciembre	110
Tabla 55. Ficha técnica molde de 20 cavidades	111
Tabla 56: Lista de componentes.....	112
Tabla 57. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 20 cavidades	115
Tabla 58. Matriz AMFE para el molde de 20 cavidades.....	119
Tabla 59. Datos estadísticos del molde de 20 cavidades.....	125
Tabla 60. Datos calculados del molde de 20 cavidades	126
Tabla 61. Parámetros iniciales del molde de 20 cavidades	127
Tabla 62. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde de 20 cavidades.....	127
Tabla 63. Cálculo del porcentaje de falla acumulativa	129
Tabla 64. Parámetros de fallas del molde de 20 cavidades	130
Tabla 65. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull	131
Tabla 66. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de enero	133
Tabla 67. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de febrero	134
Tabla 68. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de marzo.....	135
Tabla 69. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de abril	136

Tabla 70. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de mayo.....	137
Tabla 71. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de junio	138
Tabla 72. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de julio	139
Tabla 73. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de agosto	140
Tabla 74. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de septiembre	141
Tabla 75. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de octubre.....	142
Tabla 76. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de noviembre	143
Tabla 77. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de diciembre.....	144
Tabla 78. Ficha técnica molde 4 cavidades con pistón	145
Tabla 79: Lista de componentes.....	146
Tabla 80. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 4 cavidades con pistones.....	149
Tabla 81. Matriz AMFE para el molde con pistones	153
Tabla 82. Datos estadísticos del molde con pistones	160
Tabla 83. Datos calculados del molde con pistones.....	161
Tabla 84. Parámetros iniciales del molde con pistones.....	162
Tabla 85. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde con pistones	162
Tabla 86. Cálculo del porcentaje de falla acumulativa	164
Tabla 87. Parámetros de fallas del molde con pistones.....	165
Tabla 88. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.	166
Tabla 89. Gama de mantenimiento del molde de 4 cavidades con pistones correspondiente al mes de enero	168
Tabla 90. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de febrero	169
Tabla 91. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de marzo.....	170
Tabla 92. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de abril	171
Tabla 93. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de mayo.....	172
Tabla 94. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de junio	173
Tabla 95. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de julio	174
Tabla 96. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de agosto	175
Tabla 97. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de septiembre	176
Tabla 98. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de octubre.....	177
Tabla 99. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de	

noviembre.....	178
Tabla 100. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de diciembre	179
Tabla 101. Ficha técnica molde de 3 placas con 4 cavidades	180
Tabla 102: Lista de componentes.....	181
Tabla 103. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 3 placas	184
Tabla 104. Matriz AMFE para el molde de 3placas	188
Tabla 105. Datos estadísticos del molde de 3 placas	194
Tabla 106. Datos calculados del molde de 3 placas.....	195
Tabla 107. Parámetros iniciales del molde de 3 placas.....	196
Tabla 108. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde de 3 placas	196
Tabla 109. Cálculo del porcentaje de falla acumulativa	198
Tabla 110. Parámetros de fallas del molde de 3 placas.....	199
Tabla 111. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.	200
Tabla 112. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de enero.....	202
Tabla 113. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de febrero	203
Tabla 114. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de marzo.....	204
Tabla 115. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de abril	205
Tabla 116. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de mayo.....	206
Tabla 117. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de junio	207
Tabla 118. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de julio	208
Tabla 119. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de agosto	209
Tabla 120. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de septiembre	210
Tabla 121. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de octubre.....	211
Tabla 122. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de noviembre.....	212
Tabla 123. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de diciembre.....	213
Tabla 124. Cuadro comparativo entre el modelo matemático y grafico de Weibull	214

RESUMEN

El plan de mantenimiento preventivo es fundamental para una empresa, debido a que este sirve para predecir problemas menores en máquinas y componentes antes de que estos presenten fallas.

Es por eso que para llevar a cabo este proyecto técnico se tomó en cuenta las necesidades de la empresa “Halley Corporación C.L.”, de contar con un plan de mantenimiento preventivo para los moldes sabiendo lo importante que es disponer de uno, este ayudará a detectar con anticipación fallas o daños que puedan presentarse en los moldes y en sus componentes, con la finalidad de prolongar la vida útil de estos y de esta manera reducir gastos.

Para el desarrollo del plan de mantenimiento, se empezó por elaborar un inventario, donde se detalla el estado actual de los moldes, también se generó un listado de componentes y se realizaron fichas técnicas para luego proceder con un análisis de fallos y modos de fallos de los componentes por medio de la matriz AMFE basándonos en la NTP 679, finalmente se aplicó el modelo matemático y gráfico de Weibull según la NTP 331 para determinar la fiabilidad de los moldes. En consecuencia, se obtuvieron los valores numéricos y parámetros necesarios para configurar intervalos de tiempo detallados por mes, con la ayuda de bitácoras y gamas de mantenimiento en donde se realizan las acciones preventivas correspondientes, para priorizar los trabajos de mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, moldes, matriz AMFE, Weibull, NTP 679, NTP 331, bitácoras, gamas de mantenimiento.

ABSTRACT

The preventive maintenance plan is fundamental for a company, because it is used to predict minor problems in machines and components before they present failures.

That is why to carry out this technical project, the needs of the company "Halley Corporación CL" were taken into account, to have a preventive maintenance plan for the molds knowing how important it is to have one, this will help us to early detection of failures or damage that may occur in the molds and their components, in order to prolong their useful life and thus reduce costs.

For the development of the maintenance plan, an inventory was started, where the current state of the molds is detailed, a list of components was also generated and technical sheets were made to then proceed with an analysis of failures and failure modes of the components by means of the AMFE matrix based on NTP 679, finally the Weibull mathematical and graphic model was applied according to NTP 331 to determine the reliability of the molds. Consequently, the numerical values and parameters necessary to configure detailed time intervals per month were obtained, with the help of logs and maintenance ranges where the corresponding preventive actions are carried out, to prioritize maintenance work.

Keywords: Preventive Maintenance, Molds, AMFE Matrix, Weibull, NTP 679, NTP 331, Binnacles, Maintenance Ranges.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLDES DE INYECCIÓN EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN C.L”

1.1. Antecedentes investigativos

El objetivo del mantenimiento preventivo es minimizar la posibilidad de errores o evitar el fallo de los equipos, sistemas, instalaciones y equipos. En otras palabras, es la intervención prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla. En definitiva, se trata de dotar a una organización, de un sistema que le permita detectar y corregir el origen de las posibles fallas técnicas y no reparar las consecuencias, una vez que éstas se han producido [1].

La investigación denominada “Análisis del Modo y Efectos de Fallo (AMEF) para la empresa TEDASA S.A” tiene como objetivo la prevención de los posibles fallos en el proceso o maquinaria antes que se produzcan. Esta investigación se realizó mediante el levantamiento de información acerca de la maquinaria y los procesos de mantenimiento ejecutados hasta la fecha del estudio, se utilizó la matriz AMEF con toda la información recolectada de la maquinaria. Se tuvieron los siguientes resultados un total de 33 máquinas, donde 7 presentaron un nivel de riesgo medio y el resto bajo, mediante la aplicación del análisis MTBF y MTTR se obtuvo que el buen tiempo de funcionamiento es mayor al tiempo de reparación, en cuanto a la criticidad se identificaron 10 máquinas con un nivel significativo de criticidad a las cuales se aplicó la matriz AMFE, como conclusión el análisis indica que se debe priorizar el mantenimiento a 6 de las 33 máquinas en la empresa [2].

En la investigación denominada “Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para la Inyectora marca HAITIAN REF. MA3200II” se identificaron las características particulares de una maquina inyectora de poliamidas, con la finalidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo proyectado a un año, mismo que se enfocó en la filosofía de mantenimiento TPM. Para esto se realizaron diseñaron bases de datos para la recolección de información de tipo histórico, acerca del mantenimiento de la

maquinaria, procedimientos de inspección, listas de chequeo basadas en los datos de los fabricantes, operarios y técnicos, con el objetivo es crear una cultura de registro y desarrollo de medidas preventivas. Como resultado del diagnóstico de la maquinaria se presentó un programa de mantenimiento de ciclo continuo, para la conservación y funcionamiento de la máquina [3].

En el trabajo titulado “Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF” se formuló un plan de mantenimiento preventivo dirigido a los equipos de los entornos de mantenimiento mecánico industrial, mecanizado de productos metalúrgicos, mecánica de transmisión Diesel, mantenimiento de motores diese y mantenimiento electromecánico de automoción. Esta investigación se realizó en diferentes etapas, la primera dedicada al levantamiento de información técnica de todos los equipos de la organización, en la segunda etapa se clasificaron los equipos en críticos y no críticos, para la tercera fase se empleó el análisis de modo de efecto falla (AMEF) a todos los equipos catalogados como críticos. Una vez identificadas las fallas, se procedió a la creación de protocolos y cronogramas, para así poder elaborar las fichas técnicas de los equipos, mismas que son necesarias para la aplicación del plan de mantenimiento preventivo y poder garantizar la mejora continua de los equipos, incrementando su fiabilidad y disponibilidad [4].

En la investigación denominada “Optimización del plan de mantenimiento preventivo para moldes de inyección de preforma en IBERPLAST S.A.S” se busca optimizar el plan de mantenimiento preventivo de los moldes de inyección de preforma, para esto se realizó la recopilación de información del proceso productivo, además de funcionamiento del plan de mantenimiento actual de la empresa con el fin de diagnosticar cada actividad involucrada en el desarrollo de este. La investigación se apoya en la metodología PMO donde se evalúa el proceso actual de mantenimiento y las metodologías utilizada para así poder gestionar la información de los moldes y optimizar el plan. Finalmente se evaluó financieramente las actividades propuestas además del impacto ambiental generado por la aplicación de los materiales utilizados en el mantenimiento preventivo [5]

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para los moldes de inyección en el área de producción de la empresa Halley Corporación C.L.

1.2.2. Objetivos específicos

Diagnosticar el estado actual en el que se encuentran los moldes de inyección del área de producción.

Se realizará una inspección de los moldes de inyección del área de producción para determinar el estado en que se encuentran, posteriormente se hará una investigación de los planos para así identificar sus partes y como es su funcionamiento y determinar las fallas que se pueden presentar. Los planos de los moldes serán proporcionados por parte de la empresa, ya que se encuentran dentro del repositorio de esta, serán prestados por la empresa para poder realizar las investigaciones pertinentes para el presente proyecto.

Realizar un análisis de fallos y modos de fallo de los moldes de inyección mediante la matriz AMFE basándose en la NTP 679.

Para este objetivo se utilizará la nota técnica 679, la cual permitirá conocer el proceso para realizar una matriz AMFE de esta manera se podrá identificar las fallas potenciales existentes en los moldes, siguiendo los parámetros de gravedad, frecuencia y detectabilidad con esto podemos conocer y valorar los modos de fallo de los componentes.

Analizar la fiabilidad de los moldes de inyección mediante el método de Weibull según la NTP 331.

Mediante el método de Weibull podremos determinar los parámetros a partir de las estadísticas de fallas, para esto se empleará la nota técnica 331 que especifica el procedimiento que se debe seguir para el cálculo de cada parámetro mismos que son necesarios para la aplicación de métodos gráficos y matemáticos para determinar la fiabilidad

Desarrollar las bitácoras y gamas de mantenimiento preventivo para los moldes de inyección.

Las bitácoras permitirán llevar un registro detallado de las revisiones que se llevan a cabo por los operarios en cada uno de los moldes de inyección, dichos registros se obtendrán de los valores estadísticos desarrollados por el método de Weibull, de esta manera podemos evitar fallos inesperados de los componentes, además se desarrollará gamas de mantenimiento para detallar las actividades de mantenimiento preventivo de los moldes que se deben realizar mensualmente.

Tanto las bitácoras como las gamas de mantenimientos son factores fundamentales para poder lograr un mantenimiento preventivo óptimo de los moldes, por lo que se utilizará un software con el que se podrá llevar con más exactitud los procesos de mantenimiento preventivo que se ejecuten en los moldes de inyección.

1.3. Fundamentación teoría

1.3.1. Moldes de inyección

Un molde inyección es aquel que se utiliza para dar forma a una pieza inyectada con materia plástica en una maquina inyectora. El moldeo por inyección es un proceso que se realiza mediante la utilización de un molde diseñado para una pieza en específico. Se utilizan materiales como la resina sintética (plástico), los cuales se calientan y se funden para posteriormente colocarlos en los moldes donde se enfrían y toman la forma deseada [6].

El material seleccionado se inyecta en el molde a una alta presión y generalmente con una velocidad alta, posteriormente el material se solidifica debido a la refrigeración del molde. La masa debe solidificarse rápida y uniformemente en el molde para que se puedan producir tantas piezas sean posibles en un periodo de tiempo determinado [7]. Existen diversas formas de hacer moldes de plástico, dependiendo de la forma que se requiera para la pieza deseada. Por lo general son moldes partidos, si las piezas son de revolución y simétricas, lo más común es que sea de macho (núcleo) y hembra (matriz), de otra manera tendría varias partes que se ensamblan para el cierre y llenado del molde y posteriormente se abren para el desmolde de la pieza [6].

Para la construcción de moldes de inyección de plásticos es necesario el uso de aceros especiales debido a las condiciones de trabajo, considerando las cargas a las que están sometidos, además que se requiere de alta precisión en los acabados. También se debe considerar las tolerancias manejadas pues son muy finas [8]. Los aceros que se utilizan para los moldes de inyección deben cumplir con las siguientes características.

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la temperatura
- Resistencia a la abrasión
- Aptitud de pulido
- Poseer deformación reducida
- Conductividad térmica
- Resistencia química

Los moldes de inyección más utilizados para la fabricación de piezas de plásticos de geometrías complejas son los constituidos por metales, entre estos están:

- **Acero**
 - ❖ Aceros de cementación.
 - ❖ Aceros nitrurados.
 - ❖ Aceros de temple total.
 - ❖ Aceros bonificados.
 - ❖ Aceros de segunda fusión
- Aleaciones de cobre
 - ❖ Cobre – berilio.
 - ❖ Cobre – berilio –cobalto.
 - ❖ Cobre – zinc
- Aleaciones zinc
- Aleaciones aluminio

1.3.2. Función de los moldes de inyección

La función de los moldes de inyección es la de alojar el plástico fundido que envía la máquina de inyección, el moldeo por inyección consta de tres fases mismas que se muestran en la Figura 1:

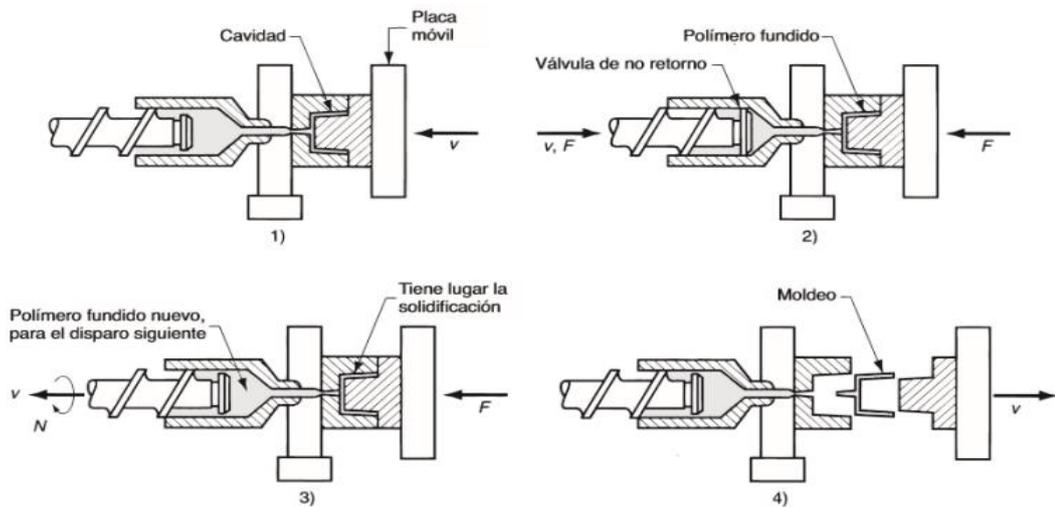


Figura 1: Ciclo de moldeo [9]

- Fase I inyección: el material fundido es inyectado en el molde cerrado, que se comprime por la fuerza aplicadas por la unidad de cierre, de esta forma se evita que el material salga por la cavidad. El plástico fundido se introduce en la cavidad del molde desde el bloque de plastificación hasta la cavidad de moldeo por la acción de un tornillo reciproco.
- Fase II presión mantenida: en este punto se mantiene la presión del plástico fundido para así compensar las contracciones ocasionadas por el enfriamiento.
- Fase III expulsión: una vez que el material esta solidificado, se procede a la separación del molde, este permanece cerrado hasta que la pieza resultante tenga la temperatura adecuada para la expulsión [9].

De estas fases podemos destacar que las funciones del molde son las siguientes:

- Recepción del material plástico
- Distribución
- Dar forma (moldeo)
- Enfriamiento y solidificación
- Extracción de la pieza

1.3.3. Partes de un molde de inyección

Los moldes de inyección están formados por partes mismas que son: la fija o de inyección y parte móvil o de expulsión: Entre las partes de un molde de inyección se puede destacar en la Figura 2 las siguientes:

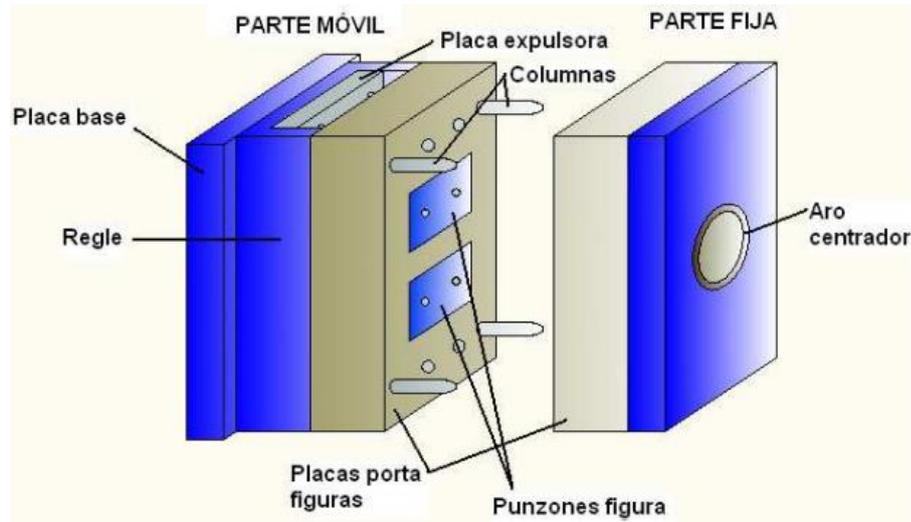


Figura 2: Partes de un molde de inyección [10]

1.3.3.1. Parte fija del molde

Se encuentra sujeta a una placa fija en la máquina inyectora, en la cual se apoya el cilindro de inyección para introducir el plástico fundido, entre las partes que constituyen la parte fija del molde se visualizan en la Figura 3:

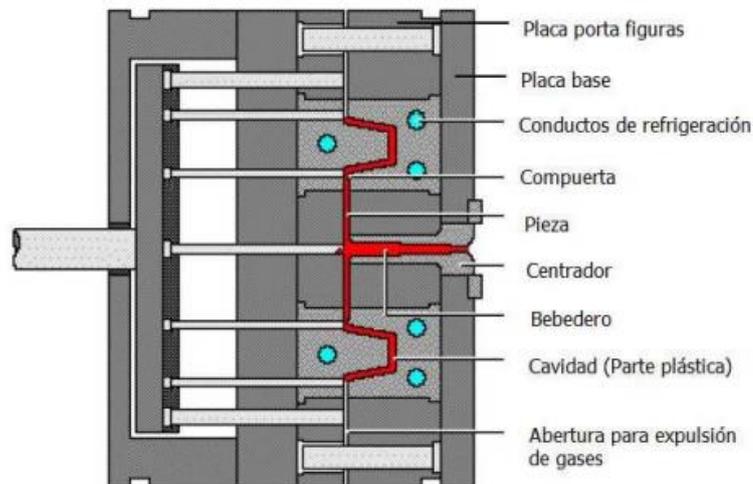


Figura 3: Partes de la parte fija del molde [10]

- **Placa base:** está sujeta a la placa fija de la máquina mediante bridas, esta placa debe tener el grosor adecuado para evitar deformaciones, dependerá del peso total del molde (20-50 mm).
- **Placa porta figuras:** están ubicadas en la parte fija y en la parte móvil del molde, en esta placa se realizan las figuras de la pieza, ya sea como figuras ajustadas o directamente realizadas sobre la placa. Cada una está constituida por dos partes que se denominan hembra y macho.

- **Centrador:** se utiliza para centrar el molde en la máquina, generalmente suele ser redondo y sobresale de la placa base para poder ajustarse a la placa fija de la máquina.
- **Bebedero:** son huecos creados en el molde, estos ayudan a que el plástico fundido que se encuentra en el cilindro de inyección llegue hasta los huecos que tienen la forma de la pieza. Las entradas poseen diversas formas en base a su uso y los materiales empleados.
- **Circuitos de refrigeración:** tanto la parte fija como la parte móvil del molde poseen una serie de circuitos, que se encuentran en el interior de la placa porta figuras y en los postizos de las figuras de la pieza, por donde pasa el líquido refrigerante. Mediante este sistema manteniendo una temperatura establecida para el líquido refrigerante y un trabajo continuo de la maquina se establece un equilibrio en el porcentaje de calor que se suministra al molde con el plástico fundido, así también de la cantidad de calor que se le quita al molde con el líquido fundido.
- **Guías o columnas del molde:** compuesto por dos partes, el sistema de guías y agujeros guía, mismos que son de alto nivel de ajuste, permiten un adecuado acoplamiento de las partes, evitando los movimientos de una parte respecto a otra. La cantidad de guías y agujeros guía dependerá del tamaño del molde, en ocasiones suelen ser 4 para pequeños o medianos [10].

1.3.3.2. Parte móvil del molde

Tiene esta denominación puesto que está sujeta a la placa móvil de la maquina y realiza su movimiento junto a esta. Generalmente en esta parte se encuentra ubicado el sistema de expulsión de la pieza terminada, entre sus partes más representativas están las siguientes:

- **Placa base:** De la misma forma que la parte móvil, esta contribuye a la sujeción del molde mediante el uso de bridas y otros elementos de fijación en la maquina inyectora. Esta placa generalmente no lleva centrador, sin embargo, posee un orificio en la parte central que le permite la entrada del vástago expulsor de la máquina, hasta la placa expulsora del molde.
- **Placa expulsora:** placa doble formada por los expulsores y recuperadores, su

función consiste en extraer la pieza con los expulsores. Los recuperadores tiene la función de llevar la placa expulsora a la posición inicial en el momento de cierre de ambas mitades.

- **Regle:** son las barras de hierro ubicadas en ambos lados del molde, están sujetas a la placa base y la porta figuras mediante tornillos. Se desliza por el agujero creado entre estas dos placas mediante la guía de la placa expulsora.
- **Expulsores:** constituidos de varias formas en base a la pieza solicitada, sin embargo, suelen tener forma cilíndrica o laminar.
- **Recuperadores:** son varillas cilíndricas de un tamaño superior que los expulsores, se encuentran ubicados fuera del molde, su finalidad es evitar que los expulsores generen algún daño al molde cuando se cierran ambas mitades. Con esto se asegura la recuperación de la placa expulsora a la posición inicial.
- **Portaje:** es la zona alrededor de las figuras en donde las dos partes del molde se tocan, creando el límite de llenado de la cavidad. El ajuste debe ser perfecto para impedir que existan sobrantes de material en la pieza.
- **Salida de gases:** Son pequeños desajustes generados de forma precisa en el molde, están situados en las terminaciones del llenado de las piezas y permiten que el aire de los huecos de la cavidad a llenar, junto con los gases que se generan el proceso de inyección, puedan salir. Generalmente estas salidas tienen un tamaño de aproximadamente 0.02 mm evitando que el plástico salga.
- **Agujeros roscados y cáncamos:** contribuyen al enroscado de los cáncamos utilizados para levantar los moldes mediante los puentes grúa [11].

1.3.4. Clasificación de los moldes de inyección

La construcción del molde debe adaptarse a la pieza que se requiera fabricar, al material y al equipo a la maquinaria utilizada. Debido a la variedad de materiales disponibles en el mercado y las perspectivas de cada fabricante se vuelve complejo el determinar una clasificación general de los moldes de inyección [12].

La clasificación de los moldes se basa en las características de construcción y función, siendo las siguientes:

- Tipo de colada y su separación

- Tipo de expulsión de las piezas
- Existencia o no de contrasalidas en la pieza
- Tipo de desmoldeo

Según la norma DIN E 16 750 “Moldes de inyección para materiales plásticos” la clasificación de los moldes está determinada de la siguiente manera:

- **Moldes estándar (molde de dos placas):** está constituido por dos mitades unidas a dos placas de la unidad de abrazaderas de la máquina. En el momento en que la unidad de abrazaderas ambas mitades del molde también lo hacen, la característica más notoria de este molde es la cavidad, puesto que está formada por la extracción del metal de la superficie correspondiente a las dos mitades. Estos moldes pueden poseer más de una cavidad con el objetivo de fabricar más de una pieza en un solo disparo.
- **Molde de extracción por segmentos:** en este tipo de moldes la extracción de la pieza se realiza mediante una placa que se desliza ajustada a la superficie del macho y no a través de varillas
- **Molde de tres placas:** permite una distribución más pareja del material fundido, puesto que el flujo del plástico fundido ocurre mediante una puerta ubicada en la base de la pieza con forma de taza. Este tipo de moldes permiten una operación más automática de la maquinaria.
- **Molde de canal caliente:** estos moldes se usan para la inyección sin colada o para conseguir una reducción de esta, presentan una menor pérdida de presión con respecto a moldes standard [13].

En la figura 4 se puede observar el molde de dos placas cerrado y abierto, con la identificación de sus partes más notorias.

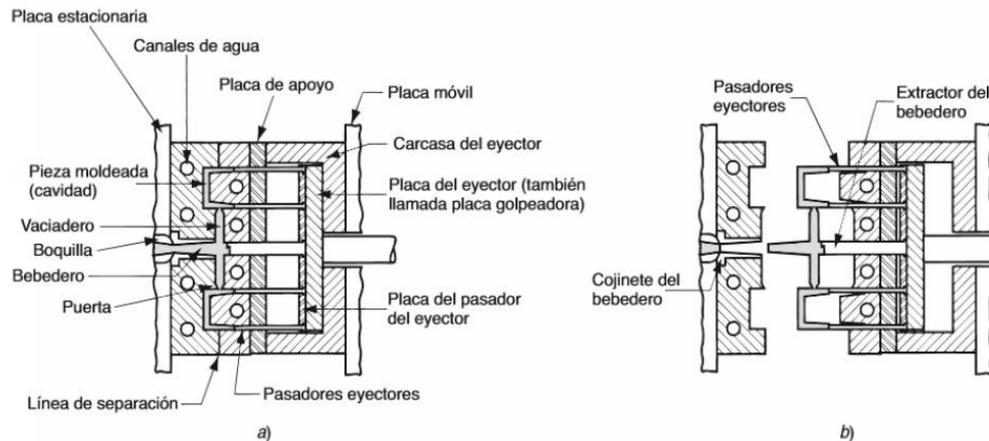


Figura 4: Molde de dos placas a) cerrado – b) abierto [13]

Los moldes de inyección se elaboran normalmente con aceros para herramientas, en función de los materiales a inyectar, se debe seleccionar cuidadosamente el material a utilizar. Los parámetros con respecto a estos aceros son:

- Alta resistencia al desgaste
- Alta resistencia a la corrosión
- Alta fiabilidad [12]

1.3.5. Montaje y desmontaje de moldes

Los moldes de inyección no se localizan de manera fija a la maquinaria, estos pueden ser montados y desmontados las veces que sean, la finalidad de esta actividad es la realización de correcciones en el molde, cambios de ingeniería, mantenimiento, entre otro. Este proceso contribuye a la prevención de posibles daños en el molde o la máquina inyectora, por otro lado, también es importante que el operario de la máquina tenga la instrucción adecuada por posibles inconvenientes con el proceso, por lo que se deben tomar en cuenta las siguientes características de los moldes:

- Tamaño del molde
- Capacidad de apertura
- Presión necesaria para el funcionamiento del molde
- Refrigeración del molde.

El tiempo de montaje y desmontaje de los moldes depende en gran parte de estas características, la disminución en tiempos de esta actividad influye en la buena eficiencia del proceso productivo [14].

El uso de los moldes varía dependiendo del proceso productivo de la empresa o del sistema de planificación de la producción, pueden ser horas, días, incluso meses. Dependiendo de la demanda de los productos, los moldes de inyección son utilizados varias veces en el año, ocasionalmente o incluso bajo pedido [10].

1.3.6. Sistemas de funcionamiento del molde de inyección

Sistema de partición y desmoldeo: Está compuesto por las cavidades, núcleos y cualquier otro elemento para el formado de la pieza.

Sistema de alimentación: Compuesto por todos los canales por donde el plástico circula para llegar a las cavidades del molde, además de los canales del refrigerante

Sistema de expulsión: Constituye todos los elementos del molde que son usados para la expulsión de la pieza.

Sistema de guiado: Son todos los accesorios que sirven para el guiado del molde durante su apertura y cierre, por ejemplo, las guías principales, las guías para los slides, bujes, interlocks, entre otros [9].

Sistema de enfriado: los moldes de inyección necesitan conservar una temperatura que les permita a las piezas solidificarse de una manera rápida y consistente. Este proceso se realiza mediante los canales internos del molde, tomando en cuenta que cada molde requiere de una cantidad específica de refrigeración. El refrigerante circula por los canales del molde con la finalidad de disipar el calor hasta conseguir la temperatura adecuada, este fluido no solo disipa el calor de la pieza, sino también la diferencia entre la superficie exterior del molde y el ambiente, lo que se conoce como intercambio de calor [15].

1.3.7. Factores que influyen en el proceso de moldeo

Las variables de moldeo para los materiales termoplásticos (materiales más comunes de inyección), se clasifican en tres categorías que consisten en:

1. Materiales de moldeo

La viscosidad y la fluidez de los polímeros en el proceso de fundición poseen grandes variables que dependen tanto de las propiedades intrínsecas de las resinas como de las condiciones en que se realiza el moldeo, las variaciones de la temperatura, presión y tiempo de inyección pueden contribuir en el proceso de

llenado de un molde o a su vez generar piezas frágiles de buena apariencia

2. Condiciones de moldeo

Entre los factores que influyen en este punto se encuentran mayormente la temperatura tanto del fluido como la del molde, la presión a la que se encuentra sometido el molde y el tiempo de inyección y refrigerado.

3. Máquinas y moldes

Entre los factores que influyen en este punto se encuentra, el sistema de plastificación, capacidad y volumen de inyección, fuerza de cierre del molde, dimensiones de las platinas en la máquina y en los moldes aplicables, sistema de regulación y de control de todos los parámetros de moldeo, tipo de molde y sistema de alimentación y termorregulación [8].

1.3.8. Mantenimiento

En la actualidad el mantenimiento es una parte importante del proceso productivo de una organización, puesto que contribuye a optimizar el desarrollo de la producción. Al trabajar con maquinaria existe la necesidad de reducir las fallas y averías del sistema relacionadas con el mantenimiento y la producción, mismas que se reflejan en los costos e ingresos de la industria, por lo que la gestión del mantenimiento en los procesos industriales se debe considerar como un proceso esencial [16].

El mantenimiento se considera como una disciplina que contribuye continuamente al desarrollo de los sistemas de producción modernos. Su aplicación da inicio con tareas simples tales como orden, limpieza, lubricación básica y ajustes menores. El proceso avanza gradualmente a niveles más complejos como, rutas de inspección y lubricación, mediciones específicas con el uso de herramientas especializadas y mediciones totales acorde al equipo utilizado en el proceso productivo [17].

El proceso de mantenimiento es una estrategia conformada por diferentes etapas o actividades que pretenden el estado óptimo de maquinaria, sistemas o un servicio, mejorando sustancialmente los procesos enfatizando la calidad como táctica en el desarrollo aplicable para la gestión de mantenimiento. La función principal del mantenimiento es mantener la funcionalidad de equipos de una empresa conservándolas a través del tiempo [18].

1.3.8.1.Mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento se lo conoce también como mantenimiento reactivo, consiste en la restitución por medio de la reparación de los equipos después de que ha ocurrido una falla o avería, es decir que se presenta cuando existe un error en el sistema. Si no existen errores o fallas en los equipos, el mantenimiento será nulo, por lo que se deberá esperar a que se manifieste una avería para tomar medidas correctivas [19].

Las actividades que se deben ejecutar en el mantenimiento correctivo no se encuentran planificadas en el plan de mantenimiento de la empresa, puesto que son averías imprevistas que deben ser reparadas en el menor tiempo posible, por lo que este tipo de mantenimiento genera consecuencias adversas para la empresa tales como:

- Las paradas de producción no programadas disminuyen las horas operativas de la empresa.
- Interfiere en las cadenas productivas, es decir que el ciclo de producción posterior deberá esperar la corrección para poder continuar con normalidad.
- Presenta nuevos costos por reparación y repuestos no previstos anteriormente, se puede presentar el caso que por falta de recursos no se puedan adquirir los repuestos en el momento que ocurra la falla.
- No se puede predecir el tiempo que el sistema estará fuera de servicio

Para una aplicación exitosa de este tipo de mantenimiento, se vuelve necesario conocer los siguientes aspectos:

- Identificar la existencia de una falla mediante el uso de alarmas
- Evaluar las causas de la falla
- Proponer el mecanismo de solución del problema
- Identificar los recursos que posee la empresa para poder dar solución al problema
- Establecer prioridades
- Planificar e implementar el mantenimiento [20].

1.3.8.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se creó como una solución hacia los problemas encontrados por la aplicación del mantenimiento correctivo, tiene la finalidad de prevenir cualquier tipo de falla en los equipos mediante la programación de visitas periódicas (en base a periodos fijos de tiempo o número de operaciones), para esto se realizan verificaciones del estado de los componentes de la maquinaria evaluada [20].

También conocido como mantenimiento histórico puesto que su programación se efectúa mediante los datos históricos de los fallos del sistema, es decir que utiliza técnicas de fiabilidad a posteriori. El proceso inicia antes de que ocurra alguna falla y se realiza en situaciones controladas, previamente planificadas y estructuradas, para este tipo de mantenimiento tiene las siguientes características:

- Se realiza mediante un cronograma establecido, preferentemente cuando no se está produciendo, aprovechando las horas de paro de la planta.
- Sigue un programa previamente estructurado, en el cual se detallan todas las actividades a seguir, con la finalidad de tener a la mano las herramientas y repuestos necesarios para el mantenimiento.
- Este plan de mantenimiento está destinado a un área específica de la empresa a los equipos seleccionados, sin embargo, se puede realizar un mantenimiento general de los componentes de la empresa.
- Permite que la empresa cuente con un registro de todos los equipos, además de la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite que la empresa cuente con un presupuesto establecido para el mantenimiento.
- Se implementa con la finalidad de inspeccionar, reparar y cambiar las partes de una maquinaria antes de que ocurra una falla, disminuyendo o eliminando los gastos [19].

Sin embargo, un mantenimiento preventivo excesivo puede generar acciones innecesarias de mantenimiento y su implementación en activos de bajo valor provocaría costes elevados en relación con el tiempo de inactividad de la maquinaria. Por lo que se concluye que el mantenimiento preventivo se debe aplicar en los activos

prioritarios para el proceso productivo de la empresa cuya reparación o sustitución resultaría más costosa que las actividades preventivas [20].

1.3.8.2.1. Clasificación del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo tiene la finalidad de garantizar la fiabilidad del funcionamiento de la maquinaria, evitando que se produzcan fallas o averías, no obstante, este divide en tres clases:

- **Mantenimiento programado:** para el cual se realiza una planificación programada de reparaciones, mediante el uso de un cronograma, con esto se efectúa la revisión de todas las máquinas de manera periódica
- **Mantenimiento predictivo:** se implementa mediante un análisis estadístico, en el cual se puede medir el desgaste de los componentes de una máquina para así poder reemplazarlos antes de que se presente una avería.
- **Mantenimiento de oportunidad:** es un tipo de mantenimiento puntual que se efectúa cuando las instalaciones de la empresa o la maquinaria no se encuentran en funcionamiento, de esta manera se evita el paro en la producción [21].

1.3.8.2.2. Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo

En la figura 5 se mostrará las ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.

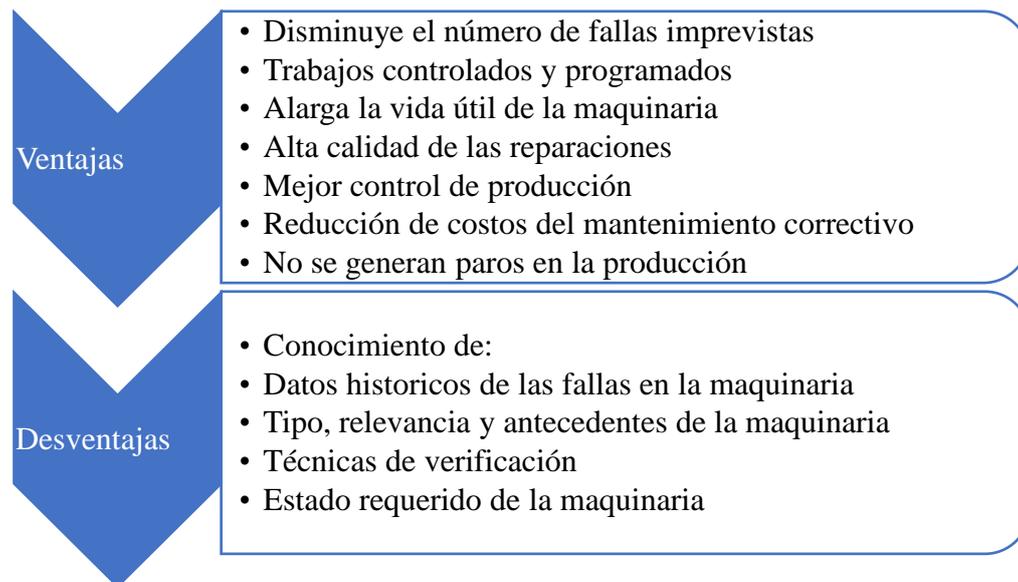


Figura 5: Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo [20]

1.3.8.2.3. Pasos para el mantenimiento preventivo

El primer paso para la implementación de estrategias preventivas de mantenimiento es la definición de un plan. Todas las actividades deben estar definidas, tomando en cuenta los recursos que se van a utilizar en el proceso, mismo que puede dividirse en cinco etapas:

1. Establecimiento de objetivos

Para que un plan de mantenimiento preventivo sea eficaz se deben definir los objetivos que se quieren alcanzar mediante el uso de algunas interrogantes tales como: ¿Qué se pretende realizar?, ¿Reducir el downtime incrementara la fiabilidad de los activos reduciendo los costos?, ¿Qué actividades se han realizado para alcanzar estos objetivos?, ¿Qué fallas sean encontrado?, entre otras preguntas que servirán como punto de partida para el diagnóstico del plan y establecimiento de los objetivos.

2. Inventario de activos

Como segundo paso se requiere del inventario de los activos de la empresa, es decir la información de los equipos y maquinas utilizados en el proceso productivo incluyendo, su ubicación y características. Cada uno de estos debe estar asociado a las recomendaciones del fabricante, además de las normas de calidad.

3. Establecer prioridades

El tiempo y recursos de la empresa son limitados, por lo que no se puede realizar un mantenimiento preventivo a todos los activos de la empresa, se deben priorizar los más críticos. Se deben seleccionar los activos más importantes para el funcionamiento de la empresa que pueden causar grandes pérdidas si llegaran a tener fallas o averías. Una evaluación de riesgos se considera de gran utilidad para poder clasificar el nivel de prioridad de cada activo de la empresa.

4. Establecimiento de indicadores de rendimiento para el plan de mantenimiento

Para tener la certeza de que el programa está logrando los objetivos propuestos, se debe realizar un seguimiento de las actividades realizadas a lo largo del tiempo. La opción más rápida es por medio de indicadores de rendimiento (KPI), donde se deben

tomar en cuenta los siguientes aspectos: tasa de cumplimiento de mantenimiento preventivo, porcentaje crítico de mantenimiento programado, relación 80/20 para el mantenimiento programado y no programado

5. Revisión y mejoramiento del plan

Dependiendo de los resultados de los indicadores de rendimiento se pueden establecer mejoras en las actividades planificadas para el plan de mantenimiento [22]

1.3.9. Método de Weibull

El método Weibull es una distribución de probabilidad que se utiliza para la obtención de datos de fiabilidad, basados en los datos de la vida útil de un componente, estos pueden ser medidos o estimados, este método está relacionado con los valores de tasas de fallas mismas que pueden ser crecientes, decrecientes o constantes. Este método emplea tres parámetros específicos que se ajustan a otras distribuciones como son la normal, logarítmica y exponencial [23]. Deben tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

1. Parámetro de forma

Muestra la forma en la que están distribuidos los datos, valores de forma bajos como 1 representan una curva con asimetría a la derecha equivalente a la distribución exponencial, valores medios como 5 representan una curva similar a la distribución normal y valores altos como 10 representan una curva con asimetría a la izquierda, en otras palabras, se puede ver al parámetro con las siguientes características:

- $\beta=1$ fallos constantes
- $\beta>1$ tiene una tasa de fallos creciente
- $\beta<1$ tiene una tasa de fallos decreciente

2. Parámetro de escala

La posición de la curva de Weibull con respecto al valor umbral, también conocida como vidas características, asemeja la forma en la que la media indica la posición de una curva en la distribución normal como se puede observar en la Figura 6 [24].

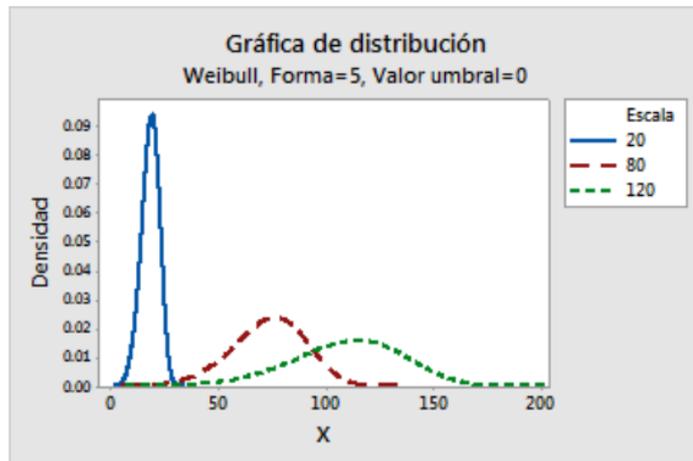


Figura 6: Método de Weibull con diferentes valores de escala [24]

3. Valor umbral

Muestra el origen de los tiempos, puede tomar datos desde 0, hacia adelante valores positivos o hacia atrás con valores negativos, partiendo de ello el parámetro como se puede observar en la Figura 7.

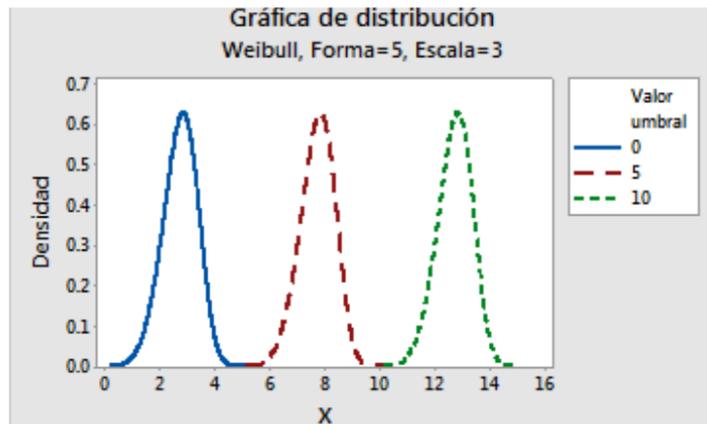


Figura 7: Distribución de Weibull con un valor umbral de 0,5 a 10 [24]

1.3.10. Matriz AMFE

También conocida como AMFEC (Análisis modal de fallos, efectos y su criticidad), permite predecir los fallos que se pueden generar en una maquinaria, aunque este método se usa principalmente para analizar un producto o proceso en la fase de diseño, también es válido para otras fases como montaje y fabricación. La principal función de la matriz AMFE es resaltar los puntos de fallo potenciales, para así poder establecer un sistema de estrategias preventivas para combatir los riesgos, evitando de esta manera la aparición de fallos o en ciertos casos minimizando las consecuencias [25].

Para implementar la matriz AMFE se debe tomar en cuenta 3 aspectos importantes considerados en la norma técnica NTP 679 entre los cuales están: gravedad, frecuencia, detectabilidad e índice de prioridad de riesgos (IPR)

- **Gravedad**

Mide el daño esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del evaluador, valora el nivel de consecuencias su valor incrementa en función de la degradación o el coste de la reparación. Se utiliza una escala que va del 1 al 10 que indica la gravedad del fallo encontrado, en la Tabla 1 se puede observar los valores detallados de este parámetro [25].

Tabla 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo [25]

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

- **Frecuencia**

Este parámetro indica la probabilidad de que una causa potencial de fallo se materialice y se efectúe un fallo. Se basa en una escala que va del 1 al 10 en la Tabla 2 se puede observar de manera más detallada este parámetro.

Tabla 2. Clasificación de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo [25]

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

- **Detectabilidad**

Este parámetro muestra la probabilidad de que el fallo materializado pueda ser detectado con antelación suficiente para evitar daños en la maquinaria, mediante la aplicación de medidas de control. Entre menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo [25]

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

- **Índice de prioridad de riesgos (IPR)**

Se define como el producto de los tres parámetros vistos anteriormente, debe ser calculado para todas las causas de fallo que se encuentren en la maquinaria o proceso, con base en la siguiente ecuación:

$$IPR = G * F * D \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

G: Gravedad (Daño esperado según el fallo)

F: Frecuencia (Probabilidad en el que puede ocurrir el fallo)

D: Detectabilidad (Probabilidad para detectar el fallo con anticipación)

Para este índice no se establece una escala de clasificación, sin embargo, un IPR menor a 100 no requiere intervención salvo que la acción a efectuarse sea fácil de introducir y contribuya a la optimización de aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo. Para aquellos valores que sean mayores o iguales a 100 se deben realizar la intervención en un plazo corto de tiempo para así no tener inconvenientes en la producción [25].

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales y recursos

Para el desarrollo de la investigación se necesitó diferentes materiales y recursos tanto tecnológicos como financieros los cuales se detallan a continuación.

2.1.1. Recursos humanos

Para el desarrollo del trabajo de investigación, el personal a cargo de fue el investigador con ayuda y supervisión del tutor a cargo quien guio y apoyo en diferentes interrogantes y limitantes propias de la investigación.

- Investigadora: Elizabeth Cristina Quinatoa Chato
- Tutor: Ing. Mg. Christian Castro

2.1.2. Recurso Materiales

Los recursos físicos necesarios para el desarrollo de la investigación con los que se redactó, verifico y calculo los datos necesarios son:

- Laptop
- Internet
- Repositorios virtuales
- Normas nacionales e internacionales
- Manuales físicos de moldes de inyección
- Planos de los moldes

2.1.3. Recursos institucionales

Se usarán los medios tangibles que proporciona la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

- Biblioteca física y virtual de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Instalaciones de la empresa “HALLEY CORPORACIÓN CL.

2.1.4. Recursos Económicos

En la Tabla 4 se detalla los recursos económicos utilizados en el proyecto.

Tabla 4. Presupuesto

Detalle	Valor
Gastos de movilización hacia la empresa	100
Internet	80
Equipos de computo	750
Electricidad	60
Alimentación cuando se visite la empresa	100
Material de librería	100
Imprevistos	200
Total	1490

2.2. Métodos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diversas metodologías de investigación, fundamentalmente se puede destacar el método bibliográfico documental, también se trabajó mediante un enfoque cuantitativo, ya que se aplicó la estadística como medio de comprobación de las interrogantes a investigar, la investigación requiere de la recopilación del tiempo operativo de los moldes de inyección hasta la presencia de alguna falla, estos datos permitirán comprobar la confiabilidad de los moldes mediante la aplicación del método Weibull.

Para realizar el plan de mantenimiento preventivo se recabaron datos acerca de las causas de los fallos de los moldes de inyección, para posteriormente realizar comparaciones con los hallazgos encontrados en investigaciones similares y realizar los análisis pertinentes en cuanto al funcionamiento y los protocolos realizados para la prevención de fallas. Los datos fueron registrados mediante visitas de campo a la empresa y posteriormente se analizaron mediante el uso de la matriz AMFE y así poder proporcionar medidas correctivas para el uso de los moldes de inyección de la empresa.

2.3. Tipo de investigación

2.3.1. Explorativo

Mediante la aplicación de esta metodología se puede conocer la realidad sobre el mantenimiento preventivo realizado en los moldes de inyección, para así poder considerar las soluciones pertinentes de acuerdo con los resultados encontrados.

2.3.2. Descriptivo

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de los procesos de prevención en relación con los moldes de inyección, mediante el análisis de datos estadísticos provenientes de la recolección de datos.

2.3.3. Deductivo

Mediante este método se puede establecer conclusiones reales en cuanto a los resultados y establecer estrategias pertinentes para mejorar el desempeño y durabilidad de los moldes de inyección.

2.4. Actividades directrices para el desarrollo del proyecto

Para la ejecución del presente trabajo se establecieron una serie de actividades que permitieron organizar los puntos clave necesarios para el desarrollo de la investigación, como la recolección de datos y el cronograma de visitas de campo a la empresa para mediante la observación directa realizar un diagnóstico inicial y periódico de acuerdo a los datos necesarios para el desarrollo de resultados, los cuales justifiquen la investigación y permitan establecer puntos a mejorar en la empresa HALLEY CORPORACIÓN C.L. en donde se está desarrollando la investigación, por lo que a continuación se detallan las actividades:

- Diagnóstico del estado actual de los moldes de inyección del área de producción.
- Revisión de los protocolos de mantenimiento establecidos por los encargados
- Elaboración de la matriz AMFE en donde establece la información necesaria en relación con los componentes su resistencia y caducidad por desgaste.
- Detección de los posibles fallos por desgaste natural o por un proceso de mantenimiento incompleto o ineficiente.
- Establecimiento de las actividades a desarrollar en el plan preventivo dirigido a el uso de los moldes de inyección en el área de producción.

2.5. Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento

Para el desarrollo y cumplimiento de los planes de prevención de los moldes de inyección del área de producción de la empresa, se tomó en cuenta las actividades previamente detalladas, así como el desarrollo de los diferentes apartados de la presente investigación para el cumplimiento de los objetivos. En relación con lo mencionado se detalló el proceso en la Figura 8.

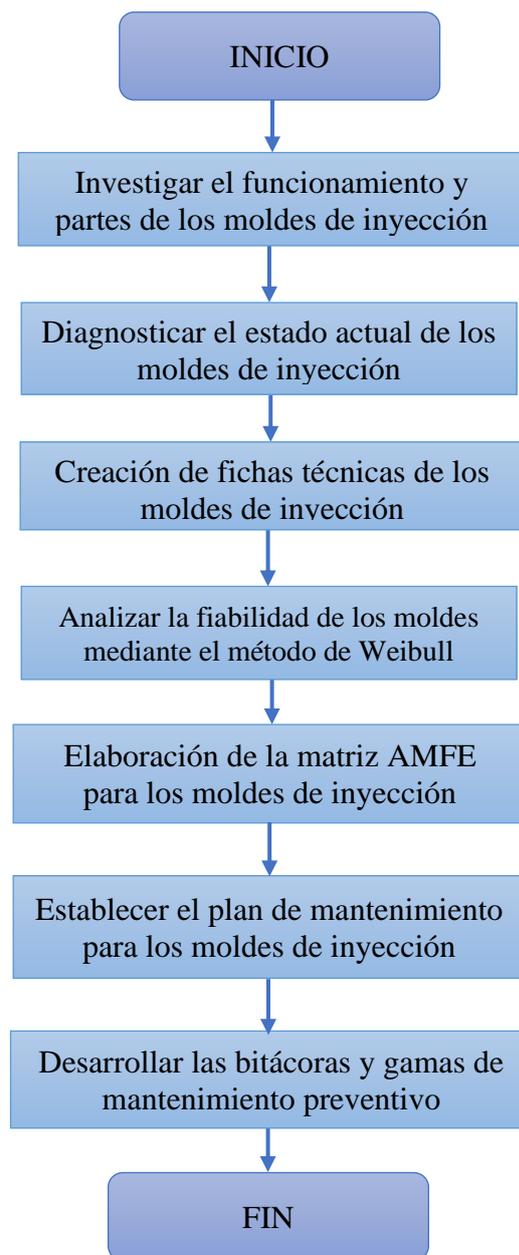


Figura 8: Diagrama de flujo de la investigación

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Análisis de la situación actual

Halley Corporación CL. es una empresa dedicada a la fabricación de accesorios plásticos para la línea de seguridad industrial, bioseguridad, hogar, carpintería de aluminio, ferretería y publicidad la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Ambato, Parroquia Montalvo. La empresa inicio a partir de la visión emprendedora del Ing. Jaime Francisco Palacios Espinoza, fabricando bomboneras de vidrio para la tienda del barrio, debido a la demanda del mercado aumento la producción del negocio con vitrinas, puestas y todo producto relacionado con aluminio, vidrio, hierro y madera. En el 2003 se creó un taller donde se producían ruedas para ventanas de aluminio, debido al ingenio y la inventiva de la empresa se empezaron a fabricar pequeñas piezas plásticas, mismas que daban soluciones ágiles a las necesidades dentro del campo de la carpintería, siguiendo así el camino de la innovación y calidad satisfaciendo las necesidades de sus clientes [26].

Misión

Diseñar soluciones integrales, novedosas, que cumplen estándares de calidad en la fabricación y comercialización de productos plásticos en las líneas de seguridad, accesorios para carpintería de aluminio y línea de hogar, a nivel nacional, promoviendo la formación de talento humano especializado, que garantice procesos y servicios responsables, que satisfagan las expectativas de nuestros clientes.

Visión

Ser una empresa líder a nivel nacional en la elaboración y comercialización de productos plásticos patentados dentro de los próximos cinco años, cumpliendo estándares de calidad nacionales e internacionales y aplicando un sistema de gestión de calidad certificado con eficiencia y alta capacidad de respuesta

3.1.2. Organigrama de la empresa

En la Figura 9 podemos visualizar el organigrama de la empresa.

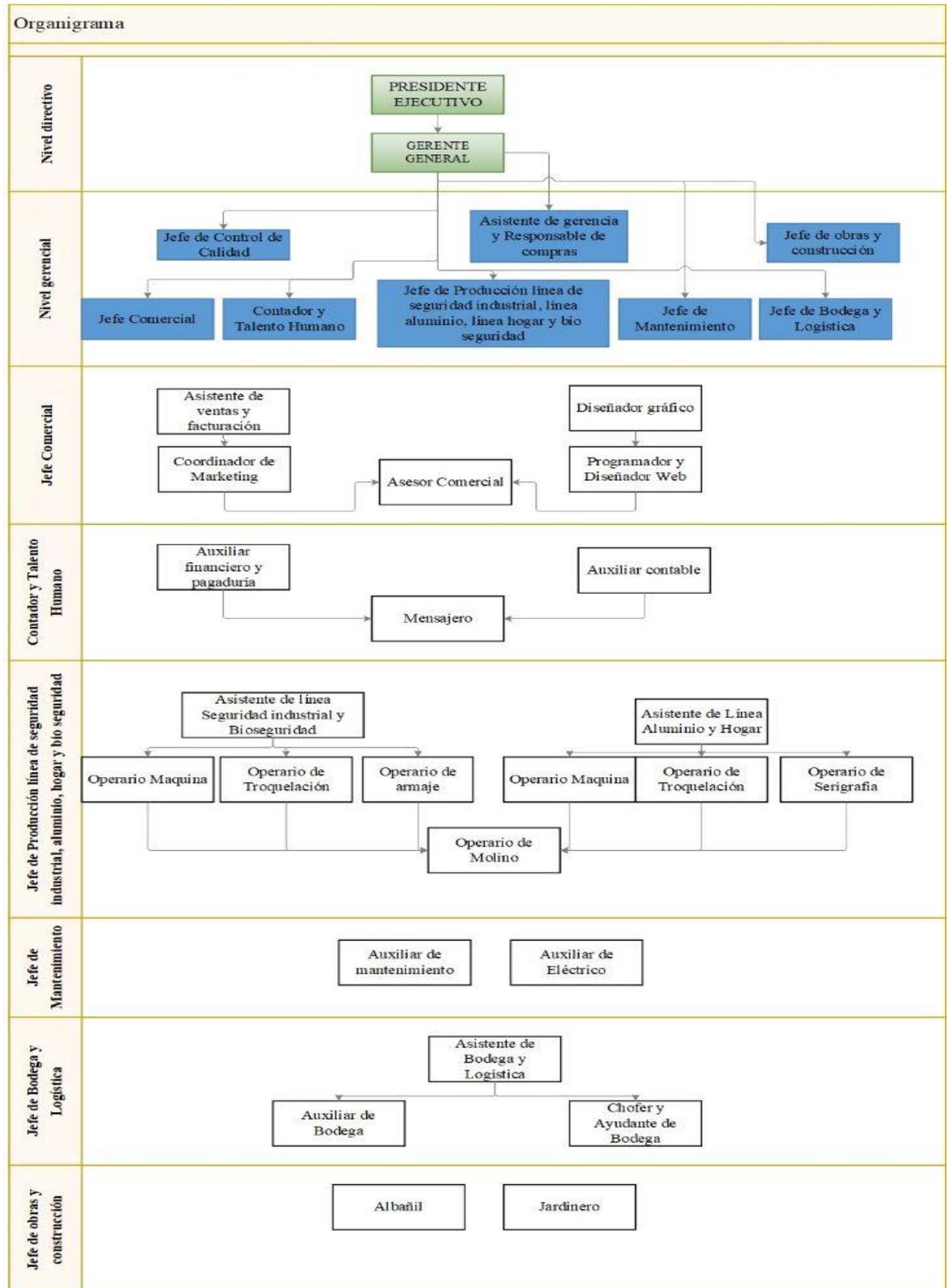


Figura 9: Organigrama de la empresa

3.1.3. Proceso productivo de la empresa

El proceso productivo de la empresa se puede observar en la Figura 10.

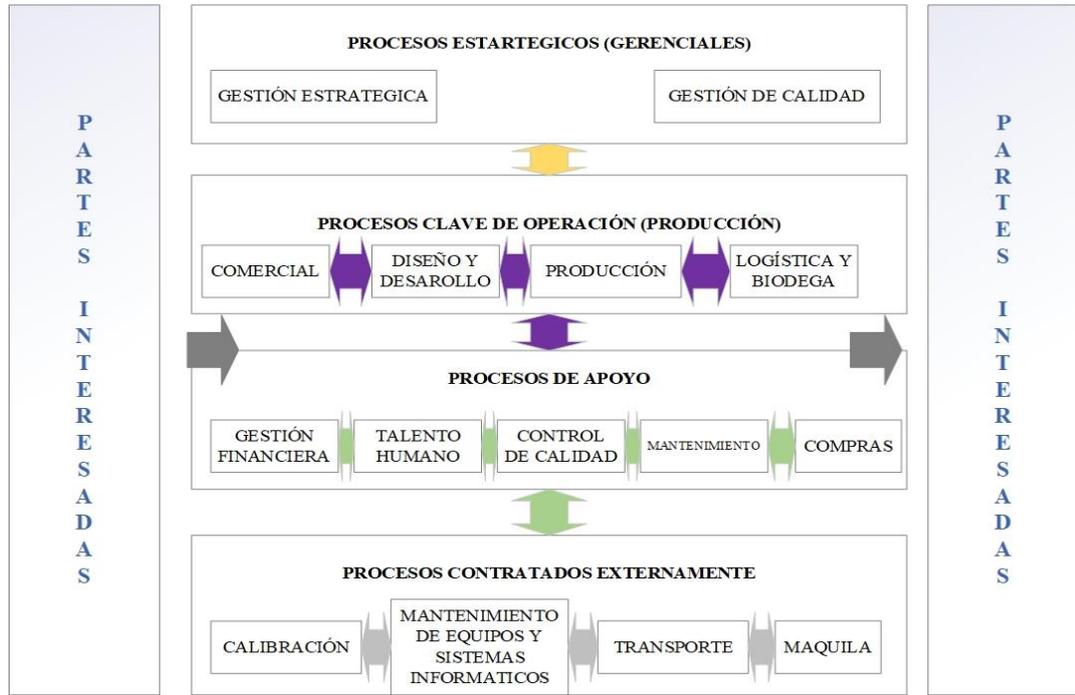


Figura 10: Proceso productivo

3.1.4. Proceso de mantenimiento

El proceso de mantenimiento se observa en la Figura 11.

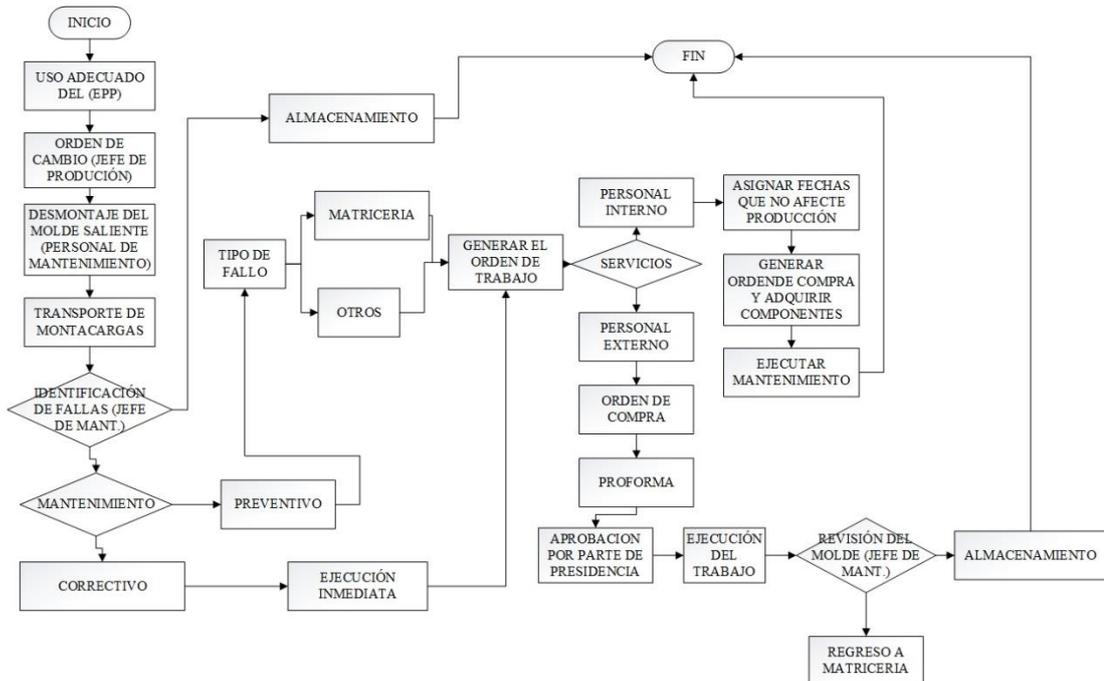


Figura 11: Proceso de mantenimiento

3.1.5. Valoración externa de los moldes

Los moldes de inyección de la empresa Halley Corporación C.L. son utilizados para la producción de diferentes accesorios plásticos para la línea de seguridad industrial, bioseguridad, hogar, carpintería de aluminio, ferretería y publicidad, mismos que serán detallados de una forma más minuciosa en los siguientes apartados, estos moldes se utilizan en las maquinas inyectoras para la fabricación de diversas piezas plásticas, para determinar el estado de los moldes se evaluara de manera visual, observando el buen estado en el que se encuentren los molde de la empresa.

Los moldes son hechos de forma artesanal en la matricería “Tecno Matrix 3D” ubicada en la ciudad de Ambato, al ser una empresa del sector industrial cumple con todas las normativas, por lo que existen planos de los moldes donde se pueden visualizar sus componentes.

Otro aspecto fundamental que se tomará en cuenta es el estado de los moldes, así mismo se observará el estado de sus componentes, es decir verificar si existe la presencia de oxidación, suciedad o falta de lubricación, los cuales no permitirán el correcto cumplimiento de sus funciones.

3.1.6. Inventario de moldes

El inventario muestra de una forma detallada y ordenada los moldes que existen en la empresa Halley Corporación C.L., los cuales se clasifican en 3 líneas: aluminio, hogar y seguridad industrial, siendo estos los utilizados en las maquinas inyectoras de la empresa para la fabricación de las piezas.

En la Tabla 5 se muestra un inventario de los moldes existentes en la empresa HALLEY CORPORACIÓN C.L., la cual cuenta con su respectiva codificación y están abreviados de la siguiente manera:

- MNT: Área de Mantenimiento
- MOL: Moldes
- A, S, H: Línea a la que corresponde (Aluminio, Seguridad, Hogar)
- 00X: Secuencia

Tabla 5. Inventario de moldes

HALLEY CORPORACIÓN C. L MANTENIMIENTO INDUSTRIAL INVENTARIO DE MOLDES						
	ELABORADO POR:		FECHA DE ELABORACIÓN:		CÓDIGO:	
	Cristina Quinatoa		17/10/2022		MNT-DCM-03	
	REVISADO POR:		FECHA DE REVISIÓN:		VERSIÓN:	
					1.0	
Línea	Nombre del Producto	N° de cavidades	N° de placas	Estado	Frecuencia de uso	Codificación
Aluminio	Multiancla 1.1/4-1.1/2	16	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A001
Aluminio	Multiancla de 1"	20	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A002
Aluminio	Ancla Maciza de 1"	20	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A003
Aluminio	Ancla Maciza de 1"1/4	28	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A004
Aluminio	Ancla Maciza de 1"1/2	20	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A005
Aluminio	Ancla Hoja Proyectable	12	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A006
Aluminio	Ancla para marco Proyectable	10	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A007
Aluminio	Ancla Chapero	8	2	Regular	Semestral	MNT-MOL-A008
Aluminio	Ancla 7*4	4	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A009
Aluminio	Ancla 3/4" x 11/2"	4	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-A010
Aluminio	Hexagonal y Octogonal Interna 1" - 1 1/4" - 1 1/2"	6	2	Regular	Anual	MNT-MOL-A011
Aluminio	Hexagonal y Octogonal Externa 1" - 1 1/4" - 1 1/2"	6	2	Regular	Anual	MNT-MOL-A012
Aluminio	Nudo T	4	2	Regular	Desuso	MNT-MOL-A013
Aluminio	Nudo T progresivo	4	2	Regular	Anual	MNT-MOL-A014
Aluminio	Esquinero 3/4"	12	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A015
Aluminio	Esquinero 1"	8	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A016
Aluminio	Esquinero 1"1/4	4	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A017
Aluminio	Esquinero 1"1/2	4	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A018
Aluminio	Escuadra de 1" externa	12	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A019
Aluminio	Escuadra de 1" 1/4 externa	6	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A020
Aluminio	Escuadra de 1"1/2 externa	6	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A021
Aluminio	Escuadra de 1" interna	8	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A022
Aluminio	Escuadra de 1"1/4 interna	4	3	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A023
Aluminio	Escuadra de 1"1/2 interna	4	3	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A024
Aluminio	Escuadra para vertical	4	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A025
Aluminio	Escuadra de Pizarrón	6	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A026
Aluminio	Escuadra para cortina de baño (grande y pequeña)	8	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A027
Aluminio	Escuadra para Malla	4	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A028
Aluminio	Seguro #1	6	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A029
Aluminio	Seguro #2	8	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A030
Aluminio	Seguro #4	8	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A031
Aluminio	Seguro #5	8	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A032
Aluminio	Seguro #6	4	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A033
Aluminio	Seguro (Caracol) #7	8	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A034
Aluminio	Seguro # 8	6	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A035

Aluminio	Tapa, accesorios para Seguro #8	2	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A036
Aluminio	Tapa de Seguros	16	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A037
Aluminio	Tapa de patas de Tiradera mixta	20	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A038
Aluminio	Tapa de jaladra 2009	20	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-A039
Aluminio	Tapa Cuadrada 3/4"-1	6	3	Regular	Semestral	MNT-MOL-A040
Aluminio	Tapa Cuadrada 1"1/4-1"1/2	6	3	Regular	Trimestral	MNT-MOL-A041
Aluminio	Tapa Pasamano Aluminio	8	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A042
Aluminio	Base de Percha	6	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-A043
Aluminio	Patas de tiradera (Jaladera) mixta Modelo Nuevo	8	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-A044
Aluminio	Patas de tiradera (Jaladera) mixta	8	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A045
Aluminio	Jaladera 2000	2	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-A046
Aluminio	Jaladera 2009	4	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A047
Aluminio	Jaladera 2015	2	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-A048
Aluminio	Jaladera Plana	4	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A049
Aluminio	Tope de ventana	8	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-A050
Aluminio	Tope de Puerta	8	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-A051
Aluminio	Guía de vidrio Templado	4	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-A052
Aluminio	Tope de vidrio Templado	8	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-A053
Aluminio	Media Luna (Grande y Pequeña)	2	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A054
Aluminio	Pasa Tubo Tapado y Destapado	1	2	Regular	Trimestral	MNT-MOL-A055
Aluminio	(Base de Carrocería) Plafón	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A056
Aluminio	Pasa Tubo T	1	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-A057
Aluminio	Molde Nuevo para cortina de baño	12	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A058
Aluminio	Soporte triangular para espejo	16	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A059
Aluminio	Soporte emoticones para espejo	16	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A060
Aluminio	Jaladera mixta Tubo redondo	8	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A061
Aluminio	Taco # 5	22	3	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A062
Aluminio	Taco # 6	22	3	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-A063
Aluminio	Caballote Simple	6	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-A064
Aluminio	Caballote Doble	6	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-A065
Aluminio	Rueda Para Caballote	6	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-A066
Aluminio	Pin de Rueda	4	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-A067
Aluminio	Cajetín Rectangular	4	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-A068
Aluminio	Cortinero Simple de 1" 28/3/2022	6	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A069
Aluminio	Cortinero Doble 1" 28/3/2022	4	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-A070
Aluminio	Soporte de tope de puerta	8	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A071
Aluminio	Gancho Cortinero	8	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A072
Aluminio	Terminales Para Cortinero 1"	10	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-A073
Aluminio	Ancla de 2" x 1 1/2"	4	2	Bueno	Mensual	MNT_MOL-A074
Aluminio	Cortinero Simple de 3/4"	6	2	Bueno	Semestral	MNT_MOL-A075
Aluminio	Cortinero Doble de 3/4"	4	2	Bueno	Semestral	MNT_MOL-A076

Aluminio	Terminales Para Cortinero 3/4"	12	2	Bueno	Trimestral	MNT_MOL-A077
Seguridad Industrial	Casco Bison	1	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-S001
Seguridad Industrial	Casco Jaguar Ferretero	1	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-S002
Seguridad Industrial	Casco Búfalo	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S003
Seguridad Industrial	Casco Rino	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S004
Seguridad Industrial	Casco Safari	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S005
Seguridad Industrial	Casquete para visor	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S006
Seguridad Industrial	Caco gorras	1	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-S007
Seguridad Industrial	Porta viseras	1	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-S008
Seguridad Industrial	Portalámparas	4	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-S009
Seguridad Industrial	Diadema	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S010
Seguridad Industrial	Carcasa de Orejera	2	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S011
Seguridad Industrial	Base de Almohadilla	2	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S012
Seguridad Industrial	Doble Stream	2	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-S013
Seguridad Industrial	Barbiquejo	10	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-S014
Seguridad Industrial	Gancho para cinta de Barbiquejo	8	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-S015
Seguridad Industrial	Acople de Orejera	4	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S016
Seguridad Industrial	Acople Brazo de Orejera	2	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S017
Seguridad Industrial	Tafilete Rchet	1	2	Regular	Mensual	MNT-MOL-S018
Seguridad Industrial	Tafilete Cremallera	2	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-S019
Seguridad Industrial	Tafilete Rchet Nuevo	2	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S020
Seguridad Industrial	Guía y Rueda Tafilete Rchet	1	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-S021
Seguridad Industrial	Malla Metálica	1	3	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S022
Seguridad Industrial	Suspensión en X	1	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-S023
Seguridad Industrial	Sujetadores	16	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S024
Seguridad Industrial	Pin de Seguridad	20	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-S025
Seguridad	Gafas	2	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-S026

Industrial						
Seguridad Industrial	Brazos de Gafas	8	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-S027
Seguridad Industrial	Tafilete Visor Económico	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-S028
Seguridad Industrial	Visor Económico para niños	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S029
Seguridad Industrial	Pin sujetador de visor	16	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-S030
Seguridad Industrial	Tapones Cónicos para respirasano	10	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-S031
Seguridad Industrial	Pantalla de Policarbonato	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-S032
Seguridad Industrial	Pantalla de Policarbonato Económico	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-S033
Línea Hogar	Plato Sopero	1	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-H001
Línea Hogar	Plato Tendido	1	2	Bueno	Mensual	MNT-MOL-H002
Línea Hogar	Plato cuadrado Amelia	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-H003
Línea Hogar	Plato cuadrado Sopero	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-H004
Línea Hogar	Bandeja Nueva con 3 divisiones	1	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-H005
Línea Hogar	Jarro Miguel	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-H006
Línea Hogar	Jarro Chalo (Publicitario)	2	3	Regular	Semestral	MNT-MOL-H007
Línea Hogar	Jarro Claus	1	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-H008
Línea Hogar	Jarro Económico	1	2	Malo	Obsoleto	MNT-MOL-H009
Línea Hogar	Vaso Pancho de 350 ml	2	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-H010
Línea Hogar	Vaso Victoria 350 ml	2	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H011
Línea Hogar	Vaso Negro	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H012
Línea Hogar	Vaso Victoria 700 ml	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H013
Línea Hogar	Vaso Pancho de 700 ml	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H014
Línea Hogar	Vaso Temis	1	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H015
Línea Hogar	Vaso 9.5 Oz	1	3	Bueno	Mensual	MNT-MOL-H016
Línea Hogar	Vaso 12 Oz	1	3	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H017
Línea Hogar	Vaso 14 Oz	1	3	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H018
Línea Hogar	Vaso 20 Oz	1	3	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H019

Línea Hogar	Vaso de 12 oz (Molde comprado)	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H020
Línea Hogar	Tapa de tomatodo	1	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-H021
Línea Hogar	Tapita de tapa de tomatodo	8	2	Bueno	Anual	MNT-MOL-H022
Línea Hogar	Cucharas Halley	8	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H023
Línea Hogar	Cucharas Matiz	4	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H024
Línea Hogar	Cucharas Nuevas	8	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H025
Línea Hogar	Bowl	1	2	Bueno	Trimestral	MNT-MOL-H026
Línea Hogar	Cevichero	2	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H027
Línea Hogar	Bandeja Isaac	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H028
Línea Hogar	Bandeja Danette	2	2	Regular	Desuso	MNT-MOL-H029
Línea Hogar	Bandeja Diva	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H030
Línea Hogar	Plato Vilu	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H031
Línea Hogar	Bandeja Vinke	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H032
Línea Hogar	Bandeja Juma	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H033
Línea Hogar	Plato con División	2	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H034
Línea Hogar	Litrera Halley 2.5ltr	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H035
Línea Hogar	Bandeja Vidaco	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H036
Línea Hogar	Bandeja Ananda	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H037
Línea Hogar	Bandeja Emi	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H038
Línea Hogar	Bandeja no Comprobada	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H039
Línea Hogar	Frutero	1	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H040
Línea Hogar	Bandeja de Percherón	1	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H041
Línea Hogar	Tapas de Soporte de percherón	20	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H042
Línea Hogar	Unión de Bandeja de Percherón	8	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H043
Línea Hogar	Bombonera	2	2	Bueno	Desuso	MNT-MOL-H044
Línea Hogar	Soporte Percherón 1	2	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H045
Línea	Soporte Percherón 2	2	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H046

Hogar						
Línea Hogar	Armador	4	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H047
Línea Hogar	Cuadro Posterior	1	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H048
Línea Hogar	Cuadro Frontal	1	2	Bueno	Semestral	MNT-MOL-H049

3.1.7. Aspectos importantes previo al desarrollo del plan de mantenimiento

En el área de producción se encuentra un total de 159 moldes, de los cuales 39 no están en uso, esto se debe a la falta de pedidos para la producción de estos productos, o simplemente porque ya son obsoletos, los 120 restantes están clasificados en moldes de 2 y 3 placas.

De acuerdo al inventario se justifica que el plan de mantenimiento preventivo se realizará para los moldes de 2 placas con 1 cavidad, 2 cavidades, 20 cavidades y 4 cavidades con pistón y de 3 placas con 4 cavidades. Debido a que tienen los mismos componentes, este plan de mantenimiento preventivo sirve para todos los moldes de 2 y 3 placas con diferentes cavidades.

Por consiguiente, los planos que se mostrarán en el Anexo 3 serán para los moldes que se mencionaron anteriormente y se indican en la Tabla 6.

Tabla 6. Moldes de 2 y 3 placas

MOLDES DE 2 PLACAS	MOLDE DE 3 PLACAS
Con 1 cavidad	Con 4 cavidades
Con 2 cavidades	
Con 20 cavidades	
Con 4 cavidades con pistón	

3.1.8. Fichas técnicas de los moldes

Las fichas técnicas ayudan a visualizar de una manera detallada y precisa los parámetros y especificaciones de los moldes, con el fin de comprobar el correcto funcionamiento de sus componentes, y por ende desarrollar un mantenimiento preventivo óptimo.

Posteriormente, se muestra el desarrollo el plan de mantenimiento preventivo, en donde se procede a detallar solamente en la primera, debido a que son procedimientos similares.

3.1.8.1. Molde de 1 cavidad

En la Tabla 7 se muestra la ficha técnica del molde de 1 cavidad.

Tabla 7. Ficha técnica molde de 1 cavidad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
Molde de 1 cavidad			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FRECUENCIA DE USO	Mensual	DIMENSIONES (cm)	Altura: 44 Diámetro: 40
MATERIAL	Acero ASTM 36	PESO (Kg)	67
PROCEDENCIA	Ambato-Ecuador	ESTADO	Bueno
COMPONENTES			
Placa fija		Cavidades macho y hembra	
Placa móvil		Placa expulsora	
Anillo centrador		Expulsores	
Columnas		Casquillos	
Función: Recibir y distribuir plástico fundido para ser moldeado, solidificado y luego expulsado del molde.			

Las características, las condiciones de servicio, listado de componentes, instrucciones de montaje, instrucciones de desmontaje y normas de seguridad de los moldes se presentan a continuación.

Características del molde

- ❖ Número de cavidades: 1
- ❖ Material del molde: ASTM A36
- ❖ Peso total: 67 kg
- ❖ Dimensiones: 44x40 (cm)
- ❖ Tipo refrigerante: Agua
- ❖ Número de placas: 2

Condiciones de servicio

- ❖ Temperatura de trabajo: (0 - 180) °C
- ❖ Materia de prima: Polímeros
- ❖ Tiempo de operación: 8 horas diarias
- ❖ Número de operarios: 1

Listado de Componentes

El listado de componentes del molde de 1 cavidad se observa en la Tabla 8.

Tabla 8: Lista de componentes

N°	Componentes	Función y/o característica
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser dirigido hasta el canal de alimentación.
5	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde ocurre el proceso de moldeo.
8	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración

N°	Componentes	Función y/o característica
		para que se disipe el calor del molde.
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los expulsores.
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.
12	Placa expulsora	Sujetar los expulsores encargados de extraer la pieza del molde.
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.
14	Expulsores	Empujar la pieza plástica fuera del molde.
15	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.
16	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.
17	Casquillo guía de expulsión	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema de expulsión que se encuentra en la placa base móvil.
18	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.
19	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.
20	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas guía del molde.
21	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.

Instrucciones de montaje

- ❖ Bodega de moldes
- ❖ El molde es asegurado al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas hasta la maquina inyectora
- ❖ Se abren las platinas de la inyectora

- ❖ Se baja el molde y se centra
- ❖ Se cierran las platinas y se prensa el molde
- ❖ Se asegura el molde a las platinas con los tornillos de amarre
- ❖ Se separa al molde del montacargas
- ❖ Se colocan las mangueras de agua a los racores
- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se coloca aceite hidráulico para engrasar
- ❖ Se ajusta la máquina inyectora
- ❖ Se pone en operación

Instrucciones de desmontaje

- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se retira la grasa de la superficie
- ❖ Se cierra el molde
- ❖ Se retiran las mangueras de agua de los racores
- ❖ Se asegura el molde al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas a la bodega de moldes

Normas de seguridad

- ❖ Realizar una inspección previa de los moldes y de la máquina
- ❖ Utilizar los elementos de protección personal en todo el proceso
- ❖ No abrir las puertas mientras esté en el proceso de moldeo
- ❖ No introducir partes del cuerpo dentro de la máquina
- ❖ Instruir al personal que va a utilizar la máquina
- ❖ Mantenerse pendiente de los productos que van saliendo
- ❖ En caso de averías del molde, llamar al personal de mantenimiento
- ❖ No llevar alimentos al área de trabajo

Parámetros utilizados

Estadísticos de mantenimiento anual

Para realizar este análisis se tomará en cuenta las actividades que se han realizado durante un año en la empresa, sin tomar en cuenta los feriados ni los fines de semana,

sabiendo que la jornada laboral de la empresa Halley Corporación C.L. es de 8 horas diarias, tiempo estimado que trabaja la máquina y por ende el molde, este dato ayudará a realizar los cálculos respectivos de fiabilidad de los moldes.

Para estos cálculos se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos

$$MTBF = \frac{(TO_1 + TO_2 + TO_n)}{\sum n} \quad \text{Ec. 2}$$

TO: Tiempo de operación

n: número de datos

MTTR: Tiempo medio de reparación

$$MTTR = \frac{(TR_1 + TR_2 + TR_n)}{\sum n} \quad \text{Ec. 3}$$

TR: Tiempo de reparación en horas (A criterio del área de mantenimiento)

λ : Tasa de fallos

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \text{Ec. 4}$$

μ : Tasa de reparación

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \text{Ec. 5}$$

D: Disponibilidad, capacidad ítem para desarrollar sus funciones durante un cierto período de tiempo.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Ec. 6}$$

TP: Tiempo de paro en horas

$$TP = TR + TM \quad \text{Ec. 7}$$

TM: Tiempo muerto en horas (A criterio del área de mantenimiento).

En la Tabla 9 se presenta los estadísticos de mantenimiento anual del molde de 1 cavidad

Tabla 9. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 1 cavidad

		CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE									
		Número de horas que se utiliza un molde periódicamente									
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO(h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Inicio de actividades	3/1/2022									
Enero	Comprobar tornillería de platinas de ajuste	6/1/2022	27,75	4	0,25	4,25	53,75	1,83	0,02	0,55	96,70%
	Comprobar tornillería de placas expulsoras	19/1/2022	79	0,5	0,5	1					
	Limpiar el molde y quitar el exceso de grasa	27/1/2022	54,5	1	0,5	1,5					
Febrero	Limpiar el exceso de grasa de los casquillos guía	1/2/2022	29	2	1	3	59,58	1,17	0,02	0,86	98,08%
	Limpiar y engrasar las guías de molde	9/2/2022	55,25	0,5	0,25	0,75					
	Comprobar la sujeción de las placas	24/2/2022	94,5	1	0,5	1,5					
Marzo	Controlar que el molde esté libre de agua o humedad	10/3/2022	86,5	1,25	0,25	1,5	72,50	1,75	0,01	0,57	97,64%

CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE

Número de horas que se utiliza un molde periódicamente											8
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO(h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Comprobar que no haya fugas de aceite	21/3/2022	61,5	2	0,5	2,5					
	Comprobar que no haya fugas de agua	31/3/2022	69,5	2	0,5	2,5					
Abril	Desmontar y limpiar molde de inyección	4/4/2022	22,75	0,75	0,5	1,25	51,83	1,08	0,02	0,92	97,95%
	Cambiar las partes desgastadas del molde	11/4/2022	46	1,5	0,5	2					
	Engrasar todas las partes móviles del molde	25/4/2022	86,75	1	0,25	1,25					
Mayo	Revisar visualmente todas las mangueras	4/5/2022	62,5	1	0,5	1,5	56,31	1,31	0,02	0,76	97,72%
	Revisar visualmente todos los racores	10/5/2022	37,75	2	0,25	2,25					
	Comprobar los circuitos de refrigeración	18/5/2022	55	0,5	0,5	1					

CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE

Número de horas que se utiliza un molde periódicamente											8
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO(h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Verificar visualmente si hay fugas de materia prima	30/5/2022	70	1,75	0,25	2					
Junio	Verificar fugas en las mangueras	1/6/2022	22,5	1	0,5	1,5	59,67	1,17	0,02	0,86	98,08%
	Limpieza de las placas y las cavidades	13/6/2022	70,5	1	0,5	1,5					
	Engrasar las cavidades	27/6/2022	86	1,5	0,5	2					
Julio	Limpieza del anillo centrador	4/7/2022	46	1,5	0,5	2	59,42	1,50	0,02	0,67	97,54%
	Engrasar el anillo centrador	12/7/2022	53,5	2	0,5	2,5					
	Retirar la grasa deteriorada de las placas y correderas	25/7/2022	78,75	1	0,25	1,25					
Agosto	Engrasar la superficie de molde	3/8/2022	62,5	1	0,5	1,5	56,06	1,50	0,02	0,67	97,39%
	Verificar el desgaste de los expulsos	15/8/2022	70	1,5	0,5	2					
	Inspeccionar visualmente la superficie de molde	24/8/2022	61,5	2	0,5	2,5					

CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE											
Número de horas que se utiliza un molde periódicamente											8
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO(h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Lubricar con aceite hidráulico las partes móviles	29/8/2022	30,25	1,5	0,25	1,75					
Septiembre	Inspeccionar la punta de la boquilla	5/9/2022	46,5	1	0,5	1,5	62,42	1,17	0,02	0,86	98,17%
	Reemplazar los expulsores	12/9/2022	46,5	1	0,5	1,5					
	Limpiar y pulir la superficie de moldeo	27/9/2022	94,25	1,5	0,25	1,75					
Octubre	Revisar sellos de los obturadores	5/10/2022	53	2,5	0,5	3	70,08	1,50	0,01	0,67	97,90%
	Limpieza del interior de los casquillos	20/10/2022	95	0,5	0,5	1					
	Lubricación en los expulsores	31/10/2022	62,25	1,5	0,25	1,75					
Noviembre	Verificar acumulación de corrosión	7/11/2022	45,5	2	0,5	2,5	49,69	1,63	0,02	0,62	96,83%
	Limpiar acumulación de plástico en las cavidades	15/11/2022	52,75	3	0,25	3,25					

CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE

Número de horas que se utiliza un molde periódicamente											8
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO(h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Verificar el desgaste de las cavidades	23/11/2022	54,5	1	0,5	1,5					
	Verificar el desgaste visible en placas y correderas	30/11/2022	46	0,5	1,5	2					
Diciembre	Verificar el circuito de refrigeración	5/12/2022	30,5	1	0,5	1,5	48,83	1,08	0,02	0,92	97,83%
	Retirar el exceso de materia prima presente en el canal	13/12/2022	54	1,25	0,75	2					
	Limpieza de oxido acumulado en el molde	22/12/2022	62	1	1	2					
TOTALES			2262,5	54,5	19	73,5	700,15	16,69	0,21	8,91	1172%
PROMEDIOS			58,013	1,4	0,49	1,88	58,35	1,39	0,02	0,74	97,65%

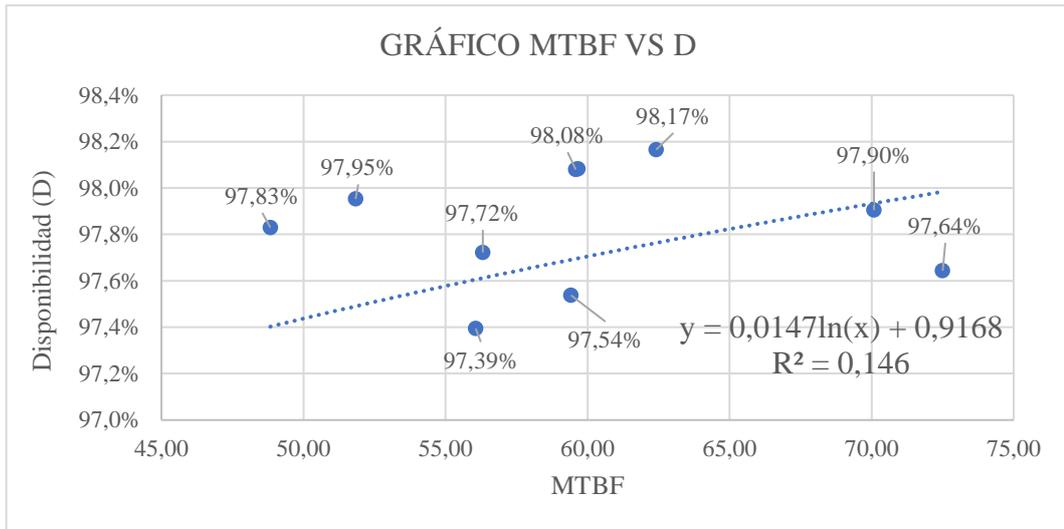


Figura 12: Tiempo medio entre fallos vs Disponibilidad Molde de 1 cavidad

En la Figura 12 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,17% con un tiempo medio entre fallos (MTBF) igual a 62,42 horas, mientras que el valor mínimo es de 96,70% con un tiempo medio entre fallos de 53,75 horas, se muestra también un valor máximo del tiempo medio entre fallos de 72,50 horas con una disponibilidad del 97,64%, y el mínimo de 48,83 con disponibilidad de 97,83%. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,146$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se encuentran dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

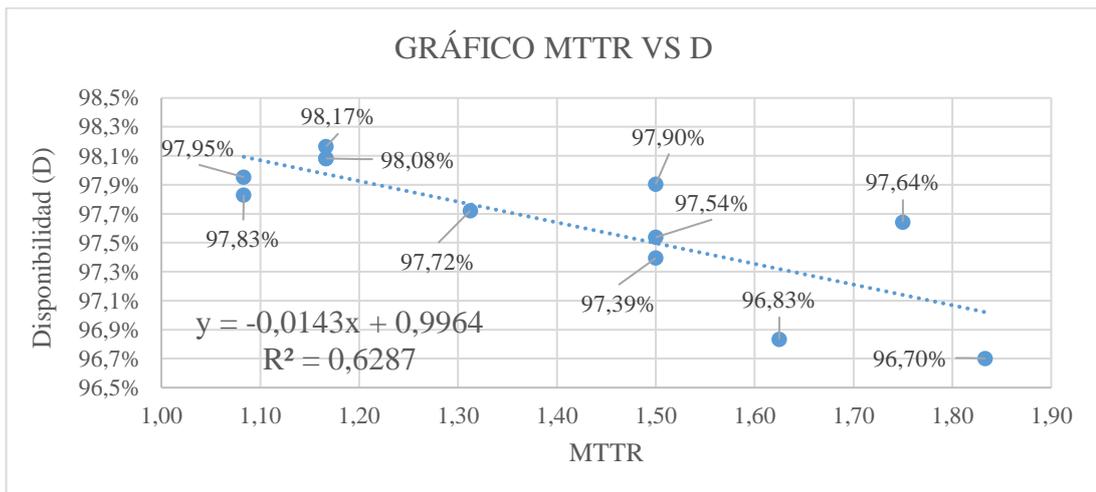


Figura 13: Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad Molde de 1 cavidad

En la Figura 13 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,17% con un tiempo medio de reparación (MTTR) igual a 1,17 horas, mientras

que el valor mínimo es de 96,70% con un tiempo medio de reparación igual a 1,83 horas. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,6287$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

Matriz AMFE

La matriz AMFE, mediante un análisis de recurrencia de fallas ayuda a identificar dichas fallas por medio de una ponderación cuantitativa, para esto se debe detallar algunos parámetros como los modos de fallo, la causa raíz y el efecto, con la finalidad de mantener un control adecuado de los componentes que son detallados en la matriz. Para los criterios de frecuencia, gravedad y detección se realizará la Tabla 10 con valores que van en un rango del 1 al 10 misma que se muestra a continuación.

Tabla 10. Criterios de valoración

CRITERIOS DE VALORACIÓN	
Criterio de Frecuencia	
Imposible	(1-2)
Remota	(3-4)
Ocasional	(5-6)
Frecuente	(7-8)
Muy frecuentes	(9-10)
Criterio de Gravedad	
Insignificante	(1-2)
Moderado	(3-4)
Importante	(5-6)
Crítico	(7-8)
Catastrófico	(9-10)
Criterio de Detección	
Probabilidad detección muy elevada	(1-2)
Probabilidad detección elevada	(3-4)
Probabilidad detección moderada	(5-6)
Probabilidad detección escasa	(7-8)
Probabilidad detección muy escasa	(9-10)

La Nota Técnica de Prevención NTP 679 muestra que el Índice de Prioridad de riesgo IPR se considera crítico cuando el valor es mayor a 100. En la Tabla 11, se realizará el análisis de la matriz de criterios ponderados AMFE para los moldes de una cavidad.

Matriz AMFE

Tabla 11. Matriz AMFE molde de 1 cavidad

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:	Elizabeth Quinatoa			Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:	Ing. Christian Castro					De: 1	
Modelo		Molde de 1 cavidad		Aprobado por:	Ing. Christian Castro						
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base	1	7	9	63	Engrasar la superficie de la placa base fija
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.	Mala ubicación del molde	Desnivel	Golpes sobre la superficie	El molde no se centra de manera correcta	3	5	7	105	Correcta ubicación y ajustes del molde durante los cambios
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser dirigido hasta el	Rotura de la boquilla	Deformación	Temperatura de la boquilla demasiado baja	Paro operacional	2	6	9	108	Cambiar la boquilla de alimentación

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 1 cavidad		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
		canal de alimentación.									
5	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.	Obstrucción del paso normal de la materia prima	Taponamiento	Acumulación de materia prima	Rebabas en el producto final	4	6	5	120	Limpiar los canales del molde
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.	Obstrucción del paso normal del agua	Obstrucción	Exceso de impurezas y partículas	Agua con impurezas	3	6	6	108	Realizar limpiezas periódicas de los pozos de agua
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	4	5	40	Alinear correctamente los moldes

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1 De: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro					
Modelo		Molde de 1 cavidad		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
8		donde ocurre el proceso de moldeo.									
	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	3	3	4	36	Alinear correctamente los moldes
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.	Fugas de agua	Fugas	Falta de ajuste	Derrame de agua	1	8	5	40	Ajustar bien los racores
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos	Rotura de la placa	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	5	8	80	Alinear correctamente los moldes

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 1 cavidad		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
		provocados por los expulsores.									
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.	Rotura de las sufrideras	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	3	3	18	Alinear correctamente los moldes
12	Placa expulsora	Sujetar los expulsores encargados de extraer la pieza del molde.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa expulsora	3	3	6	54	Engrasar la placa expulsora
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base móvil	2	5	8	80	Engrasar la superficie de la placa base móvil

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 1 cavidad		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
14	Expulsores	Empujar la pieza plástica fuera del molde.	Rotura de los expulsos	Rotura	El expulsor no se encuentra recto	Expulsores atascados	4	5	8	160	Revisar y lubricar periódicamente los expulsos
15	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de las cavidades hembra y macho	1	2	6	12	Engrasar las placas cavidades hembra y macho
16	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.	Rotura del perno	Rotura	Sobrepresión	Desgaste por ambiente corrosivo	1	1	5	5	Engrasar periódicamente
	Casquillo guía de expulsión	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema de expulsión que se encuentra en la placa base móvil.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	4	8	64	Revisión y lubricación periódica

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1 De: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro					
Modelo		Molde de 1 cavidad		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
18	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
19	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	5	7	70	Revisión y lubricación periódica
20	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas <i>guía</i> del molde.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Atascos del molde	2	6	7	84	Revisión y lubricación periódica
21	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.	Presencia de rozamiento excesivo	Falta de lubricación	Lubricación deficiente	Desgaste en las columnas	2	5	5	50	Lubricación periódica
PROMEDIO										66,33	

Determinación de la fiabilidad mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.

Modelo Matemático de Weibull del molde de 1 cavidad

A partir de las actividades mostradas en el estadístico presente en la Tabla 9 y considerando que se encontró una falla por cada actividad, se procede a determinar los datos en la Tabla 12, empleando el Tiempo de operación y su respectivo logaritmo natural requeridos para obtener la fiabilidad y la infiabilidad del molde de 1 cavidad.

Tabla 12. Datos estadísticos del molde de 1 cavidad

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)
1	1	27,75	3,323
2	1	79	4,369
3	1	54,5	3,998
4	1	29	3,367
5	1	55,25	4,012
6	1	94,5	4,549
7	1	86,5	4,460
8	1	61,5	4,119
9	1	69,5	4,241
10	1	22,75	3,125
11	1	46	3,829
12	1	86,75	4,463
13	1	38,5	3,651
14	1	37,75	3,631
15	1	55	4,007
16	1	70	4,248
17	1	22,5	3,114
18	1	70,5	4,256
19	1	86	4,454
20	1	46	3,829
21	1	53,5	3,980
22	1	78,75	4,366
23	1	62,5	4,135
24	1	70	4,248
25	1	61,5	4,119
26	1	30,25	3,409
27	1	46,5	3,839
28	1	46,5	3,839
29	1	94,25	4,546
30	1	53	3,970
31	1	95	4,554
32	1	62,25	4,131

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)
33	1	45,5	3,818
34	1	52,75	3,966
35	1	54,5	3,998
36	1	46	3,829
37	1	30,5	3,418
38	1	54	3,989
39	1	62	4,127
Sumatorias	39	2238,5	155,327
		57,397	3,983

Mediante los valores conseguidos en la Tabla 12, se va a obtener el valor de la media (\bar{x}), utilizando la sumatoria del logaritmo de Tiempo de operación (To)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(T_o)}{n} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\bar{x} = \frac{155,327}{39}$$

$$\bar{x} = 3.983$$

A continuación, calcularemos la varianza mediante los datos obtenidos en la tabla 13.

Tabla 13. Cálculos para obtener la varianza.

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2
1	1	27,75	3,323	0,43496
2	1	79	4,369	0,14953
3	1	54,5	3,998	0,00024
4	1	29	3,367	0,37878
5	1	55,25	4,012	0,00085
6	1	94,5	4,549	0,32019
7	1	86,5	4,460	0,22790
8	1	61,5	4,119	0,01857
9	1	69,5	4,241	0,06686
10	1	22,75	3,125	0,73648
11	1	46	3,829	0,02375
12	1	86,75	4,463	0,23067
13	1	38,5	3,651	0,11029
14	1	37,75	3,631	0,12374
15	1	55	4,007	0,00060
16	1	70	4,248	0,07062
17	1	22,5	3,114	0,75557
18	1	70,5	4,256	0,07445
19	1	86	4,454	0,22240
20	1	46	3,829	0,02375
21	1	53,5	3,980	0,00001
22	1	78,75	4,366	0,14709
23	1	62,5	4,135	0,02323

Actividad	Nº de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2
24	1	70	4,248	0,07062
25	1	61,5	4,119	0,01857
26	1	30,25	3,409	0,32862
27	1	46,5	3,839	0,02053
28	1	46,5	3,839	0,02053
29	1	94,25	4,546	0,31719
30	1	53	3,970	0,00016
31	1	95	4,554	0,32618
32	1	62,25	4,131	0,02202
33	1	45,5	3,818	0,02724
34	1	52,75	3,966	0,00030
35	1	54,5	3,998	0,00024
36	1	46	3,829	0,02375
37	1	30,5	3,418	0,31925
38	1	54	3,989	0,00004
39	1	62	4,127	0,02085

$$S^2 = \frac{(\sum \ln(t_o) - \bar{x})^2}{(n - 1)} \quad \text{Ec. 9}$$

$$S^2 = \frac{5,657^2}{39 - 1}$$

$$S^2 = 0,842$$

Ahora calcularemos la desviación estándar.

$$S^2 = 0,842$$

$$S = \sqrt{0,842} \quad \text{Ec. 10}$$

$$S = 0,918$$

Para la resolución de Weibull se necesita el cálculo de varios parámetros indispensables, los mismos que se detallan a continuación.

$$\beta = \frac{\pi}{S\sqrt{6}} \quad \text{Ec. 11}$$

$$\beta = \frac{\pi}{0,918\sqrt{6}}$$

$$\beta = 1,40$$

$$\alpha = \exp \left(\bar{x} + \left(\frac{0,5772}{\beta} \right) \right) \quad \text{Ec. 12}$$

$$\alpha = \exp \left(3,983 + \left(\frac{0,5772}{1,40} \right) \right)$$

$$\alpha = 81,10$$

Tabla 14. Parámetros iniciales del molde 1 cavidad

Cálculos	
Media (x)	3,983
Varianza (S ²)	0,842
Desviación (S)	0,918
Gama (γ)	0
Beta (β)	1,40
Alpha (α)	81,10

A continuación, se procede a realizar el cálculo de la fiabilidad e in fiabilidad aplicando la ecuación de Weibull empleando las siguientes fórmulas con los de la Tabla 14.

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\beta}}\right] \quad \text{Ec. 13}$$

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{27,75-0}{81,10}\right)^{\frac{1}{1,40}}\right]$$

$$R(t) = 0,6286 = 62,86\%$$

$$F(t) = 1 - R(t) \quad \text{Ec. 14}$$

$$F(t) = 1 - 0,6286$$

$$F(t) = 0,3714 = 37,14\%$$

Es importante mencionar que estos datos calculados corresponden a los datos estadísticos de la primera actividad, los demás datos se muestran en la Tabla 15:

Tabla 15. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde de 1 cavidad

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x) ²	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
1	1	27,75	3,323	0,43496	0,6286	62,86%	0,3714	37,14%
2	1	79	4,369	0,14953	0,3748	37,48%	0,6252	62,52%
3	1	54,5	3,998	0,00024	0,4712	47,12%	0,5288	52,88%
4	1	29	3,367	0,37878	0,6193	61,93%	0,3807	38,07%
5	1	55,25	4,012	0,00085	0,4677	46,77%	0,5323	53,23%
6	1	94,5	4,549	0,32019	0,3277	32,77%	0,6723	67,23%
7	1	86,5	4,460	0,22790	0,3509	35,09%	0,6491	64,91%
8	1	61,5	4,119	0,01857	0,4403	44,03%	0,5597	55,97%
9	1	69,5	4,241	0,06686	0,4084	40,84%	0,5916	59,16%
10	1	22,75	3,125	0,73648	0,6685	66,85%	0,3315	33,15%
11	1	46	3,829	0,02375	0,5135	51,35%	0,4865	48,65%
12	1	86,75	4,463	0,23067	0,3502	35,02%	0,6498	64,98%
13	1	38,5	3,651	0,11029	0,5561	55,61%	0,4439	44,39%
14	1	37,75	3,631	0,12374	0,5607	56,07%	0,4393	43,93%
15	1	55	4,007	0,00060	0,4689	46,89%	0,5311	53,11%

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
16	1	70	4,248	0,07062	0,4066	40,66%	0,5934	59,34%
17	1	22,5	3,114	0,75557	0,6706	67,06%	0,3294	32,94%
18	1	70,5	4,256	0,07445	0,4047	40,47%	0,5953	59,53%
19	1	86	4,454	0,22240	0,3525	35,25%	0,6475	64,75%
20	1	46	3,829	0,02375	0,5135	51,35%	0,4865	48,65%
21	1	53,5	3,980	0,00001	0,4759	47,59%	0,5241	52,41%
22	1	78,75	4,366	0,14709	0,3756	37,56%	0,6244	62,44%
23	1	62,5	4,135	0,02323	0,4361	43,61%	0,5639	56,39%
24	1	70	4,248	0,07062	0,4066	40,66%	0,5934	59,34%
25	1	61,5	4,119	0,01857	0,4403	44,03%	0,5597	55,97%
26	1	30,25	3,409	0,32862	0,6103	61,03%	0,3897	38,97%
27	1	46,5	3,839	0,02053	0,5109	51,09%	0,4891	48,91%
28	1	46,5	3,839	0,02053	0,5109	51,09%	0,4891	48,91%
29	1	94,25	4,546	0,31719	0,3284	32,84%	0,6716	67,16%
30	1	53	3,970	0,00016	0,4783	47,83%	0,5217	52,17%
31	1	95	4,554	0,32618	0,3263	32,63%	0,6737	67,37%
32	1	62,25	4,131	0,02202	0,4371	43,71%	0,5629	56,29%
33	1	45,5	3,818	0,02724	0,5162	51,62%	0,4838	48,38%
34	1	52,75	3,966	0,00030	0,4795	47,95%	0,5205	52,05%
35	1	54,5	3,998	0,00024	0,4712	47,12%	0,5288	52,88%
36	1	46	3,829	0,02375	0,5135	51,35%	0,4865	48,65%
37	1	30,5	3,418	0,31925	0,6085	60,85%	0,3915	39,15%
38	1	54	3,989	0,00004	0,4735	47,35%	0,5265	52,65%
39	1	62	4,127	0,02085	0,4382	43,82%	0,5618	56,18%

Al obtener los datos correspondientes se realiza la gráfica de Fiabilidad R(t) Vs Tiempo de Operación (TO) y la gráfica de Infiabilidad F(t) Vs Tiempo de operación TO como se muestra a continuación.

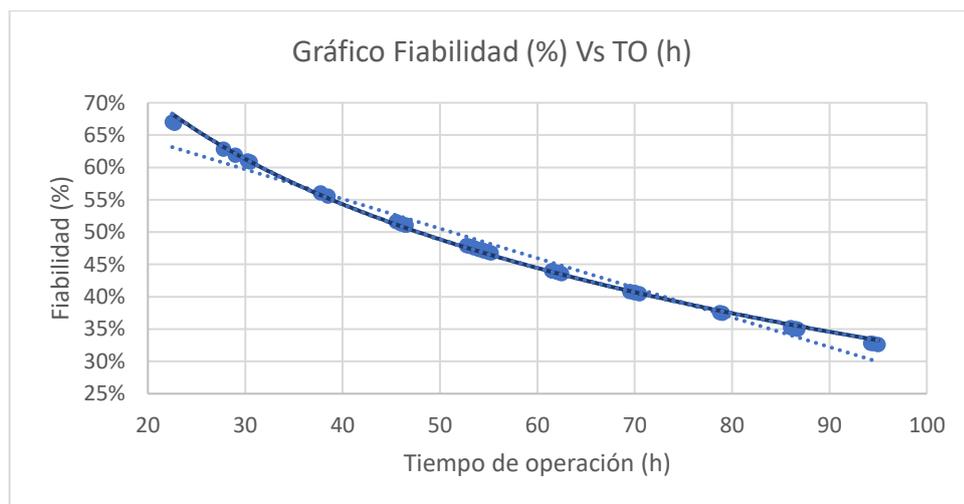


Figura 14: Fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 1 cavidad

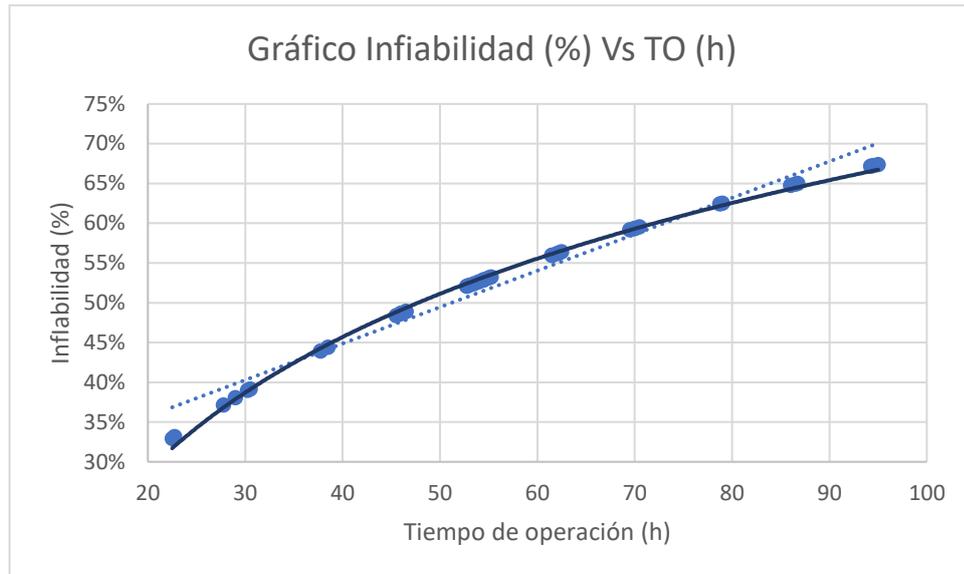


Figura 15: Infiabilidad vs tiempo de operación del molde de 1 cavidad

De las Figuras 14 y 15 se pueden determinar las siguientes conclusiones:

- ❖ Se puede observar en la Figura 14 Fiabilidad $R(t)$ vs Tiempo de operación (TO) que existe una relación proporcional, es decir, que a mayor tiempo de operación menor fiabilidad, esto se produce debido a las fallas y desgastes provocados en los componentes.
- ❖ El porcentaje máximo de fiabilidad es de $R(t) = 66,85\%$ con un tiempo de operación de 22,75 horas
- ❖ El porcentaje mínimo de fiabilidad es de $R(t) = 32,63\%$ con un tiempo de operación de 95 horas
- ❖ Al mostrar una tasa de fallos decreciente se puede deducir que el molde de una cavidad se ubica en la zona de mantenimiento infantil.

Modelo Gráfico de Weibull para el molde de 1 cavidad

$$F(i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} \quad \text{Ec. 15}$$

En la Tabla 16 se presenta el Cálculo de la falla acumulativa para el molde de 1 cavidad

Tabla 16. Cálculo de la falla acumulativa para el molde de 1 cavidad

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)
1	27,75	0,018	1,78%
2	79	0,043	4,31%
3	54,5	0,069	6,85%
4	29	0,094	9,39%
5	55,25	0,119	11,93%
6	94,5	0,145	14,47%
7	86,5	0,170	17,01%
8	61,5	0,195	19,54%
9	69,5	0,221	22,08%
10	22,75	0,246	24,62%
11	46	0,272	27,16%
12	86,75	0,297	29,70%
13	38,5	0,322	32,23%
14	37,75	0,348	34,77%
15	55	0,373	37,31%
16	70	0,398	39,85%
17	22,5	0,424	42,39%
18	70,5	0,449	44,92%
19	86	0,475	47,46%
20	46	0,500	50,00%
21	53,5	0,525	52,54%
22	78,75	0,551	55,08%
23	62,5	0,576	57,61%
24	70	0,602	60,15%
25	61,5	0,627	62,69%
26	30,25	0,652	65,23%
27	46,5	0,678	67,77%
28	46,5	0,703	70,30%
29	94,25	0,728	72,84%
30	53	0,754	75,38%
31	95	0,779	77,92%
32	62,25	0,805	80,46%
33	45,5	0,830	82,99%
34	52,75	0,855	85,53%
35	54,5	0,881	88,07%
36	46	0,906	90,61%
37	30,5	0,931	93,15%
38	54	0,957	95,69%
39	62	0,982	98,2%

Una vez calculado estos datos procedemos a graficar en el papel de Weibull los puntos y los demás parámetros, como se muestra en la Figura 16.

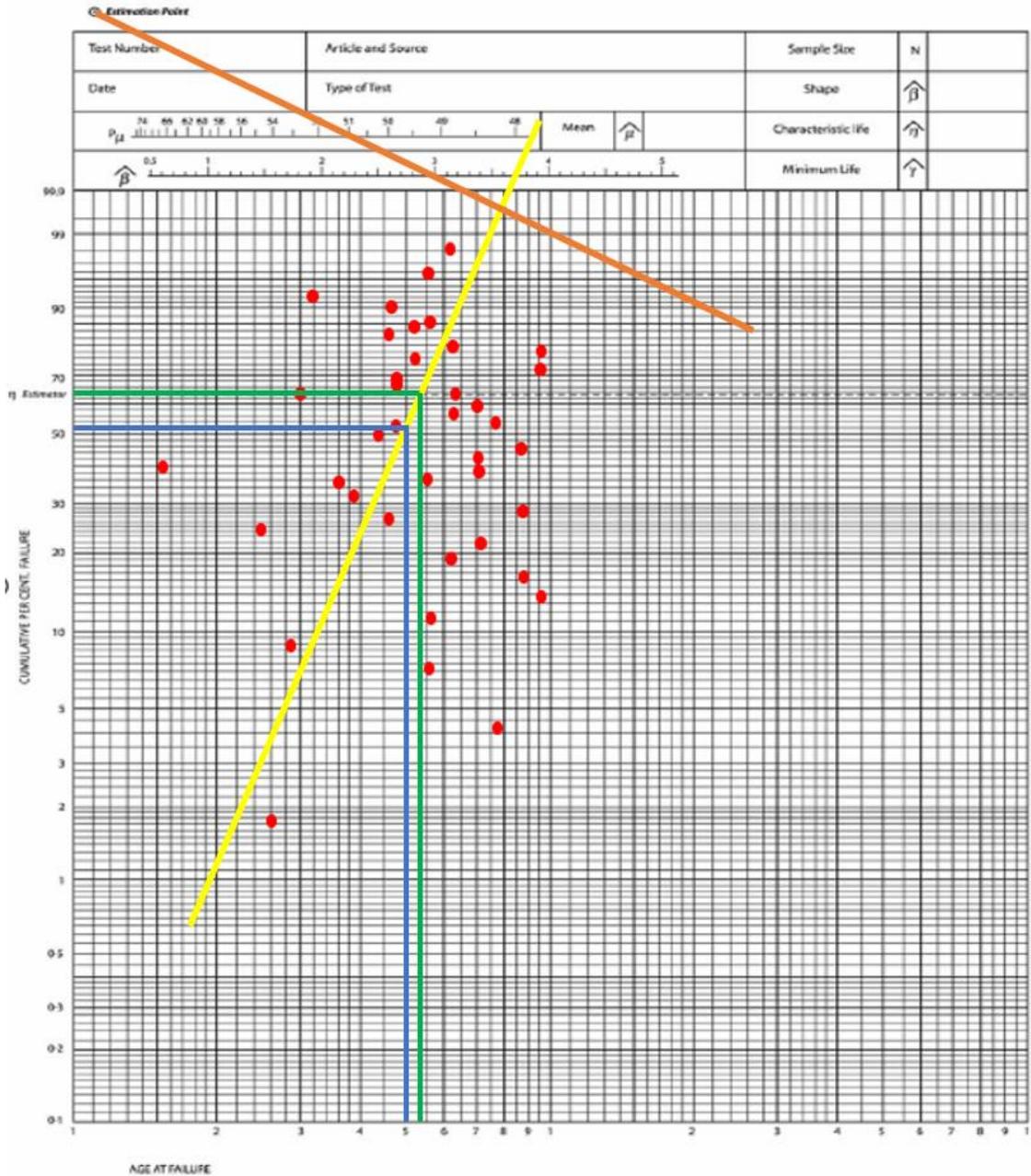


Figura 16: Papel de Weibull para el molde de 1 cavidad

Una vez trazadas las respectivas líneas podemos determinar los datos que se mostrarán en la Tabla 17.

Tabla 17. Parámetros de fallas del molde de 1 cavidad

$P\mu$	51
β	3
n	54

Para calcular todos los datos de fiabilidad se utilizará una hoja de cálculo donde se reemplazarán los datos que se muestran en la Tabla anterior:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{to - \gamma}{n} \right)^\beta \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{27,75 - 0}{54} \right)^3 \right]$$

$$R(t) = 0,8731 = 87,31\%$$

En la Tabla 18 se observan los demás datos calculados.

Tabla 18. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)	R (t)	R (t) (%)
1	27,75	0,018	1,78%	0,8731	87,31%
2	79	0,043	4,31%	0,0437	4,37%
3	54,5	0,069	6,85%	0,3577	35,77%
4	29	0,094	9,39%	0,8565	85,65%
5	55,25	0,119	11,93%	0,3426	34,26%
6	94,5	0,145	14,47%	0,0047	0,47%
7	86,5	0,170	17,01%	0,0164	1,64%
8	61,5	0,195	19,54%	0,2283	22,83%
9	69,5	0,221	22,08%	0,1186	11,86%
10	22,75	0,246	24,62%	0,9280	92,80%
11	46	0,272	27,16%	0,5389	53,89%
12	86,75	0,297	29,70%	0,0158	1,58%
13	38,5	0,322	32,23%	0,6960	69,60%
14	37,75	0,348	34,77%	0,7106	71,06%
15	55	0,373	37,31%	0,3476	34,76%
16	70	0,398	39,85%	0,1132	11,32%
17	22,5	0,424	42,39%	0,9302	93,02%
18	70,5	0,449	44,92%	0,1080	10,80%
19	86	0,475	47,46%	0,0176	1,76%
20	46	0,500	50,00%	0,5389	53,89%
21	53,5	0,525	52,54%	0,3781	37,81%
22	78,75	0,551	55,08%	0,0450	4,50%
23	62,5	0,576	57,61%	0,2122	21,22%
24	70	0,602	60,15%	0,1132	11,32%
25	61,5	0,627	62,69%	0,2283	22,83%
26	30,25	0,652	65,23%	0,8388	83,88%
27	46,5	0,678	67,77%	0,5281	52,81%
28	46,5	0,703	70,30%	0,5281	52,81%
29	94,25	0,728	72,84%	0,0049	0,49%
30	53	0,754	75,38%	0,3885	38,85%

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)	R (t)	R (t) (%)
31	95	0,779	77,92%	0,0043	0,43%
32	62,25	0,805	80,46%	0,2161	21,61%
33	45,5	0,830	82,99%	0,5498	54,98%
34	52,75	0,855	85,53%	0,3937	39,37%
35	54,5	0,881	88,07%	0,3577	35,77%
36	46	0,906	90,61%	0,5389	53,89%
37	30,5	0,931	93,15%	0,8351	83,51%
38	54	0,957	95,69%	0,3679	36,79%
39	62	0,982	98,2%	0,2201	22,01%

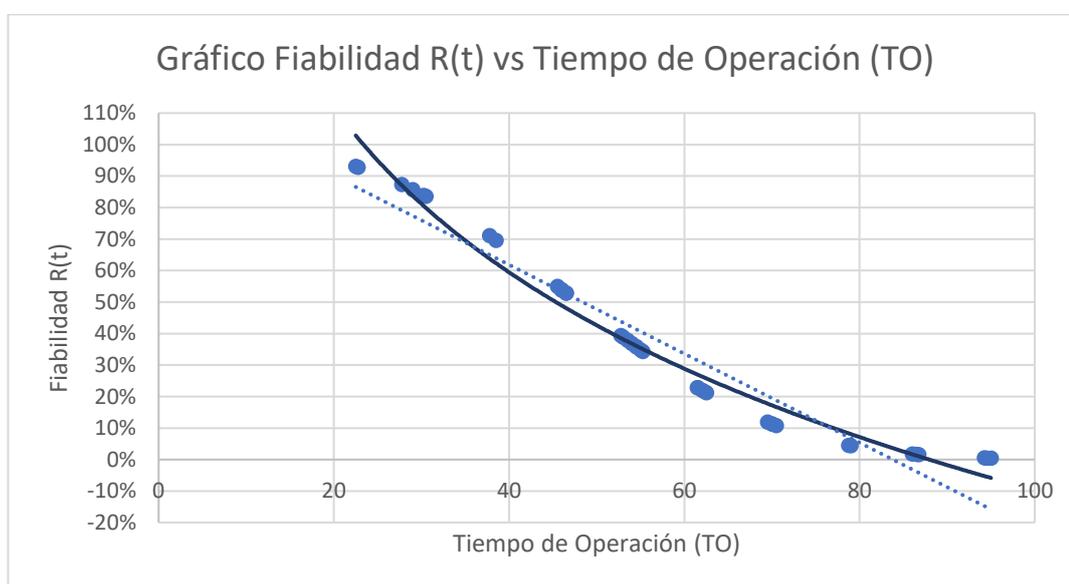


Figura 17. Fiabilidad vs Tiempo de Operación

- ❖ Se puede observar que tanto en el método matemático como en el método gráfico de Weibull el coeficiente de determinación es semejante, por lo que se comprueba la validez del proceso.
- ❖ Existe una relación proporcional, es decir, que a mayor tiempo de operación menor fiabilidad, esto se produce debido a las fallas y desgastes provocados en los componentes.
- ❖ Al mostrar una tasa de fallos decreciente se puede deducir que el molde de una cavidad se ubica en la zona de mantenimiento infantil.

Bitácora de mantenimiento del molde de 1 cavidad

Las bitácoras de mantenimiento son creadas de acuerdo a los valores estadísticos de

confiabilidad, donde se detallan minuciosamente las actividades que se realizará a cada molde, con el propósito de prevenir fallos inesperados en los componentes, en la Tabla 19 se muestra un código de colores que representará la frecuencia con la que se efectuará cada actividad.

Tabla 19. Frecuencia de mantenimiento

COLOR	FRECUENCIA
	Diario
	Semanal
	Mensual
	Semestral
	Anual

Gamas de mantenimiento

Las gamas de mantenimiento ayudan a mostrar las actividades realizadas mensualmente para un correcto mantenimiento preventivo de los moldes, las gamas están representadas mediante un código de colores esto indica la frecuencia con la que se debe desarrollar cada actividad, como se muestra de la Tabla 20 a la Tabla 31.

Gamas de Mantenimiento

Tabla 20. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de enero

Mes		ENERO																														
Molde	Molde de 1 cavidad	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificios de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 21. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de febrero

Mes		FEBRERO																													
Molde	Molde de 1 cavidad	Martes	Miércoles	Jueves	Vierne	Sábado	Domin	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Vierne	Sábado	Domin	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Vierne	Sábado	Domin	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Vierne	Sábado	Domin	Lunes		
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de la placa expulsora																														
	Engrase de los expulsores																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control de expulsores																														
	Control del Bulón																														
Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 22. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de marzo

Mes		MARZO																														
Molde	Molde de 1 cavidad	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías							■							■								■					■				
	Engrase de las columnas							■							■								■					■				
	Engrase de la porta moldes							■							■								■					■				
	Engrase de la placa sufridera							■							■								■					■				
	Engrase del anillo centrador							■							■								■					■				
	Engrase de la placa expulsora							■							■								■					■				
	Engrase de los expulsores							■							■								■					■				
	Engrase del bulón																														■	
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															■
	Control de los orificios de inyección																															■
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																															■
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 23. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de abril

Mes		ABRIL																														
Molde	Molde de 1 cavidad	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificios de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 24. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de mayo

Mes		MAYO																																	
Molde	Molde de 1 cavidad	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes			
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■								■																									
	Engrase de los casquillos guías		■							■																									
	Engrase de las columnas		■							■																									
	Engrase de los porta moldes																																		
	Engrase de la placa sufridera																																		
	Engrase del anillo centrador		■							■																									
	Engrase de la placa expulsora		■							■																									
	Engrase de los expulsores		■							■																									
	Engrase del bulón																																■		
	Limpieza de canales																																		
	Limpieza de los orificios de inyección																																		
	Limpieza de cavidades																																	■	
	Control de los orificios de inyección																																		■
	Control del circuito de refrigeración																																		
	Control de racores	■																																	
	Control de expulsores	■																																	
	Control del Bulón																																		■
	Control de los tornillos de amarre																																		

Tabla 25. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de junio

Mes		JUNIO																													
Molde	Molde de 1 cavidad	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de la placa expulsora																														
	Engrase de los expulsores																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control de expulsores																														
	Control del Bulón																														
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 26. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de julio

Mes		JULIO																															
Molde	Molde de 1 cavidad	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Engrase de los casquillos guías				■							■								■						■							
	Engrase de las columnas				■							■								■						■							
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador				■							■								■						■							
	Engrase de la placa expulsora				■							■								■						■							
	Engrase de los expulsores				■							■								■						■							
	Engrase del bulón																														■		
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																															■	
	Control de los orificios de inyección																															■	
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																															■	
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 27. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de agosto

Mes		AGOSTO																														
Molde	Molde de 1 cavidad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificiones de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificiones de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 28. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de septiembre

Mes		SEPTIEMBRE																													
TIPO	ACTIVIDADES	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías					■						■								■							■				
	Engrase de las columnas					■						■								■							■				
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador					■						■								■							■				
	Engrase de la placa expulsora					■						■								■							■				
	Engrase de los expulsores					■						■								■							■				
	Engrase del bulón																														■
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														■
	Control de los orificios de inyección																														■
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																														■
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 29. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de octubre

Mes		OCTUBRE																															
Molde	Molde de 1 cavidad	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■																															
	Engrase de los casquillos guías			■							■															■							
	Engrase de las columnas			■							■															■							
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador			■							■															■							
	Engrase de la placa expulsora			■							■															■							
	Engrase de los expulsores			■							■															■							
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																																
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 30. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de noviembre

Mes		NOVIEMBRE																														
Molde	Molde de 1 cavidad	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificios de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

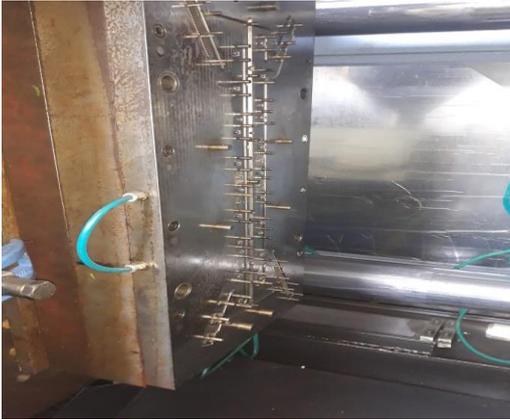
Tabla 31. Gama de mantenimiento del molde de 1 cavidad correspondiente al mes de diciembre

Mes		DICIEMBRE																														
Molde	Molde de 1 cavidad	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías					■							■								■						■					
	Engrase de las columnas					■							■								■						■					
	Engrase de los porta moldes																															■
	Engrase de la placa sufridera																															■
	Engrase del anillo centrador					■							■								■						■					
	Engrase de la placa expulsora					■							■								■						■					
	Engrase de los expulsores					■							■								■						■					
	Engrase del bulón																															■
	Limpieza de canales																															■
	Limpieza de los orificios de inyección																															■
	Limpieza de cavidades																															■
	Control de los orificios de inyección																															■
	Control del circuito de refrigeración																															■
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																															■
	Control de los tornillos de amarre																															■

3.1.8.2. Molde de 2 cavidades

En la Tabla 32 se muestra la ficha técnica del molde de 2 cavidades.

Tabla 32. Ficha técnica molde de 2 cavidades

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
Molde de 2 cavidades			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FRECUENCIA DE USO	Mensual	DIMENSIONES (cm)	Altura: 45 Largo: 33 Ancho: 24
MATERIAL	Acero ASTM 36	PESO (Kg)	50
PROCEDENCIA	Ambato-Ecuador	ESTADO	Bueno
COMPONENTES			
Placa fija		Cavidades macho y hembra	
Placa móvil		Placa expulsora	
Anillo centrador		Expulsores	
Columnas		Casquillos	
Función: Recibir y distribuir plástico fundido para ser moldeado, solidificado y luego expulsado del molde.			

Características del molde

- ❖ Número de cavidades: 2
- ❖ Material del molde: ASTM A36
- ❖ Peso total: 50 kg
- ❖ Dimensiones: 45x33x24 (cm)
- ❖ Tipo refrigerante: Agua
- ❖ Número de placas: 2

Condiciones de servicio

- ❖ Temperatura de trabajo: (0 - 180) °C
- ❖ Materia de prima: Polímeros
- ❖ Tiempo de operación: 8 horas diarias
- ❖ Número de operarios: 1

Listado de Componentes

El listado de componentes del molde 2 cavidades se observa en la Tabla 33.

Tabla 33: Lista de componentes

N°	Componentes	Función y/o característica
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser dirigido hasta el canal de alimentación.
5	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde ocurre el proceso de moldeo.
8	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los

N°	Componentes	Función y/o característica
		expulsores.
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.
12	Placa expulsora	Sujetar los expulsores encargados de extraer la pieza del molde.
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.
14	Expulsores	Empujar la pieza plástica fuera del molde.
15	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.
16	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.
17	Casquillo guía de expulsión	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema de expulsión que se encuentra en la placa base móvil.
18	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.
19	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.
20	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas guía del molde.
21	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.

Instrucciones de montaje

- ❖ Bodega de moldes
- ❖ El molde es asegurado al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas hasta la maquina inyectora
- ❖ Se abren las platinas de la inyectora
- ❖ Se baja el molde y se centra
- ❖ Se cierran las platinas y se prensa el molde

- ❖ Se asegura el molde a las platinas con los tornillos de amarre
- ❖ Se separa al molde del montacargas
- ❖ Se colocan las mangueras de agua a los racores
- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se coloca aceite hidráulico para engrasar
- ❖ Se ajusta la máquina inyectora
- ❖ Se pone en operación

Instrucciones de desmontaje

- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se retira la grasa de la superficie
- ❖ Se cierra el molde
- ❖ Se retiran las mangueras de agua de los racores
- ❖ Se asegura el molde al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas a la bodega de moldes

Normas de seguridad

- ❖ Realizar una inspección previa de los moldes y de la máquina
- ❖ Utilizar los elementos de protección personal en todo el proceso
- ❖ No abrir las puertas mientras esté en el proceso de moldeo
- ❖ No introducir partes del cuerpo dentro de la máquina
- ❖ Instruir al personal que va a utilizar la máquina
- ❖ Mantenerse pendiente de los productos que van saliendo
- ❖ En caso de averías del molde, llamar al personal de mantenimiento
- ❖ No llevar alimentos al área de trabajo

En la Tabla 34 se observa los datos estadísticos de mantenimiento anual del molde de 2 cavidades

Estadísticos de mantenimiento anual

Tabla 34. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 2 cavidades

 CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE											
Número de horas que se utiliza un molde periódicamente											8
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO (h)	TR(h)	TM (h)	TP (h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Inicio de actividades	3/1/2022									
Enero	Comprobar tornillería de platinas de ajuste	6/1/2022	27,75	4	0,25	4,25	53,75	1,83	0,02	0,55	96,70%
	Comprobar tornillería de placas expulsoras	19/1/2022	79	0,5	0,5	1					
	Limpiar el molde y quitar el exceso de grasa	27/1/2022	54,5	1	0,5	1,5					
Febrero	Limpiar los casquillos guía	1/2/2022	29	2	1	3	59,58	1,17	0,02	0,86	98,08%
	Limpiar y engrasar las guías de molde	9/2/2022	55,25	0,5	0,25	0,75					
	Comprobar la sujeción de las placas	24/2/2022	94,5	1	0,5	1,5					
Marzo	Controlar que el molde este libre de agua o humedad	10/3/2022	86,5	1,25	0,25	1,5	72,50	1,75	0,01	0,57	97,64%
	Comprobar que no haya fugas de aceite	21/3/2022	61,5	2	0,5	2,5					
	Comprobar que no haya fugas de agua	31/3/2022	69,5	2	0,5	2,5					
Abril	Desmontar y limpiar molde de inyección	4/4/2022	22,75	0,75	0,5	1,25	51,83	1,08	0,02	0,92	97,95%
	Cambiar las partes desgastadas del molde	11/4/2022	46	1,5	0,5	2					
	Engrasar todas las partes móviles del molde	25/4/2022	86,75	1	0,25	1,25					
Mayo	Revisar todas las mangueras	4/5/2022	62,5	1	0,5	1,5	56,31	1,31	0,02	0,76	97,72%
	Revisar todos los racores	10/5/2022	37,75	2	0,25	2,25					
	Comprobar los circuitos de refrigeración	18/5/2022	55	0,5	0,5	1					
	Verificar visualmente si hay fugas de materia prima	30/5/2022	70	1,75	0,25	2					
Junio	Verificar fugas en las mangueras	1/6/2022	21,75	1,5	0,75	2,25	59,08	1,50	0,02	0,67	97,52%
	Limpeza de las placas y las cavidades	13/6/2022	69,5	1,5	1	2,5					



CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE

Número de horas que se utiliza un molde periódicamente

8

MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO (h)	TR(h)	TM (h)	TP (h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Engrasar las cavidades	27/6/2022	86	1,5	0,5	2					
Julio	Limpieza del anillo centrador	4/7/2022	46	1,5	0,5	2	59,42	1,50	0,02	0,67	97,54%
	Engrasar el anillo del cuello	12/7/2022	53,5	2	0,5	2,5					
	Retirar la grasa deteriorada de las placas y correderas	25/7/2022	78,75	1	0,25	1,25					
Agosto	Engrasar la superficie de molde	3/8/2022	62,5	1	0,5	1,5	56,06	1,50	0,02	0,67	97,39%
	Verificar el desgaste de las expulsos	15/8/2022	70	1,5	0,5	2					
	Inspeccionar visualmente la superficie de molde	24/8/2022	61,5	2	0,5	2,5					
	Lubricar con aceite hidráulico las partes móviles	29/8/2022	30,25	1,5	0,25	1,75					
Septiembre	Inspeccionar la punta de la boquilla	5/9/2022	46,5	1	0,5	1,5	62,42	1,17	0,02	0,86	98,17%
	Reemplazar la punta de la boquilla	12/9/2022	46,5	1	0,5	1,5					
	Limpiar y pulir la superficie de moldeo	27/9/2022	94,25	1,5	0,25	1,75					
Octubre	Revisar sellos de los obturadores	5/10/2022	53	2,5	0,5	3	70,08	1,50	0,01	0,67	97,90%
	Limpieza del interior de los casquillos	20/10/2022	95	0,5	0,5	1					
	Lubricación en los expulsos	31/10/2022	62,25	1,5	0,25	1,75					
Noviembre	Verificar acumulación de corrosión	7/11/2022	45,5	2	0,5	2,5	49,38	1,63	0,02	0,62	96,81%
	Limpiar acumulación de plástico en las cavidades	15/11/2022	51,5	3	1,5	4,5					
	Verificar el desgaste de las cavidades	23/11/2022	54,5	1	0,5	1,5					
	Verificar el desgaste visible en placas y correderas	30/11/2022	46	0,5	1,5	2					
Diciembre	Verificar el circuito de refrigeración	5/12/2022	30,5	1	0,5	1,5	48,83	1,08	0,02	0,92	97,83%
	Retirar el exceso de materia prima presente en el canal	13/12/2022	54	1,25	0,75	2					
	Limpieza de oxido acumulado en el molde	22/12/2022	62	1	1	2					
TOTALES			2259,5	55,5	21	76,5	699,25	17,02	0,21	8,72	1171%
PROMEDIOS			57,936	1,423	0,54	1,96	58,27	1,42	0,02	0,73	97,61%

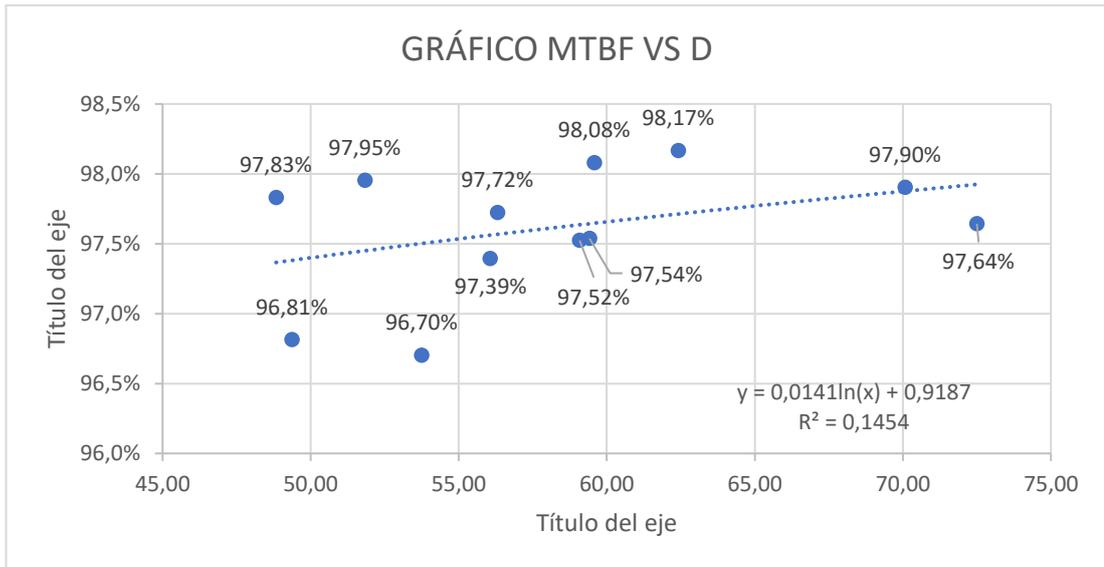


Figura 18. Gráfica MTBF vs D del molde de 2 cavidades

En la Figura 18 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,17% con un tiempo medio entre fallos (MTBF) igual a 62,42 horas, mientras que el valor mínimo es de 96,70% con un tiempo medio entre fallos de 53,75 horas, se muestra también un valor máximo del tiempo medio entre fallos es de 72,50 horas con una disponibilidad del 97,64%, y el mínimo de 48,83 con disponibilidad de 97,83%. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,1454$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

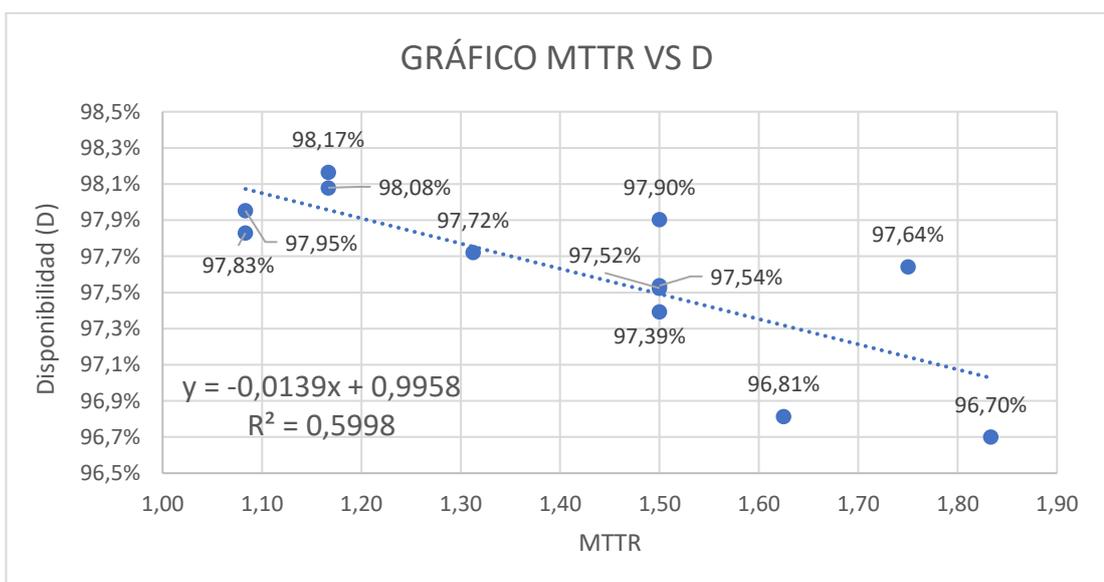


Figura 19. Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad Molde de 2 cavidades

En la Figura 19 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,17% con un tiempo medio de reparación (MTTR) igual a 1,17 horas, mientras que el valor mínimo es de 96,70% con un tiempo medio de reparación igual a 1,83 horas. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,5998$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

En la Tabla 35, se realizará el análisis de la matriz de criterios ponderados AMFE para los moldes de dos cavidades.

Matriz AMFE

Tabla 35. Matriz AMFE para el molde de 2 cavidades

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 2 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base	3	4	6	72	Engrasar la superficie de la placa base fija
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	2	6	5	60	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.	Mala ubicación del molde	Desnivel	Golpes sobre la superficie	El molde no se centra de manera correcta	3	7	5	105	Correcta ubicación y ajustes del molde durante los cambios
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser	Rotura de la boquilla	Deformación	Temperatura de la boquilla demasiado baja	Paro operacional	4	5	5	100	Cambiar la boquilla de alimentación

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 2 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
5		dirigido hasta el canal de alimentación.									
	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.	Obstrucción del paso normal de la materia prima	Taponamiento	Acumulacion de materia prima	Rebabas en el producto final	4	6	7	168	Limpiar los canales del molde
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.	Obstrucción del paso normal del agua	Obstrucción	Exceso de impuresas y partículas	Agua con impurezas	3	6	6	108	Realizar limpiezas periódicas de los pozos de agua
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	4	5	40	Alinear correctamente los moldes

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 2 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
8		ocurre el proceso de moldeo.									
	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	3	3	4	36	Alinear correctamente los moldes
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.	Fugas de agua	Fugas	Falta de ajuste	Derrame de agua	1	8	5	40	Ajustar bien los racores

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 2 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los expulsores.	Rotura de la placa	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	5	8	80	Alinear correctamente los moldes
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.	Rotura de las sufrideras	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	3	3	18	Alinear correctamente los moldes
12	Placa expulsora	Sujetar los expulsores encargados de extraer la pieza del molde.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa expulsora	3	3	6	54	Engrasar la placa expulsora
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base móvil	2	5	8	80	Engrasar la superficie de la placa base móvil

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 2 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
14	Expulsores	Empujar la pieza plástica fuera del molde.	Rotura de los expulsos	Rotura	El expulsor no se encuentra recto	Expulsores atascados	4	5	7	140	Revisar y lubricar periódicamente los expulsos
15	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de las cavidades hembra y macho	1	2	6	12	Engrasar las placas cavidades hembra y macho
16	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.	Rotura del perno	Rotura	Sobrepresión	Desgaste por ambiente corrosivo	1	1	5	5	Engrasar periódicamente
	Casquillo guía de expulsión	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema de expulsión que se encuentra en la placa base móvil.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	4	8	64	Revisión y lubricación periódica

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 2 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
18	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
19	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	5	7	70	Revisión y lubricación periódica
20	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas <i>guía</i> del molde.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Atascos del molde	2	6	7	84	Revisión y lubricación periódica
21	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.	Presencia de rozamiento excesivo	Falta de lubricación	Lubricación deficiente	Desgaste en las columnas	2	5	5	50	Lubricación periódica
PROMEDIO										68,29	

Determinación de la fiabilidad mediante el modelo matemático y grafico de Weibull.

Modelo Matemático de Weibull del molde de 2 cavidades

Tabla 36. Datos estadísticos del molde de 2 cavidades

Actividad	Nº de falla	To (h)	ln(t)
1	1	27,75	3,323
2	1	79	4,369
3	1	54,5	3,998
4	1	29	3,367
5	1	55,25	4,012
6	1	94,5	4,549
7	1	86,5	4,460
8	1	61,5	4,119
9	1	69,5	4,241
10	1	22,75	3,125
11	1	46	3,829
12	1	86,75	4,463
13	1	62,5	4,135
14	1	37,75	3,631
15	1	55	4,007
16	1	70	4,248
17	1	21,75	3,080
18	1	69	4,234
19	1	85,5	4,449
20	1	46	3,829
21	1	53,5	3,980
22	1	78,75	4,366
23	1	62,5	4,135
24	1	69	4,234
25	1	61,5	4,119
26	1	30,25	3,409
27	1	46,5	3,839
28	1	46,5	3,839
29	1	94,25	4,546
30	1	53	3,970
31	1	95	4,554
32	1	61,75	4,123
33	1	45,5	3,818
34	1	51,5	3,942
35	1	54,5	3,998
36	1	46	3,829
37	1	30,5	3,418
38	1	54	3,989
39	1	62	4,127
Sumatorias	39	2257	155,704
		57,872	3,992

Tabla 37. Datos calculados del molde de 2 cavidades

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2
1	1	27,75	3,323	0,44780
2	1	79	4,369	0,14216
3	1	54,5	3,998	0,00003
4	1	29	3,367	0,39077
5	1	55,25	4,012	0,00038
6	1	94,5	4,549	0,30934
7	1	86,5	4,460	0,21877
8	1	61,5	4,119	0,01603
9	1	69,5	4,241	0,06196
10	1	22,75	3,125	0,75316
11	1	46	3,829	0,02682
12	1	86,75	4,463	0,22148
13	1	62,5	4,135	0,02038
14	1	37,75	3,631	0,13063
15	1	55	4,007	0,00022
16	1	70	4,248	0,06558
17	1	21,75	3,080	0,83320
18	1	69	4,234	0,05842
19	1	85,5	4,449	0,20803
20	1	46	3,829	0,02682
21	1	53,5	3,980	0,00016
22	1	78,75	4,366	0,13978
23	1	62,5	4,135	0,02038
24	1	69	4,234	0,05842
25	1	61,5	4,119	0,01603
26	1	30,25	3,409	0,33979
27	1	46,5	3,839	0,02340
28	1	46,5	3,839	0,02340
29	1	94,25	4,546	0,30640
30	1	53	3,970	0,00049
31	1	95	4,554	0,31524
32	1	61,75	4,123	0,01708
33	1	45,5	3,818	0,03052
34	1	51,5	3,942	0,00258
35	1	54,5	3,998	0,00003
36	1	46	3,829	0,02682
37	1	30,5	3,418	0,33026
38	1	54	3,989	0,00001
39	1	62	4,127	0,01815
Sumatorias	39	2257	155,704	5,601
		57,872	3,992	0,144

Tabla 38. Parámetros iniciales del molde de 2 cavidades

Calculos	
Media (x)	3,992
Varianza (S ²)	0,826
Desviación (S)	0,909
Gama (γ)	0
Beta (β)	1,41
Alpha (α)	81,56

Tabla 39. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde de 2 cavidades

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x) ²	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
1	1	27,75	3,323	0,44780	0,6276	62,76%	0,3724	37,24%
2	1	79	4,369	0,14216	0,3762	37,62%	0,6238	62,38%
3	1	54,5	3,998	0,00003	0,4716	47,16%	0,5284	52,84%
4	1	29	3,367	0,39077	0,6184	61,84%	0,3816	38,16%
5	1	55,25	4,012	0,00038	0,4682	46,82%	0,5318	53,18%
6	1	94,5	4,549	0,30934	0,3296	32,96%	0,6704	67,04%
7	1	86,5	4,460	0,21877	0,3526	35,26%	0,6474	64,74%
8	1	61,5	4,119	0,01603	0,4410	44,10%	0,5590	55,90%
9	1	69,5	4,241	0,06196	0,4095	40,95%	0,5905	59,05%
10	1	22,75	3,125	0,75316	0,6671	66,71%	0,3329	33,29%
11	1	46	3,829	0,02682	0,5135	51,35%	0,4865	48,65%
12	1	86,75	4,463	0,22148	0,3518	35,18%	0,6482	64,82%
13	1	62,5	4,135	0,02038	0,4369	43,69%	0,5631	56,31%
14	1	37,75	3,631	0,13063	0,5602	56,02%	0,4398	43,98%
15	1	55	4,007	0,00022	0,4693	46,93%	0,5307	53,07%
16	1	70	4,248	0,06558	0,4076	40,76%	0,5924	59,24%
17	1	21,75	3,080	0,83320	0,6757	67,57%	0,3243	32,43%
18	1	69	4,234	0,05842	0,4114	41,14%	0,5886	58,86%
19	1	85,5	4,449	0,20803	0,3556	35,56%	0,6444	64,44%
20	1	46	3,829	0,02682	0,5135	51,35%	0,4865	48,65%
21	1	53,5	3,980	0,00016	0,4763	47,63%	0,5237	52,37%
22	1	78,75	4,366	0,13978	0,3770	37,70%	0,6230	62,30%
23	1	62,5	4,135	0,02038	0,4369	43,69%	0,5631	56,31%
24	1	69	4,234	0,05842	0,4114	41,14%	0,5886	58,86%
25	1	61,5	4,119	0,01603	0,4410	44,10%	0,5590	55,90%
26	1	30,25	3,409	0,33979	0,6094	60,94%	0,3906	39,06%
27	1	46,5	3,839	0,02340	0,5109	51,09%	0,4891	48,91%
28	1	46,5	3,839	0,02340	0,5109	51,09%	0,4891	48,91%
29	1	94,25	4,546	0,30640	0,3303	33,03%	0,6697	66,97%
30	1	53	3,970	0,00049	0,4786	47,86%	0,5214	52,14%
31	1	95	4,554	0,31524	0,3282	32,82%	0,6718	67,18%
32	1	61,75	4,123	0,01708	0,4399	43,99%	0,5601	56,01%
33	1	45,5	3,818	0,03052	0,5161	51,61%	0,4839	48,39%
34	1	51,5	3,942	0,00258	0,4858	48,58%	0,5142	51,42%
35	1	54,5	3,998	0,00003	0,4716	47,16%	0,5284	52,84%

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
36	1	46	3,829	0,02682	0,5135	51,35%	0,4865	48,65%
37	1	30,5	3,418	0,33026	0,6076	60,76%	0,3924	39,24%
38	1	54	3,989	0,00001	0,4739	47,39%	0,5261	52,61%
39	1	62	4,127	0,01815	0,4389	43,89%	0,5611	56,11%

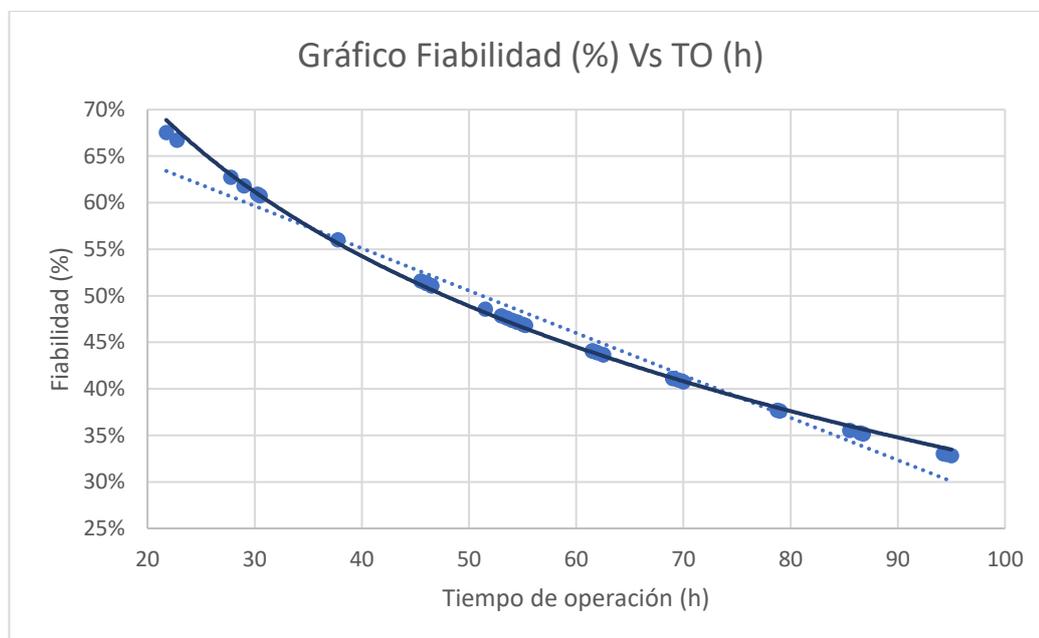


Figura 20. Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 2 cavidades

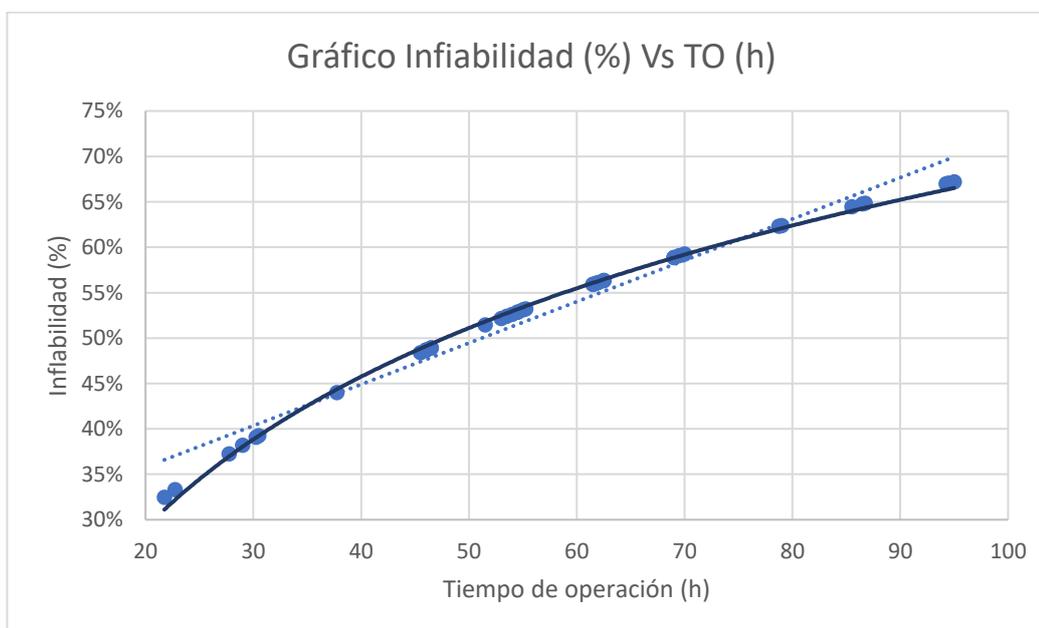


Figura 21. Gráfica in fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 2 cavidades

Modelo Gráfico de Weibull del molde de 2 cavidades

$$F(i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

Tabla 40. Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)
1	27,75	0,018	1,78%
2	79	0,043	4,31%
3	54,5	0,069	6,85%
4	29	0,094	9,39%
5	55,25	0,119	11,93%
6	94,5	0,145	14,47%
7	86,5	0,170	17,01%
8	61,5	0,195	19,54%
9	69,5	0,221	22,08%
10	22,75	0,246	24,62%
11	46	0,272	27,16%
12	86,75	0,297	29,70%
13	62,5	0,322	32,23%
14	37,75	0,348	34,77%
15	55	0,373	37,31%
16	70	0,398	39,85%
17	21,75	0,424	42,39%
18	69	0,449	44,92%
19	85,5	0,475	47,46%
20	46	0,500	50,00%
21	53,5	0,525	52,54%
22	78,75	0,551	55,08%
23	62,5	0,576	57,61%
24	69	0,602	60,15%
25	61,5	0,627	62,69%
26	30,25	0,652	65,23%
27	46,5	0,678	67,77%
28	46,5	0,703	70,30%
29	94,25	0,728	72,84%
30	53	0,754	75,38%
31	95	0,779	77,92%
32	61,75	0,805	80,46%
33	45,5	0,830	82,99%
34	51,5	0,855	85,53%
35	54,5	0,881	88,07%
36	46	0,906	90,61%
37	30,5	0,931	93,15%
38	54	0,957	95,69%
39	62	0,982	98,2%

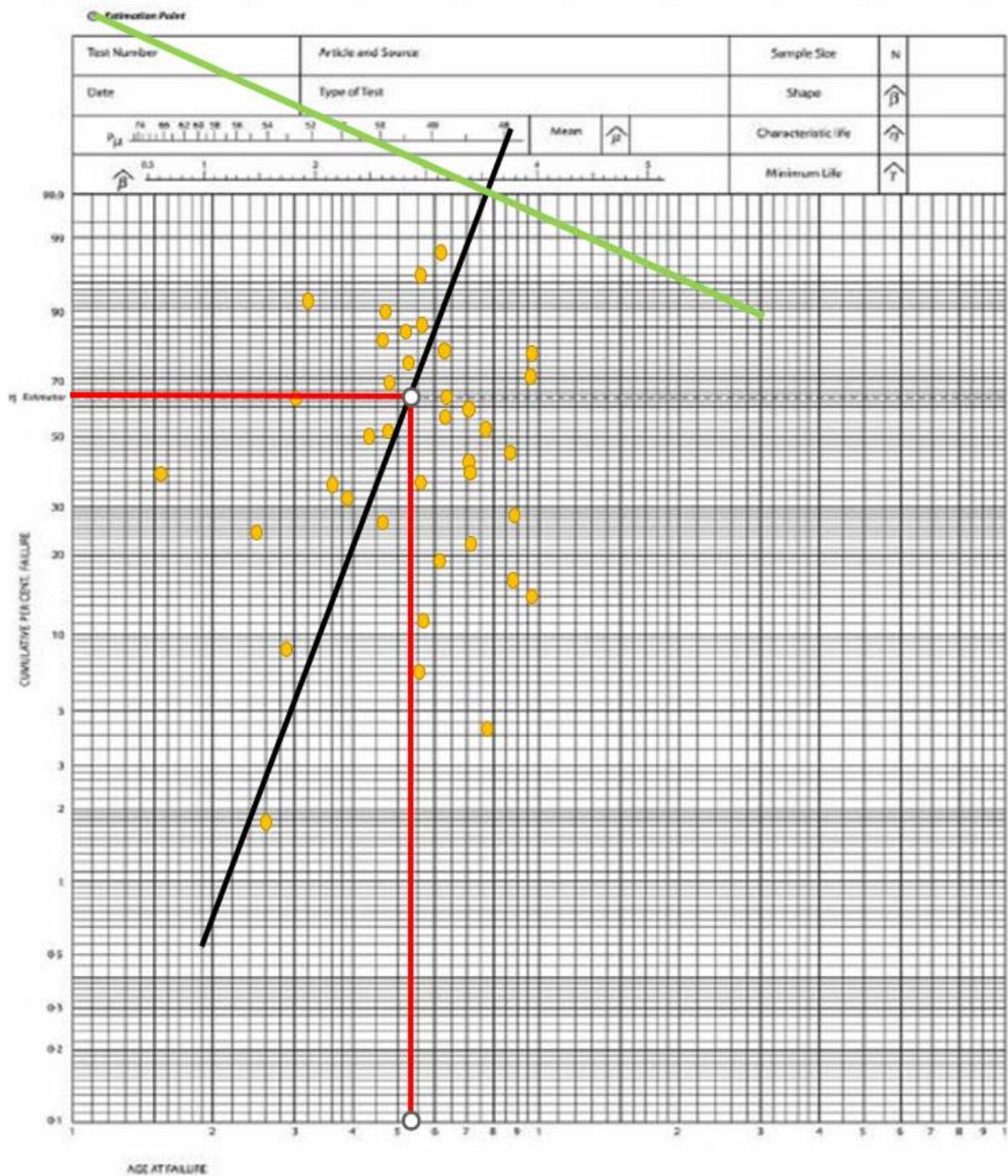


Figura 22. Papel de Weibull del molde de 2 cavidades

Tabla 41. Parámetros de fallas del molde de 2 cavidades

P_{μ}	50
β	3,3
n	53

Tabla 42. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)	R (t)	R (t) (%)
1	27,75	0,018	1,78%	0,9014	90,14%
2	79	0,043	4,31%	0,0175	1,75%
3	54,5	0,069	6,85%	0,3320	33,20%
4	29	0,094	9,39%	0,8859	88,59%
5	55,25	0,119	11,93%	0,3145	31,45%
6	94,5	0,145	14,47%	0,0005	0,05%
7	86,5	0,170	17,01%	0,0039	0,39%
8	61,5	0,195	19,54%	0,1858	18,58%
9	69,5	0,221	22,08%	0,0756	7,56%
10	22,75	0,246	24,62%	0,9495	94,95%
11	46	0,272	27,16%	0,5438	54,38%
12	86,75	0,297	29,70%	0,0037	0,37%
13	62,5	0,322	32,23%	0,1685	16,85%
14	37,75	0,348	34,77%	0,7372	73,72%
15	55	0,373	37,31%	0,3203	32,03%
16	70	0,398	39,85%	0,0708	7,08%
17	21,75	0,424	42,39%	0,9567	95,67%
18	69	0,449	44,92%	0,0806	8,06%
19	85,5	0,475	47,46%	0,0048	0,48%
20	46	0,500	50,00%	0,5438	54,38%
21	53,5	0,525	52,54%	0,3558	35,58%
22	78,75	0,551	55,08%	0,0183	1,83%
23	62,5	0,576	57,61%	0,1685	16,85%
24	69	0,602	60,15%	0,0806	8,06%
25	61,5	0,627	62,69%	0,1858	18,58%
26	30,25	0,652	65,23%	0,8690	86,90%
27	46,5	0,678	67,77%	0,5312	53,12%
28	46,5	0,703	70,30%	0,5312	53,12%
29	94,25	0,728	72,84%	0,0006	0,06%
30	53	0,754	75,38%	0,3679	36,79%
31	95	0,779	77,92%	0,0004	0,04%
32	61,75	0,805	80,46%	0,1814	18,14%
33	45,5	0,830	82,99%	0,5564	55,64%
34	51,5	0,855	85,53%	0,4048	40,48%
35	54,5	0,881	88,07%	0,3320	33,20%
36	46	0,906	90,61%	0,5438	54,38%
37	30,5	0,931	93,15%	0,8654	86,54%
38	54	0,957	95,69%	0,3438	34,38%
39	62	0,982	98,2%	0,1770	17,70%

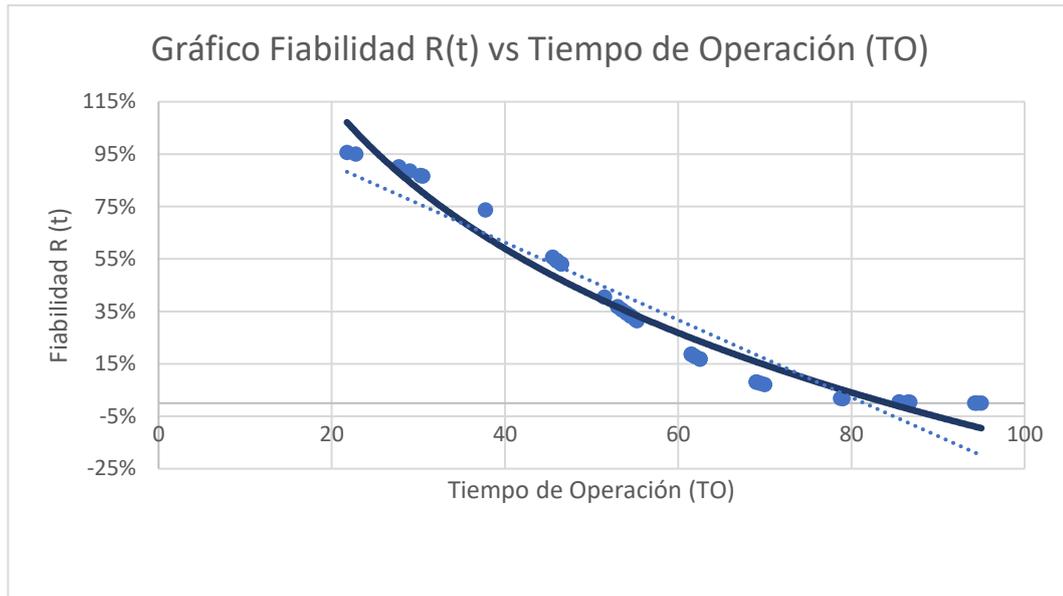


Figura 23. Fiabilidad vs Tiempo de Operación

Gracias a la Figura 23 se puede determinar lo siguiente:

- ❖ Se puede observar que tanto en el método matemático como en el método gráfico de Weibull el coeficiente de determinación es semejante, por lo que se comprueba la validez del proceso.
- ❖ Existe una relación proporcional, es decir, que a mayor tiempo de operación menor fiabilidad, esto se produce debido a las fallas y desgastes provocados en los componentes.
- ❖ Al mostrar una tasa de fallos decreciente se puede deducir que el molde de una cavidad se ubica en la zona de mantenimiento infantil.

Las gamas de mantenimiento para el molde de dos cavidades se muestran de la Tabla 43 a la Tabla 54.

Gamas de Mantenimiento

Tabla 43.Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de enero

Mes		ENERO																															
Molde	Molde de 2 cavidades	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■																															
	Engrase de los casquillos guías			■							■							■							■							■	
	Engrase de las columnas			■							■							■							■							■	
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador			■								■							■						■							■	
	Engrase de la placa expulsora			■								■							■						■							■	
	Engrase de los expulsores			■								■							■						■							■	
	Engrase del bulón																																■
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																■
	Control de los orificios de inyección																																■
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de expulsores																																
	Control del Bulón																																■
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 44. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de febrero

Mes		FEBRERO																													
TIPO	ACTIVIDADES	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de la placa expulsora																														
	Engrase de los expulsores																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control de expulsores																														
	Control del Bulón																														
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 45. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de marzo

Mes		MARZO																																
Molde	Molde de 2 cavidades	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves		
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																	
	Engrase de los casquillos guías																																	
	Engrase de las columnas																																	
	Engrase de la porta moldes																																	
	Engrase de la placa sufridera																																	
	Engrase del anillo centrador																																	
	Engrase de la placa expulsora																																	
	Engrase de los expulsores																																	
	Engrase del bulón																																	
	Limpieza de canales																																	
	Limpieza de los orificios de inyección																																	
	Limpieza de cavidades																																	
	Control de los orificios de inyección																																	
	Control del circuito de refrigeración																																	
	Control de racores																																	
	Control de expulsores																																	
	Control del Bulón																																	
Control de los tornillos de amarre																																		

Tabla 46. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de abril

Mes		ABRIL																													
Molde	Molde de 2 cavidades	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TIPO	ACTIVIDADES																														
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Engrase de los casquillos guías				■						■							■							■						
	Engrase de las columnas				■						■							■							■						
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador				■						■							■							■						
	Engrase de la placa expulsora				■						■							■							■						
	Engrase de los expulsores				■						■							■							■						
	Engrase del bulón																														■
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														■
	Control de los orificios de inyección																														■
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																														■
Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 47. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de mayo

Mes		MAYO																																
TIPO	ACTIVIDADES	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																	
	Engrase de los casquillos guías																																	
	Engrase de las columnas																																	
	Engrase de los porta moldes																																	
	Engrase de la placa sufridera																																	
	Engrase del anillo centrador																																	
	Engrase de la placa expulsora																																	
	Engrase de los expulsores																																	
	Engrase del bulón																																	
	Limpieza de canales																																	
	Limpieza de los orificios de inyección																																	
	Limpieza de cavidades																																	
	Control de los orificios de inyección																																	
	Control del circuito de refrigeración																																	
	Control de racores																																	
	Control de expulsores																																	
	Control del Bulón																																	
	Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 48. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de junio

Mes		JUNIO																													
Molde	Molde de 2 cavidades	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de la placa expulsora																														
	Engrase de los expulsores																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control de expulsores																														
	Control del Bulón																														
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 49. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de julio

Mes		JULIO																																
TIPO	ACTIVIDADES	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																	
	Engrase de los casquillos guías																																	
	Engrase de las columnas																																	
	Engrase de los porta moldes																																	
	Engrase de la placa sufridera																																	
	Engrase del anillo centrador																																	
	Engrase de la placa expulsora																																	
	Engrase de los expulsores																																	
	Engrase del bulón																																	
	Limpieza de canales																																	
	Limpieza de los orificios de inyección																																	
	Limpieza de cavidades																																	
	Control de los orificios de inyección																																	
	Control del circuito de refrigeración																																	
	Control de racores																																	
	Control de expulsores																																	
	Control del Bulón																																	
	Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 50. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de agosto

Mes		AGOSTO																														
TIPO	ACTIVIDADES	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías	■						■							■								■						■			
	Engrase de las columnas	■						■							■								■						■			
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador	■						■							■								■						■			
	Engrase de la placa expulsora	■						■							■								■						■			
	Engrase de los expulsores	■						■							■								■						■			
	Engrase del bulón																														■	
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificiones de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															■
	Control de los orificiones de inyección																															■
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																															■
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 51. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de septiembre

Mes		SEPTIEMBRE																															
Molde	Molde de 2 cavidades	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes		
		TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de la placa expulsora																																
	Engrase de los expulsores																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de expulsores																																
	Control del Bulón																																
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 52. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de octubre

Mes		OCTUBRE																																
TIPO	ACTIVIDADES	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																	
	Engrase de los casquillos guías																																	
	Engrase de las columnas																																	
	Engrase de los porta moldes																																	
	Engrase de la placa sufridera																																	
	Engrase del anillo centrador																																	
	Engrase de la placa expulsora																																	
	Engrase de los expulsores																																	
	Engrase del bulón																																	
	Limpieza de canales																																	
	Limpieza de los orificios de inyección																																	
	Limpieza de cavidades																																	
	Control de los orificios de inyección																																	
	Control del circuito de refrigeración																																	
	Control de racores																																	
	Control de expulsores																																	
	Control del Bulón																																	
	Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 53. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de noviembre

Mes		NOVIEMBRE																													
Molde	Molde de 2 cavidades	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de la placa expulsora																														
	Engrase de los expulsores																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control de expulsores																														
	Control del Bulón																														
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 54. Gama de mantenimiento del molde de 2 cavidades correspondiente al mes de diciembre

Mes		DICIEMBRE																															
Molde	Molde de 2 cavidades	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías					■							■								■						■						
	Engrase de las columnas					■							■								■							■					
	Engrase de los porta moldes																															■	
	Engrase de la placa sufridera																															■	
	Engrase del anillo centrador					■							■								■						■						
	Engrase de la placa expulsora					■							■								■						■						
	Engrase de los expulsores					■							■								■						■						
	Engrase del bulón																															■	
	Limpieza de canales																															■	
	Limpieza de los orificios de inyección																														■		
	Limpieza de cavidades																														■		
	Control de los orificios de inyección																														■		
	Control del circuito de refrigeración																														■		
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																														■		
Control de los tornillos de amarre																														■			

3.1.8.3. Molde de 20 cavidades

En la Tabla 55 se muestra la ficha técnica del molde de 20 cavidades.

Tabla 55. Ficha técnica molde de 20 cavidades

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
Molde de 20 cavidades			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FRECUENCIA DE USO	Semestral	DIMENSIONES (m)	Altura: 48 Largo: 35 Ancho: 23
MATERIAL	Acero ASTM 36	PESO (Kg)	52
PROCEDENCIA	Ambato-Ecuador	ESTADO	Bueno
COMPONENTES			
Placa fija		Cavidades macho y hembra	
Placa móvil		Placa expulsora	
Anillo centrador		Expulsores	
Columnas		Casquillos	
Función: Recibir y distribuir plástico fundido para ser moldeado, solidificado y luego expulsado del molde.			

Características del molde

- ❖ Número de cavidades: 20
- ❖ Material del molde: ASTM A36
- ❖ Peso total: 52 kg
- ❖ Dimensiones: 48x35x23(cm)
- ❖ Tipo refrigerante: Agua
- ❖ Número de placas: 2

Condiciones de servicio

- ❖ Temperatura de trabajo: (0 - 180) °C
- ❖ Materia de prima: Polímeros
- ❖ Tiempo de operación: 8 horas diarias
- ❖ Número de operarios: 1

Listado de Componentes

El listado de componentes del molde de 20 cavidades se observa en la Tabla 56.

Tabla 56: Lista de componentes

N°	Componentes	Función y/o característica
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser dirigido hasta el canal de alimentación.
5	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde ocurre el proceso de moldeo.
8	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los

N°	Componentes	Función y/o característica
		expulsores.
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.
12	Placa expulsora	Sujetar los expulsores encargados de extraer la pieza del molde.
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.
14	Expulsores	Empujar la pieza plástica fuera del molde.
15	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.
16	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.
17	Casquillo guía de expulsión	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema de expulsión que se encuentra en la placa base móvil.
18	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.
19	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.
20	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas guía del molde.
21	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.

Instrucciones de montaje

- ❖ Bodega de moldes
- ❖ El molde es asegurado al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas hasta la maquina inyectora
- ❖ Se abren las platinas de la inyectora
- ❖ Se baja el molde y se centra
- ❖ Se cierran las platinas y se prensa el molde

- ❖ Se asegura el molde a las platinas con los tornillos de amarre
- ❖ Se separa al molde del montacargas
- ❖ Se colocan las mangueras de agua a los racores
- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se coloca aceite hidráulico para engrasar
- ❖ Se ajusta la máquina inyectora
- ❖ Se pone en operación

Instrucciones de desmontaje

- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se retira la grasa de la superficie
- ❖ Se cierra el molde
- ❖ Se retiran las mangueras de agua de los racores
- ❖ Se asegura el molde al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas a la bodega de moldes

Normas de seguridad

- ❖ Realizar una inspección previa de los moldes y de la máquina
- ❖ Utilizar los elementos de protección personal en todo el proceso
- ❖ No abrir las puertas mientras esté en el proceso de moldeo
- ❖ No introducir partes del cuerpo dentro de la máquina
- ❖ Instruir al personal que va a utilizar la máquina
- ❖ Mantenerse pendiente de los productos que van saliendo
- ❖ En caso de averías del molde, llamar al personal de mantenimiento
- ❖ No llevar alimentos al área de trabajo

En la Tabla 57 se observa los datos estadísticos de mantenimiento anual del molde de 20 cavidades.

Estadístico de mantenimiento anual

Tabla 57. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 20 cavidades

 CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE											
Número de horas que se utiliza un molde periódicamente											8
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO (h)	TR(h)	TM (h)	TP (h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Inicio de actividades	3/1/2022									
Enero	Comprobar tornillería de platinas de ajuste	6/1/2022	27,75	4	0,25	4,25	53,42	2,00	0,02	0,50	96,39%
	Comprobar tornillería de placas expulsoras	19/1/2022	78	1	1	2					
	Limpiar el molde y quitar el exceso de grasa	27/1/2022	54,5	1	0,5	1,5					
Febrero	Limpiar los casquillos guía	1/2/2022	29	2	1	3	59,58	1,17	0,02	0,86	98,08%
	Limpiar y engrasar las guías de molde	9/2/2022	55,25	0,5	0,25	0,75					
	Comprobar la sujeción de las placas	24/2/2022	94,5	1	0,5	1,5					
Marzo	Controlar que el molde esté libre de agua o humedad	10/3/2022	86,5	1,25	0,25	1,5	72,50	1,75	0,01	0,57	97,64%
	Comprobar que no haya fugas de aceite	21/3/2022	61,5	2	0,5	2,5					
	Comprobar que no haya fugas de agua	31/3/2022	69,5	2	0,5	2,5					
Abril	Desmontar y limpiar molde de inyección	4/4/2022	22,75	0,75	0,5	1,25	51,83	1,08	0,02	0,92	97,95%
	Cambiar las partes desgastadas del molde	11/4/2022	46	1,5	0,5	2					
	Engrasar todas las partes móviles del molde	25/4/2022	86,75	1	0,25	1,25					
Mayo	Revisar todas las mangueras	4/5/2022	62,5	1	0,5	1,5	56,31	1,31	0,02	0,76	97,72%
	Revisar todos los racores	10/5/2022	37,75	2	0,25	2,25					
	Comprobar los circuitos de refrigeración	18/5/2022	55	0,5	0,5	1					
	Verificar visualmente si hay fugas de materia prima	30/5/2022	70	1,75	0,25	2					
Junio	Verificar fugas en las mangueras	1/6/2022	22,5	1	0,5	1,5	57,83	2,00	0,02	0,50	96,66%
	Limpieza de las placas y las cavidades	13/6/2022	68,5	2	1,5	3,5					
	Engrasar las cavidades	27/6/2022	82,5	3	2,5	5,5					
Julio	Limpieza del anillo centrador	4/7/2022	46	1,5	0,5	2	59,42	1,50	0,02	0,67	97,54%



CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE

Número de horas que se utiliza un molde periódicamente

8

MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO (h)	TR(h)	TM (h)	TP (h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Engrasar el anillo del cuello	12/7/2022	53,5	2	0,5	2,5					
	Retirar la grasa deteriorada de las placas y correderas	25/7/2022	78,75	1	0,25	1,25					
Agosto	Engrasar la superficie de molde	3/8/2022	62,5	1	0,5	1,5	55,69	1,63	0,02	0,62	97,16%
	Verificar el desgaste de los expulsores	15/8/2022	68,5	2	1,5	3,5					
	Inspeccionar visualmente la superficie de molde	24/8/2022	61,5	2	0,5	2,5					
	Lubricar con aceite hidráulico las partes móviles	29/8/2022	30,25	1,5	0,25	1,75					
Septiembre	Inspeccionar la punta de la boquilla	5/9/2022	46,5	1	0,5	1,5	62,42	1,17	0,02	0,86	98,17%
	Reemplazar la punta de la boquilla	12/9/2022	46,5	1	0,5	1,5					
	Limpiar y pulir la superficie de moldeo	27/9/2022	94,25	1,5	0,25	1,75					
Octubre	Revisar sellos de los obturadores	5/10/2022	53	2,5	0,5	3	69,17	1,83	0,01	0,55	97,42%
	Limpieza del interior de los casquillos	20/10/2022	95	0,5	0,5	1					
	Lubricación en los expulsores	31/10/2022	59,5	2,5	2	4,5					
Noviembre	Verificar acumulación de corrosión	7/11/2022	45,5	2	0,5	2,5	46,56	1,88	0,02	0,53	96,13%
	Limpiar acumulación de plástico en las cavidades	15/11/2022	52,75	3	0,25	3,25					
	Verificar el desgaste de las cavidades	23/11/2022	42	2	12	14					
	Verificar el desgaste visible en placas y correderas	30/11/2022	46	0,5	1,5	2					
Diciembre	Verificar el circuito de refrigeración	5/12/2022	30,5	1	0,5	1,5	48,83	1,08	0,02	0,92	97,83%
	Retirar el exceso de materia prima presente en el canal	13/12/2022	54	1,25	0,75	2					
	Limpieza de oxido acumulado en el molde	22/12/2022	62	1	1	2					
TOTALES			2239,25	60	36,75	96,75	693,56	18,4	0,21	8,25	1169%
PROMEDIOS			57,417	1,54	0,94	2,48	57,8	1,53	0,02	0,69	97,39%

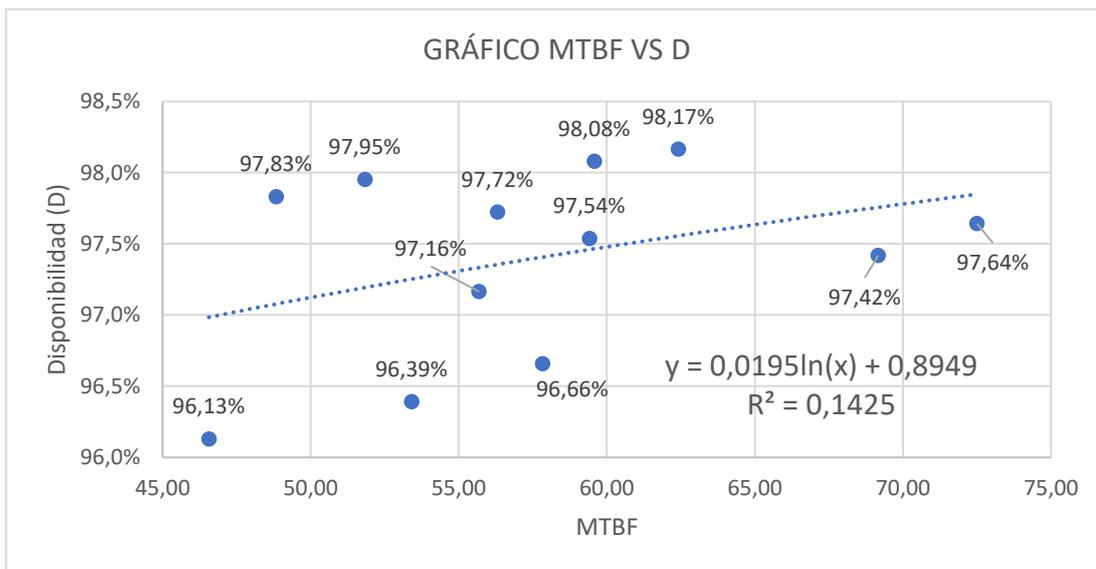


Figura 24. Gráfica MTBF vs D del molde de 20 cavidades

En la Figura 24 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,17% con un tiempo medio entre fallos (MTBF) igual a 62,42 horas, mientras que el valor mínimo es de 96,13% con un tiempo medio entre fallos de 46,56 horas, se muestra también un valor máximo del tiempo medio entre fallos es de 72,50 horas con una disponibilidad del 97,64%, y el mínimo de 46,56 con disponibilidad de 96,13%. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,1425$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

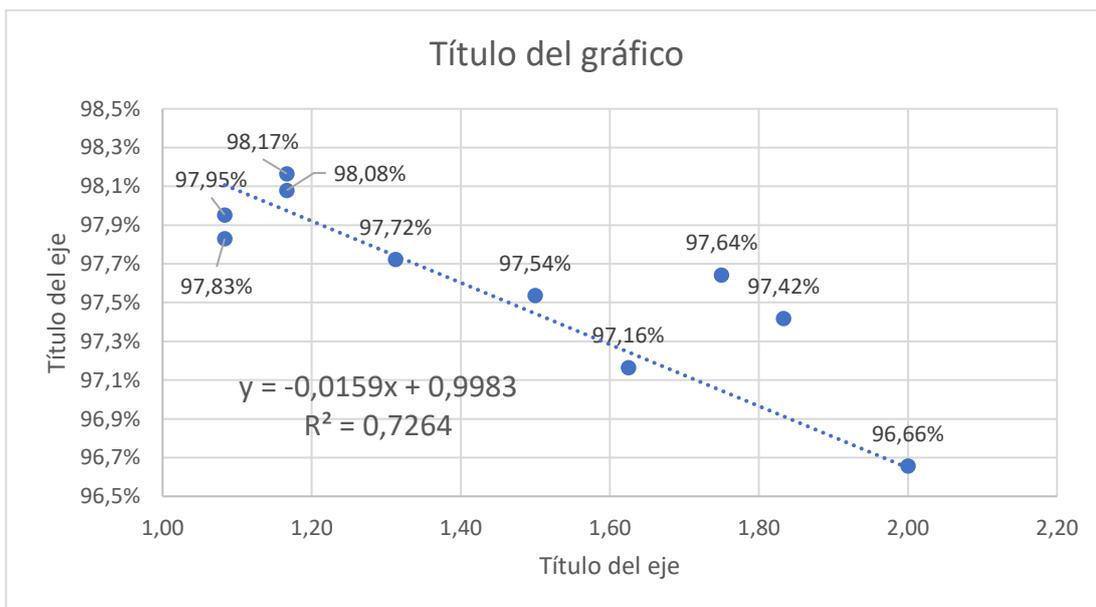


Figura 25. Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad Molde de 20 cavidades

En la Figura 25 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,17% con un tiempo medio de reparación (MTTR) igual a 1,17 horas, mientras que el valor mínimo es de 96,13% con un tiempo medio de reparación igual a 1,88 horas. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,7264$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

En la Tabla 58, se realizará el análisis de la matriz de criterios ponderados AMFE para los moldes de veinte cavidades.

Matriz AMFE

Tabla 58. Matriz AMFE para el molde de 20 cavidades

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:	Elizabeth Quinatoa			Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:	Ing. Christian Castro					De: 1	
Modelo		Molde de 20 cavidades		Aprobado por:	Ing. Christian Castro						
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base	1	7	9	63	Engrasar la superficie de la placa base fija
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.	Mala ubicación del molde	Desnivel	Golpes sobre la superficie	El molde no se centra de manera correcta	3	6	6	108	Correcta ubicación y ajustes del molde durante los cambios
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser	Rotura de la boquilla	Deformación	Temperatura de la boquilla demasiado baja	Paro operacional	3	7	5	105	Cambiar la boquilla de alimentación

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 20 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
5		dirigido hasta el canal de alimentación.									
	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.	Obstrucción del paso normal de la materia prima	Taponamiento	Acumulacion de materia prima	Rebabas en el producto final	3	6	7	126	Limpiar los canales del molde
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.	Obstrucción del paso normal del agua	Obstrucción	Exceso de impuresas y partículas	Agua con impurezas	3	5	7	105	Realizar limpiezas periódicas de los pozos de agua
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	4	5	40	Alinear correctamente los moldes

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 20 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
8		ocurre el proceso de moldeo.									
	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	3	3	4	36	Alinear correctamente los moldes
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.	Fugas de agua	Fugas	Falta de ajuste	Derrame de agua	1	8	5	40	Ajustar bien los racores

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 20 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los expulsores.	Rotura de la placa	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	5	8	80	Alinear correctamente los moldes
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.	Rotura de las sufrideras	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	3	3	18	Alinear correctamente los moldes
12	Placa expulsora	Sujetar los expulsores encargados de extraer la pieza del molde.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa expulsora	3	3	6	54	Engrasar la placa expulsora
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base móvil	2	5	8	80	Engrasar la superficie de la placa base móvil

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyeccion		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 20 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
14	Expulsores	Empujar la pieza plástica fuera del molde.	Rotura de los expulsos	Rotura	El expulsor no se encuentra recto	Expulsores atascados	4	6	6	144	Revisar y lubricar periódicamente los expulsos
15	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de las cavidades hembra y macho	1	2	6	12	Engrasar las placas cavidades hembra y macho
16	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.	Rotura del perno	Rotura	Sobrepresión	Desgaste por ambiente corrosivo	1	1	5	5	Engrasar periódicamente
	Casquillo guía de expulsión	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema de expulsión que se encuentra en la placa base móvil.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	4	8	64	Revisión y lubricación periódica

MATRIZ AMFE											
Area:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde de 20 cavidades		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
18	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
19	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	5	7	70	Revisión y lubricación periódica
20	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas <i>guía</i> del molde.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Atascos del molde	2	6	7	84	Revisión y lubricación periódica
21	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.	Presencia de rozamiento excesivo	Falta de lubricación	Lubricación deficiente	Desgaste en las columnas	2	5	5	50	Lubricación periódica
PROMEDIO										65,71	

Determinación de la fiabilidad mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.

Modelo Matemático de Weibull del molde de 20 cavidades

Tabla 59. Datos estadísticos del molde de 20 cavidades

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)
1	1	27,75	3,323
2	1	78	4,357
3	1	54,5	3,998
4	1	29	3,367
5	1	55,25	4,012
6	1	94,5	4,549
7	1	86,5	4,460
8	1	61,5	4,119
9	1	69,5	4,241
10	1	22,75	3,125
11	1	46	3,829
12	1	86,75	4,463
13	1	62,5	4,135
14	1	37,75	3,631
15	1	55	4,007
16	1	70	4,248
17	1	22,5	3,114
18	1	68,5	4,227
19	1	82,5	4,413
20	1	46	3,829
21	1	53,5	3,980
22	1	78,75	4,366
23	1	62,5	4,135
24	1	68,5	4,227
25	1	61,5	4,119
26	1	30,25	3,409
27	1	46,5	3,839
28	1	46,5	3,839
29	1	94,25	4,546
30	1	53	3,970
31	1	95	4,554
32	1	59,5	4,086
33	1	45,5	3,818
34	1	52,75	3,966
35	1	42	3,738
36	1	46	3,829
37	1	30,5	3,418
38	1	54	3,989
39	1	62	4,127
Sumatorias	39	2239,25	155,401
		57,417	3,985

Tabla 60. Datos calculados del molde de 20 cavidades

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2
1	1	27,75	3,323	0,43747
2	1	78	4,357	0,13843
3	1	54,5	3,998	0,00018
4	1	29	3,367	0,38113
5	1	55,25	4,012	0,00074
6	1	94,5	4,549	0,31804
7	1	86,5	4,460	0,22609
8	1	61,5	4,119	0,01806
9	1	69,5	4,241	0,06588
10	1	22,75	3,125	0,73975
11	1	46	3,829	0,02434
12	1	86,75	4,463	0,22885
13	1	62,5	4,135	0,02266
14	1	37,75	3,631	0,12508
15	1	55	4,007	0,00051
16	1	70	4,248	0,06961
17	1	22,5	3,114	0,75888
18	1	68,5	4,227	0,05865
19	1	82,5	4,413	0,18331
20	1	46	3,829	0,02434
21	1	53,5	3,980	0,00002
22	1	78,75	4,366	0,14564
23	1	62,5	4,135	0,02266
24	1	68,5	4,227	0,05865
25	1	61,5	4,119	0,01806
26	1	30,25	3,409	0,33080
27	1	46,5	3,839	0,02108
28	1	46,5	3,839	0,02108
29	1	94,25	4,546	0,31506
30	1	53	3,970	0,00021
31	1	95	4,554	0,32402
32	1	59,5	4,086	0,01027
33	1	45,5	3,818	0,02787
34	1	52,75	3,966	0,00036
35	1	42	3,738	0,06100
36	1	46	3,829	0,02434
37	1	30,5	3,418	0,32140
38	1	54	3,989	0,00002
39	1	62	4,127	0,02030
Sumatorias	39	2239,25	155,401	5,545
		57,417	3,985	0,142

Tabla 61. Parámetros iniciales del molde de 20 cavidades

Calculos	
Media (x)	3,985
Varianza (S ²)	0,809
Desviación (S)	0,899
Gama (γ)	0
Beta (β)	1,43
Alpha (α)	80,60

Tabla 62. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde de 20 cavidades

Actividad	Nº de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x) ²	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
1	1	27,75	3,323	0,43747	0,6229	62,29%	0,3771	37,71%
2	1	78	4,357	0,13843	0,3763	37,63%	0,6237	62,37%
3	1	54,5	3,998	0,00018	0,4677	46,77%	0,5323	53,23%
4	1	29	3,367	0,38113	0,6137	61,37%	0,3863	38,63%
5	1	55,25	4,012	0,00074	0,4642	46,42%	0,5358	53,58%
6	1	94,5	4,549	0,31804	0,3269	32,69%	0,6731	67,31%
7	1	86,5	4,460	0,22609	0,3496	34,96%	0,6504	65,04%
8	1	61,5	4,119	0,01806	0,4373	43,73%	0,5627	56,27%
9	1	69,5	4,241	0,06588	0,4060	40,60%	0,5940	59,40%
10	1	22,75	3,125	0,73975	0,6624	66,24%	0,3376	33,76%
11	1	46	3,829	0,02434	0,5093	50,93%	0,4907	49,07%
12	1	86,75	4,463	0,22885	0,3489	34,89%	0,6511	65,11%
13	1	62,5	4,135	0,02266	0,4332	43,32%	0,5668	56,68%
14	1	37,75	3,631	0,12508	0,5557	55,57%	0,4443	44,43%
15	1	55	4,007	0,00051	0,4654	46,54%	0,5346	53,46%
16	1	70	4,248	0,06961	0,4042	40,42%	0,5958	59,58%
17	1	22,5	3,114	0,75888	0,6645	66,45%	0,3355	33,55%
18	1	68,5	4,227	0,05865	0,4097	40,97%	0,5903	59,03%
19	1	82,5	4,413	0,18331	0,3619	36,19%	0,6381	63,81%
20	1	46	3,829	0,02434	0,5093	50,93%	0,4907	49,07%
21	1	53,5	3,980	0,00002	0,4723	47,23%	0,5277	52,77%
22	1	78,75	4,366	0,14564	0,3739	37,39%	0,6261	62,61%
23	1	62,5	4,135	0,02266	0,4332	43,32%	0,5668	56,68%
24	1	68,5	4,227	0,05865	0,4097	40,97%	0,5903	59,03%
25	1	61,5	4,119	0,01806	0,4373	43,73%	0,5627	56,27%
26	1	30,25	3,409	0,33080	0,6047	60,47%	0,3953	39,53%
27	1	46,5	3,839	0,02108	0,5066	50,66%	0,4934	49,34%
28	1	46,5	3,839	0,02108	0,5066	50,66%	0,4934	49,34%
29	1	94,25	4,546	0,31506	0,3276	32,76%	0,6724	67,24%
30	1	53	3,970	0,00021	0,4746	47,46%	0,5254	52,54%
31	1	95	4,554	0,32402	0,3256	32,56%	0,6744	67,44%
32	1	59,5	4,086	0,01027	0,4456	44,56%	0,5544	55,44%
33	1	45,5	3,818	0,02787	0,5119	51,19%	0,4881	48,81%
34	1	52,75	3,966	0,00036	0,4758	47,58%	0,5242	52,42%
35	1	42	3,738	0,06100	0,5309	53,09%	0,4691	46,91%

Actividad	Nº de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
36	1	46	3,829	0,02434	0,5093	50,93%	0,4907	49,07%
37	1	30,5	3,418	0,32140	0,6030	60,30%	0,3970	39,70%
38	1	54	3,989	0,00002	0,4699	46,99%	0,5301	53,01%
39	1	62	4,127	0,02030	0,4352	43,52%	0,5648	56,48%

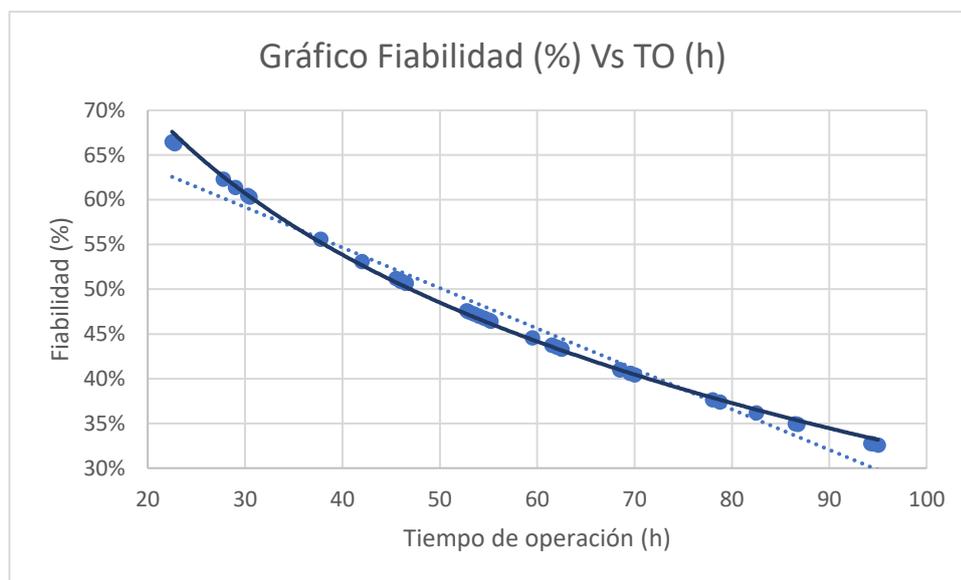


Figura 26. Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 20 cavidades

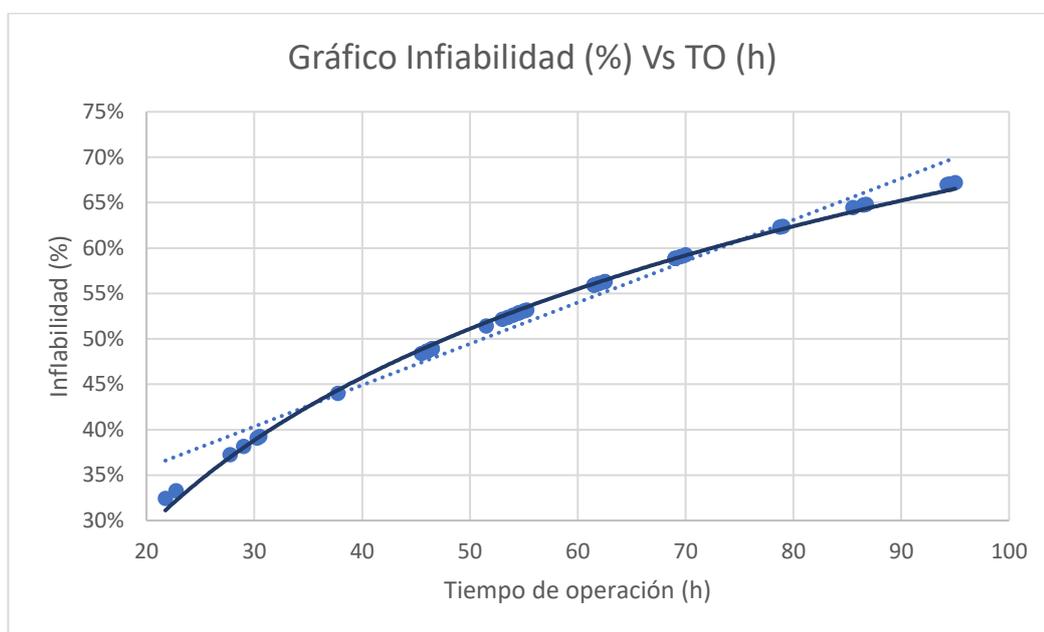


Figura 27. Gráfica in fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 20 cavidades

Modelo Gráfico de Weibull del molde de 20 cavidades

$$F(i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

Tabla 63. Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)
1	27,75	0,018	1,78%
2	78	0,043	4,31%
3	54,5	0,069	6,85%
4	29	0,094	9,39%
5	55,25	0,119	11,93%
6	94,5	0,145	14,47%
7	86,5	0,170	17,01%
8	61,5	0,195	19,54%
9	69,5	0,221	22,08%
10	22,75	0,246	24,62%
11	46	0,272	27,16%
12	86,75	0,297	29,70%
13	62,5	0,322	32,23%
14	37,75	0,348	34,77%
15	55	0,373	37,31%
16	70	0,398	39,85%
17	22,5	0,424	42,39%
18	68,5	0,449	44,92%
19	82,5	0,475	47,46%
20	46	0,500	50,00%
21	53,5	0,525	52,54%
22	78,75	0,551	55,08%
23	62,5	0,576	57,61%
24	68,5	0,602	60,15%
25	61,5	0,627	62,69%
26	30,25	0,652	65,23%
27	46,5	0,678	67,77%
28	46,5	0,703	70,30%
29	94,25	0,728	72,84%
30	53	0,754	75,38%
31	95	0,779	77,92%
32	59,5	0,805	80,46%
33	45,5	0,830	82,99%
34	52,75	0,855	85,53%
35	42	0,881	88,07%
36	46	0,906	90,61%
37	30,5	0,931	93,15%
38	54	0,957	95,69%
39	62	0,982	98,2%

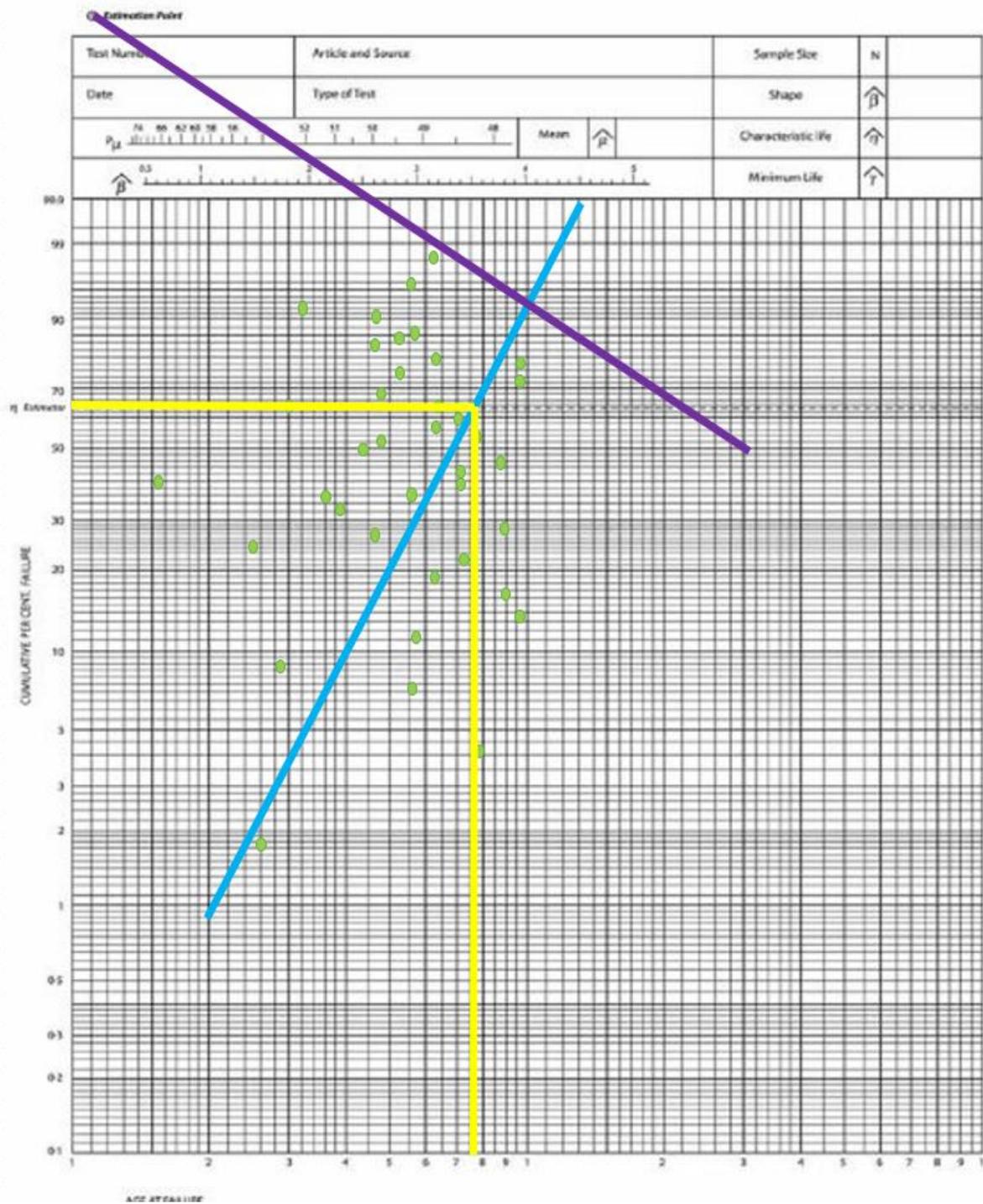


Figura 28. Papel de Weibull del molde de 20 cavidades

Tabla 64. Parámetros de fallas del molde de 20 cavidades

P_{μ}	53
β	2,3
n	78

Tabla 65. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)	R (t)	R (t) (%)
1	27,75	0,018	1,78%	0,9113	91,13%
2	78	0,043	4,31%	0,3679	36,79%
3	54,5	0,069	6,85%	0,6451	64,51%
4	29	0,094	9,39%	0,9024	90,24%
5	55,25	0,119	11,93%	0,6361	63,61%
6	94,5	0,145	14,47%	0,2112	21,12%
7	86,5	0,170	17,01%	0,2812	28,12%
8	61,5	0,195	19,54%	0,5605	56,05%
9	69,5	0,221	22,08%	0,4644	46,44%
10	22,75	0,246	24,62%	0,9429	94,29%
11	46	0,272	27,16%	0,7432	74,32%
12	86,75	0,297	29,70%	0,2789	27,89%
13	62,5	0,322	32,23%	0,5484	54,84%
14	37,75	0,348	34,77%	0,8283	82,83%
15	55	0,373	37,31%	0,6391	63,91%
16	70	0,398	39,85%	0,4586	45,86%
17	22,5	0,424	42,39%	0,9443	94,43%
18	68,5	0,449	44,92%	0,4763	47,63%
19	82,5	0,475	47,46%	0,3206	32,06%
20	46	0,500	50,00%	0,7432	74,32%
21	53,5	0,525	52,54%	0,6570	65,70%
22	78,75	0,551	55,08%	0,3598	35,98%
23	62,5	0,576	57,61%	0,5484	54,84%
24	68,5	0,602	60,15%	0,4763	47,63%
25	61,5	0,627	62,69%	0,5605	56,05%
26	30,25	0,652	65,23%	0,8930	89,30%
27	46,5	0,678	67,77%	0,7376	73,76%
28	46,5	0,703	70,30%	0,7376	73,76%
29	94,25	0,728	72,84%	0,2132	21,32%
30	53	0,754	75,38%	0,6629	66,29%
31	95	0,779	77,92%	0,2073	20,73%
32	59,5	0,805	80,46%	0,5848	58,48%
33	45,5	0,830	82,99%	0,7487	74,87%
34	52,75	0,855	85,53%	0,6658	66,58%
35	42	0,881	88,07%	0,7860	78,60%
36	46	0,906	90,61%	0,7432	74,32%
37	30,5	0,931	93,15%	0,8910	89,10%
38	54	0,957	95,69%	0,6510	65,10%
39	62	0,982	98,2%	0,5545	55,45%

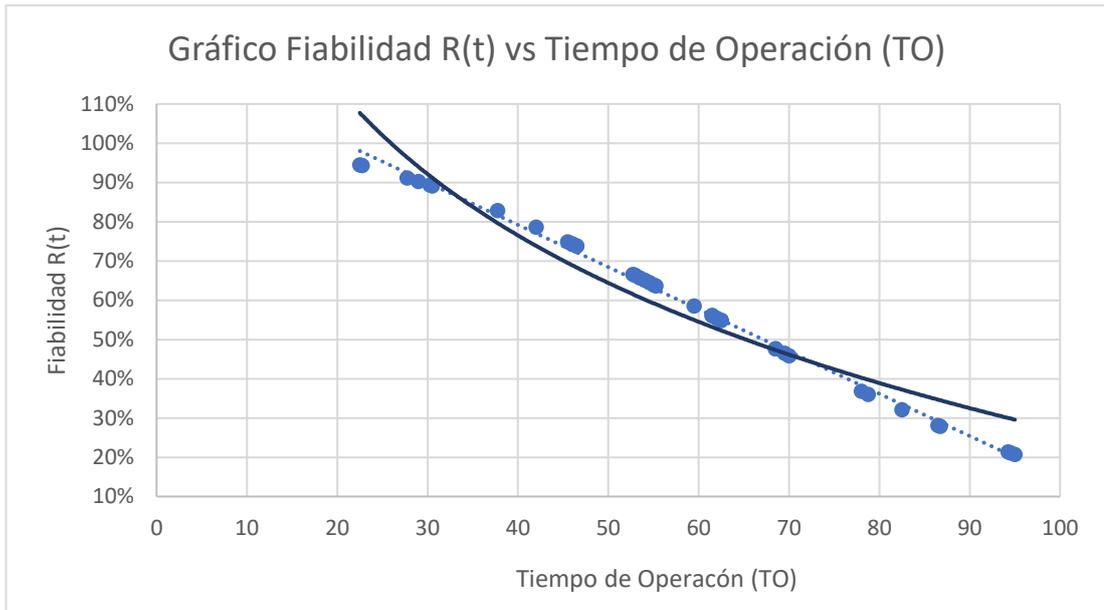


Figura 29. Fiabilidad vs Tiempo de Operación

De la Figura 29 se puede obtener los siguientes datos:

- ❖ Se puede observar que tanto en el método matemático como en el método gráfico de Weibull el coeficiente de determinación es semejante, por lo que se comprueba la validez del proceso.
- ❖ Existe una relación proporcional, es decir, que a mayor tiempo de operación menor fiabilidad, esto se produce debido a las fallas y desgastes provocados en los componentes.
- ❖ Al mostrar una tasa de fallos decreciente se puede deducir que el molde de una cavidad se ubica en la zona de mantenimiento infantil.

Las gamas de mantenimiento para el molde de 20 cavidades se muestran de la Tabla 66 a la Tabla 77.

Gamas de Mantenimiento

Tabla 66. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de enero

Mes		ENERO																														
Molde	Molde de 20 cavidades	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificios de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 67. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de febrero

Mes		FEBRERO																													
TIPO	ACTIVIDADES	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de la placa expulsora																														
	Engrase de los expulsores																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control de expulsores																														
	Control del Bulón																														
Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 68. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de marzo

Mes		MARZO																														
Molde	Molde de 20 cavidades	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías							■							■								■						■			
	Engrase de las columnas							■							■								■						■			
	Engrase de la porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador							■							■								■						■			
	Engrase de la placa expulsora							■							■								■						■			
	Engrase de los expulsores							■							■								■						■			
	Engrase del bulón																															■
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															■
	Control de los orificios de inyección																															■
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																															■
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 69. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de abril

Mes		ABRIL																														
Molde	Molde de 20 cavidades	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificios de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 70. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de mayo

Mes		MAYO																															
Molde	Molde de 20 cavidades	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de la placa expulsora																																
	Engrase de los expulsores																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de expulsores																																
	Control del Bulón																																
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 71. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de junio

Mes		JUNIO																													
Molde	Molde de 20 cavidades	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías						■							■								■						■			
	Engrase de las columnas						■							■								■						■			
	Engrase de los porta moldes																														■
	Engrase de la placa sufridera																														■
	Engrase del anillo centrador						■							■								■						■			
	Engrase de la placa expulsora						■							■								■						■			
	Engrase de los expulsores						■							■								■						■			
	Engrase del bulón																														■
	Limpieza de canales																														■
	Limpieza de los orificios de inyección																														■
	Limpieza de cavidades																														■
	Control de los orificios de inyección																														■
	Control del circuito de refrigeración																														■
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																														■
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 72. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de julio

Mes		JULIO																														
Molde	Molde de 20 cavidades	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificios de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 73. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de agosto

Mes		AGOSTO																														
Molde	Molde de 20 cavidades	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificiones de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificiones de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 74. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de septiembre

Mes		SEPTIEMBRE																														
Molde	ACTIVIDADES	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificios de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 75. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de octubre

Mes		OCTUBRE																															
Molde	Molde de 20 cavidades	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de la placa expulsora																																
	Engrase de los expulsores																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de expulsores																																
	Control del Bulón																																
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 76. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de noviembre

Mes		NOVIEMBRE																													
Molde	Molde de 20 cavidades	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de la placa expulsora																														
	Engrase de los expulsores																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control de expulsores																														
	Control del Bulón																														
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 77. Gama de mantenimiento del molde de 20 cavidades correspondiente al mes de diciembre

Mes		DICIEMBRE																														
Molde	Molde de 20 cavidades	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías					■							■								■											
	Engrase de las columnas					■							■								■											
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																														■	
	Engrase del anillo centrador					■							■								■											
	Engrase de la placa expulsora					■							■								■											
	Engrase de los expulsores					■							■								■											
	Engrase del bulón																														■	
	Limpieza de canales																														■	
	Limpieza de los orificios de inyección																														■	
	Limpieza de cavidades																														■	
	Control de los orificios de inyección																														■	
	Control del circuito de refrigeración																														■	
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																														■	
	Control de los tornillos de amarre																														■	

3.1.8.4. Molde de 4 cavidades con pistón

En la Tabla 78 se muestra la ficha técnica del molde de 4 cavidades con pistón.

Tabla 78. Ficha técnica molde 4 cavidades con pistón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
Molde de 4 cavidades con pistón			
CARACTERISTICAS GENERALES			
FRECUENCIA DE USO	Mensual	DIMENSIONES (cm)	Altura: 57 Largo: 45 Ancho: 73
MATERIAL	Acero ASTM 36	PESO (Kg)	84
PROCEDENCIA	Ambato-Ecuador	ESTADO	Bueno
COMPONENTES			
Placa fija		Cavidades macho y hembra	
Placa móvil		Placa expulsora	
Anillo centrador		Expulsores	
Columnas		Mangueras	
Pistones		Casquillos	
Función: Recibir y distribuir plástico fundido para ser moldeado, solidificado y luego expulsado del molde.			

Características del molde

- ❖ Número de cavidades: 4
- ❖ Material del molde: ASTM A36
- ❖ Peso total: 84 kg
- ❖ Dimensiones: 48x35x23(cm)
- ❖ Tipo refrigerante: Agua
- ❖ Número de placas: 2
- ❖ Numero de pistones: 4

Condiciones de servicio

- ❖ Temperatura de trabajo: (0 - 180) °C
- ❖ Materia de prima: Polímeros
- ❖ Tiempo de operación: 8 horas diarias
- ❖ Número de operarios: 1

Listado de Componentes

El listado de componentes del molde de 6 cavidades con pistón se observa en la Tabla 79.

Tabla 79: Lista de componentes

N°	Componentes	Función y/o característica
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser dirigido hasta el canal de alimentación.
5	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde ocurre el proceso de moldeo.
8	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los expulsores.

N°	Componentes	Función y/o característica
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.
12	Placa expulsora	Sujetar los expulsores encargados de extraer la pieza del molde.
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.
14	Expulsores	Empujar la pieza plástica fuera del molde.
15	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.
16	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.
17	Pistón	Empujar el portamoldes para sellar los moldes.
18	Mangueras del pistón	Transportar el aire hacia el molde
19	Cilindro de pistón	Recubrir el pistón de empuje
20	Casquillo guía de expulsión	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema de expulsión que se encuentra en la placa base móvil.
21	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.
22	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.
23	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas guía del molde.
24	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.

Instrucciones de montaje

- ❖ Bodega de moldes
- ❖ El molde es asegurado al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas hasta la maquina inyectora
- ❖ Se abren las platinas de la inyectora

- ❖ Se baja el molde y se centra
- ❖ Se cierran las platinas y se prensa el molde
- ❖ Se asegura el molde a las platinas con los tornillos de amarre
- ❖ Se separa al molde del montacargas
- ❖ Se colocan las mangueras de agua a los racores
- ❖ Se colocan los pistones en el molde
- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se colocan las mangueras de los pistones
- ❖ Se coloca aceite hidráulico para engrasar
- ❖ Se ajusta la máquina inyectora
- ❖ Se pone en operación

Instrucciones de desmontaje

- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se retira la grasa de la superficie
- ❖ Se cierra el molde
- ❖ Se retiran las mangueras de agua de los racores
- ❖ Se retiran las mangueras de los pistones
- ❖ Se retiran los pistones
- ❖ Se asegura el molde al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas a la bodega de moldes

Normas de seguridad

- ❖ Realizar una inspección previa de los moldes y de la máquina
- ❖ Utilizar los elementos de protección personal en todo el proceso
- ❖ No abrir las puertas mientras esté en el proceso de moldeo
- ❖ No introducir partes del cuerpo dentro de la máquina
- ❖ Instruir al personal que va a utilizar la máquina
- ❖ Mantenerse pendiente de los productos que van saliendo
- ❖ En caso de averías del molde, llamar al personal de mantenimiento.
- ❖ No llevar alimentos al lugar de trabajo

En la Tabla 80 se observa los datos estadísticos de mantenimiento anual del molde de 4 cavidades con pistón.

Estadístico de mantenimiento anual

Tabla 80. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 4 cavidades con pistones.

 CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE Número de horas que se utiliza un molde periódicamente												8
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO (h)	TR(h)	TM (h)	TP (h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %	
	Inicio de actividades	3/1/2022										
Enero	Comprobar tornillería de platinas de ajuste	6/1/2022	27,75	4	0,25	4,25	53,75	1,83	0,02	0,55	96,70%	
	Comprobar tornillería de placas expulsoras	19/1/2022	79	0,5	0,5	1						
	Limpiar el molde y quitar el exceso de grasa	27/1/2022	54,5	1	0,5	1,5						
Febrero	Limpiar los casquillos guía	1/2/2022	29	2	1	3	59,58	1,17	0,02	0,86	98,08%	
	Limpiar y engrasar las guías de molde	9/2/2022	55,25	0,5	0,25	0,75						
	Comprobar la sujeción de las placas	24/2/2022	94,5	1	0,5	1,5						
Marzo	Controlar que el molde este libre de agua o humedad	10/3/2022	86,5	1,25	0,25	1,5	72,50	1,75	0,01	0,57	97,64%	
	Comprobar que no haya fugas de aceite	21/3/2022	61,5	2	0,5	2,5						
	Comprobar que no haya fugas de agua	31/3/2022	69,5	2	0,5	2,5						
Abril	Desmontar y limpiar molde de inyección	4/4/2022	22,75	0,75	0,5	1,25	51,83	1,08	0,02	0,92	97,95%	
	Cambiar las partes desgastadas del molde	11/4/2022	46	1,5	0,5	2						
	Engrasar todas las partes móviles del molde	25/4/2022	86,75	1	0,25	1,25						
Mayo	Revisar todas las mangueras	4/5/2022	62,5	1	0,5	1,5	56,31	1,31	0,02	0,76	97,72%	
	Revisar todos los racores	10/5/2022	37,75	2	0,25	2,25						
	Comprobar los circuitos de refrigeración	18/5/2022	55	0,5	0,5	1						
	Verificar visualmente si hay fugas de materia prima	30/5/2022	70	1,75	0,25	2						
Junio	Verificar fugas en las mangueras	1/6/2022	22,5	1	0,5	1,5	59,67	1,17	0,02	0,86	98,08%	
	Limpieza de las placas y las cavidades	13/6/2022	70,5	1	0,5	1,5						
	Engrasar las cavidades	27/6/2022	86	1,5	0,5	2						
Julio	Limpieza del anillo centrador	4/7/2022	46	1,5	0,5	2	56,81	2,13	0,02	0,47	96,39%	



CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE

Número de horas que se utiliza un molde periódicamente

8

MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO (h)	TR(h)	TM (h)	TP (h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Dar mantenimiento a los pistones	12/7/2022	49	4	3	7					
	Engrasar el anillo del cuello	18/7/2022	85,5	2	0,5	2,5					
	Retirar la grasa deteriorada de las placas y correderas	25/7/2022	46,75	1	0,25	1,25					
Agosto	Engrasar la superficie de molde	3/8/2022	62,5	1	0,5	1,5	56,06	1,50	0,02	0,67	97,39%
	Verificar el desgaste de las expulsos	15/8/2022	70	1,5	0,5	2					
	Inspeccionar visualmente la superficie de molde	24/8/2022	61,5	2	0,5	2,5					
	Lubricar con aceite hidráulico las partes móviles	29/8/2022	30,25	1,5	0,25	1,75					
Septiembre	Inspeccionar la punta de la boquilla	1/9/2022	30,5	1	0,5	1,5	63,81	1,38	0,02	0,73	97,89%
	Reemplazar la punta de la boquilla	6/9/2022	30,5	1	0,5	1,5					
	Verificar que las mangueras de los pistones no tengan fugas	18/9/2022	68	2	2	4					
	Limpiar y pulir la superficie de moldeo	27/9/2022	126,25	1,5	0,25	1,75					
Octubre	Revisar sellos de los obturadores	5/10/2022	53	2,5	0,5	3	70,08	1,50	0,01	0,67	97,90%
	Limpeza del interior de los casquillos	20/10/2022	95	0,5	0,5	1					
	Lubricación en los expulsos	31/10/2022	62,25	1,5	0,25	1,75					
Noviembre	Verificar acumulación de corrosión	7/11/2022	45,5	2	0,5	2,5	49,69	1,63	0,02	0,62	96,83%
	Limpiar acumulación de plástico en las cavidades	15/11/2022	52,75	3	0,25	3,25					
	Verificar el desgaste de las cavidades	23/11/2022	54,5	1	0,5	1,5					
	Verificar el desgaste visible en placas y correderas	30/11/2022	46	0,5	1,5	2					
Diciembre	Verificar el circuito de refrigeración	5/12/2022	30,5	1	0,5	1,5	48,83	1,08	0,02	0,92	97,83%
	Retirar el exceso de materia prima presente en el canal	13/12/2022	54	1,25	0,75	2					
	Limpeza de oxido acumulado en el molde	22/12/2022	62	1	1	2					
TOTALES			2379,5	60,5	24	84,5	698,94	17,52	0,21	8,59	1170%
PROMEDIOS			58,037	1,48	0,59	2,06	58,24	1,46	0,02	0,72	97,54%

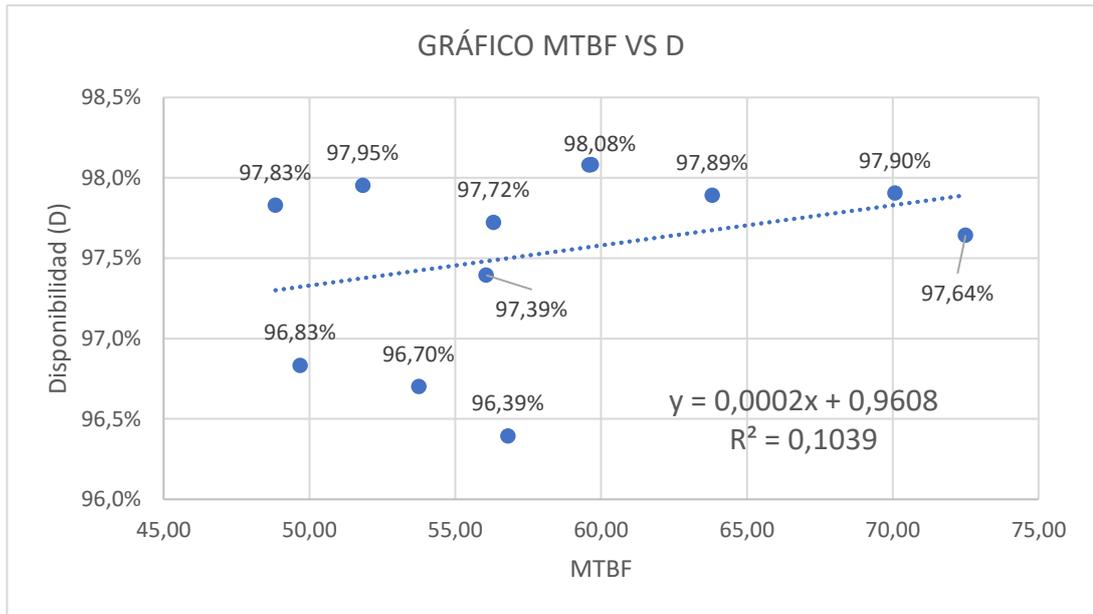


Figura 30. Gráfica MTBF vs D del molde con pistones

En la Figura 30 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,08% que se muestra en dos tiempos medios entre fallos (MTBF) igual a 59,58 horas y el otro de 59,67, mientras que el valor mínimo es de 96,39% con un tiempo medio entre fallos de 56,81 horas, se muestra también un valor máximo del tiempo medio entre fallos es de 72,50 horas con una disponibilidad del 97,64%, y el mínimo de 48,83 con disponibilidad de 97,83%. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,1039$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

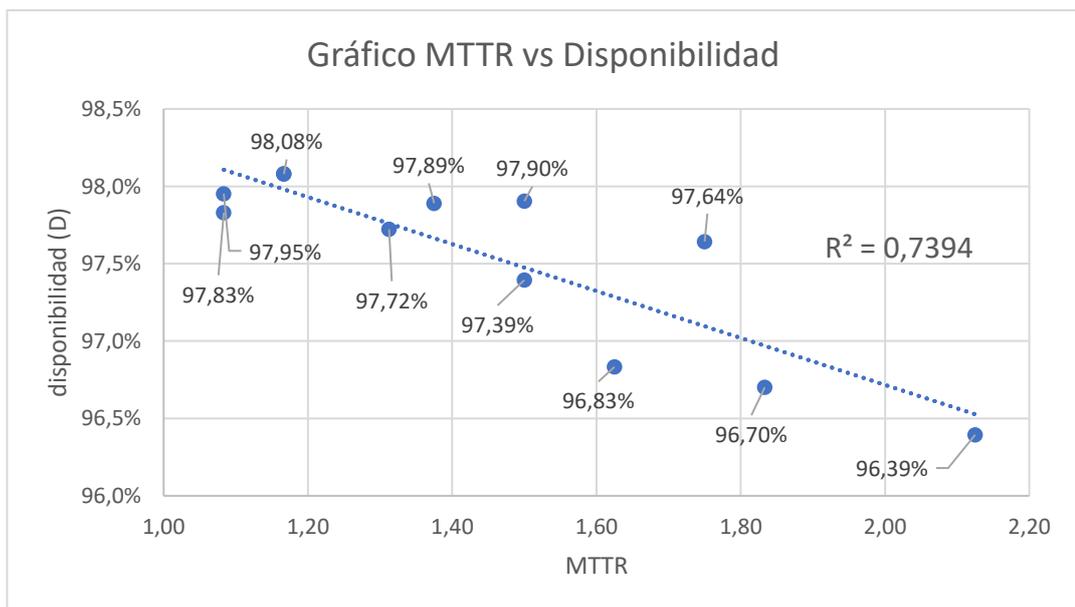


Figura 31. Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad Molde de pistones

En la Figura 31 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,08% con un tiempo medio de reparación (MTTR) igual a 1,17 horas, mientras que el valor mínimo es de 96,39% con un tiempo medio de reparación igual a 2,13 horas. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,7394$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

En la Tabla 81, se realizará el análisis de la matriz de criterios ponderados AMFE para los moldes de cuatro cavidades con pistones.

Matriz AMFE

Tabla 81. Matriz AMFE para el molde con pistones

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde con pistón		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base	1	7	9	63	Engrasar la superficie de la placa base fija
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.	Mala ubicación del molde	Desnivel	Golpes sobre la superficie	El molde no se centra de manera correcta	3	6	6	108	Correcta ubicación y ajustes del molde durante los cambios
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser	Rotura de la boquilla	Deformación	Temperatura de la boquilla demasiado baja	Paro operacional	2	7	8	112	Cambiar la boquilla de alimentación

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde con pistón		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
		dirigido hasta el canal de alimentación.									
5	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.	Obstrucción del paso normal de la materia prima	Taponamiento	Acumulación de materia prima	Rebabas en el producto final	3	7	7	147	Limpiar los canales del molde
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.	Obstrucción del paso normal del agua	Obstrucción	Exceso de impurezas y partículas	Agua con impurezas	3	5	7	105	Realizar limpiezas periódicas de los pozos de agua
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	4	5	40	Alinear correctamente los moldes

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde con pistón		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
		ocurre el proceso de moldeo.									
8	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	3	3	4	36	Alinear correctamente los moldes
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.	Fugas de agua	Fugas	Falta de ajuste	Derrame de agua	1	8	5	40	Ajustar bien los racores

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde con pistón		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los expulsores.	Rotura de la placa	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	5	8	80	Alinear correctamente los moldes
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.	Rotura de las sufrideras	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	3	3	18	Alinear correctamente los moldes
12	Placa expulsora	Sujetar los expulsores encargados de extraer la pieza del molde.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa expulsora	3	3	6	54	Engrasar la placa expulsora
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base móvil	2	5	8	80	Engrasar la superficie de la placa base móvil

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde con pistón		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
14	Expulsores	Empujar la pieza plástica fuera del molde.	Rotura de los expulsos	Rotura	El expulsor no se encuentra recto	Expulsores atascados	4	6	5	120	Revisar y lubricar periódicamente los expulsos
15	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de las cavidades hembra y macho	2	4	6	48	Engrasar las placas cavidades hembra y macho
16	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.	Rotura del perno	Rotura	Sobrepresión	Desgaste por ambiente corrosivo	1	1	5	5	Engrasar periódicamente
17	Pistón	Empujar el portamoldes para sellar los moldes.	Pistón atascado	Taponamiento	Exceso de material	impide que el pistón se mueva	3	7	6	126	Limpieza del exceso del material
18	Mangueras del pistón	Transportar el aire hacia el molde	Fugas	Rotura	Degradación por fatiga	Fuga de fluido	1	6	8	48	revisar que las mangueras no se encuentren dobladas

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde con pistón		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
19	Cilindro de pistón	Recubrir el pistón de empuje	Rotura	Desgaste	fricción con los componentes	fugas de material	2	5	7	70	Lubricar periódicamente
20	Casquillo guía de expulsión	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema de expulsión que se encuentra en la placa base móvil.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	6	8	96	Revisión y lubricación periódica
21	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
22	Casquillo de centrado	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	5	7	70	Revisión y lubricación periódica
23	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Atascos del molde	2	6	9	108	Revisión y lubricación periódica

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro				De: 1	
Modelo		Molde con pistón		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
		columnas guías del molde.									
24	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.	Presencia de rozamiento excesivo	Falta de lubricación	Lubricación deficiente	Desgaste en las columnas	2	5	5	50	Lubricación periódica
PROMEDIO									71,67		

Determinación de la fiabilidad mediante el modelo matemático y grafico de Weibull.

Modelo Matemático de Weibull del molde con pistones

Tabla 82. Datos estadísticos del molde con pistones

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)
1	1	27,75	3,323
2	1	79	4,369
3	1	54,5	3,998
4	1	29	3,367
5	1	55,25	4,012
6	1	94,5	4,549
7	1	86,5	4,460
8	1	61,5	4,119
9	1	69,5	4,241
10	1	22,75	3,125
11	1	46	3,829
12	1	86,75	4,463
13	1	62,5	4,135
14	1	37,75	3,631
15	1	55	4,007
16	1	70	4,248
17	1	22,5	3,114
18	1	70,5	4,256
19	1	86	4,454
20	1	46	3,829
21	1	49	3,892
22	1	85,5	4,449
23	1	46,75	3,845
24	1	62,5	4,135
25	1	70	4,248
26	1	61,5	4,119
27	1	30,25	3,409
28	1	30,5	3,418
29	1	30,5	3,418
30	1	68	4,220
31	1	126,25	4,838
32	1	53	3,970
33	1	95	4,554
34	1	62,25	4,131
35	1	45,5	3,818
36	1	52,75	3,966
37	1	54,5	3,998
38	1	46	3,829
39	1	30,5	3,418
40	1	54	3,989
41	1	62	4,127
Sumatorias	41	2379,5	163,319
		58,037	3,983

Tabla 83. Datos calculados del molde con pistones

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2
1	1	27,75	3,323	0,43582
2	1	79	4,369	0,14903
3	1	54,5	3,998	0,00022
4	1	29	3,367	0,37958
5	1	55,25	4,012	0,00081
6	1	94,5	4,549	0,31945
7	1	86,5	4,460	0,22729
8	1	61,5	4,119	0,01840
9	1	69,5	4,241	0,06653
10	1	22,75	3,125	0,73760
11	1	46	3,829	0,02395
12	1	86,75	4,463	0,23005
13	1	62,5	4,135	0,02303
14	1	37,75	3,631	0,12420
15	1	55	4,007	0,00057
16	1	70	4,248	0,07028
17	1	22,5	3,114	0,75670
18	1	70,5	4,256	0,07410
19	1	86	4,454	0,22179
20	1	46	3,829	0,02395
21	1	49	3,892	0,00839
22	1	85,5	4,449	0,21633
23	1	46,75	3,845	0,01921
24	1	62,5	4,135	0,02303
25	1	70	4,248	0,07028
26	1	61,5	4,119	0,01840
27	1	30,25	3,409	0,32936
28	1	30,5	3,418	0,31998
29	1	30,5	3,418	0,31998
30	1	68	4,220	0,05575
31	1	126,25	4,838	0,73079
32	1	53	3,970	0,00017
33	1	95	4,554	0,32545
34	1	62,25	4,131	0,02183
35	1	45,5	3,818	0,02745
36	1	52,75	3,966	0,00032
37	1	54,5	3,998	0,00022
38	1	46	3,829	0,02395
39	1	30,5	3,418	0,31998
40	1	54	3,989	0,00003
41	1	62	4,127	0,02066
Sumatorias	41	2379,5	163,319	6,735
		58,037	3,983	0,164

Tabla 84. Parámetros iniciales del molde con pistones

Media (x)	3,983
Varianza (S ²)	1,134
Desviación (S)	1,065
Gama (γ)	0
Beta (β)	1,20
Alpha (α)	86,72

Tabla 85. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde con pistones

Actividad	Nº de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x) ²	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
1	1	27,75	3,323	0,43747	0,6229	62,29%	0,3771	37,71%
2	1	78	4,357	0,13843	0,3763	37,63%	0,6237	62,37%
3	1	54,5	3,998	0,00018	0,4677	46,77%	0,5323	53,23%
4	1	29	3,367	0,38113	0,6137	61,37%	0,3863	38,63%
5	1	55,25	4,012	0,00074	0,4642	46,42%	0,5358	53,58%
6	1	94,5	4,549	0,31804	0,3269	32,69%	0,6731	67,31%
7	1	86,5	4,460	0,22609	0,3496	34,96%	0,6504	65,04%
8	1	61,5	4,119	0,01806	0,4373	43,73%	0,5627	56,27%
9	1	69,5	4,241	0,06588	0,4060	40,60%	0,5940	59,40%
10	1	22,75	3,125	0,73975	0,6624	66,24%	0,3376	33,76%
11	1	46	3,829	0,02434	0,5093	50,93%	0,4907	49,07%
12	1	86,75	4,463	0,22885	0,3489	34,89%	0,6511	65,11%
13	1	62,5	4,135	0,02266	0,4332	43,32%	0,5668	56,68%
14	1	37,75	3,631	0,12508	0,5557	55,57%	0,4443	44,43%
15	1	55	4,007	0,00051	0,4654	46,54%	0,5346	53,46%
16	1	70	4,248	0,06961	0,4042	40,42%	0,5958	59,58%
17	1	22,5	3,114	0,75888	0,6645	66,45%	0,3355	33,55%
18	1	68,5	4,227	0,05865	0,4097	40,97%	0,5903	59,03%
19	1	82,5	4,413	0,18331	0,3619	36,19%	0,6381	63,81%
20	1	46	3,829	0,02434	0,5093	50,93%	0,4907	49,07%
21	1	53,5	3,980	0,00002	0,4723	47,23%	0,5277	52,77%
22	1	78,75	4,366	0,14564	0,3739	37,39%	0,6261	62,61%
23	1	62,5	4,135	0,02266	0,4332	43,32%	0,5668	56,68%
24	1	68,5	4,227	0,05865	0,4097	40,97%	0,5903	59,03%
25	1	61,5	4,119	0,01806	0,4373	43,73%	0,5627	56,27%
26	1	30,25	3,409	0,33080	0,6047	60,47%	0,3953	39,53%
27	1	46,5	3,839	0,02108	0,5066	50,66%	0,4934	49,34%
28	1	46,5	3,839	0,02108	0,5066	50,66%	0,4934	49,34%
29	1	94,25	4,546	0,31506	0,3276	32,76%	0,6724	67,24%
30	1	53	3,970	0,00021	0,4746	47,46%	0,5254	52,54%
31	1	95	4,554	0,32402	0,3256	32,56%	0,6744	67,44%
32	1	59,5	4,086	0,01027	0,4456	44,56%	0,5544	55,44%
33	1	45,5	3,818	0,02787	0,5119	51,19%	0,4881	48,81%
34	1	52,75	3,966	0,00036	0,4758	47,58%	0,5242	52,42%
35	1	42	3,738	0,06100	0,5309	53,09%	0,4691	46,91%

Actividad	Nº de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
36	1	46	3,829	0,02434	0,5093	50,93%	0,4907	49,07%
37	1	30,5	3,418	0,32140	0,6030	60,30%	0,3970	39,70%
38	1	54	3,989	0,00002	0,4699	46,99%	0,5301	53,01%
39	1	62	4,127	0,02030	0,4352	43,52%	0,5648	56,48%

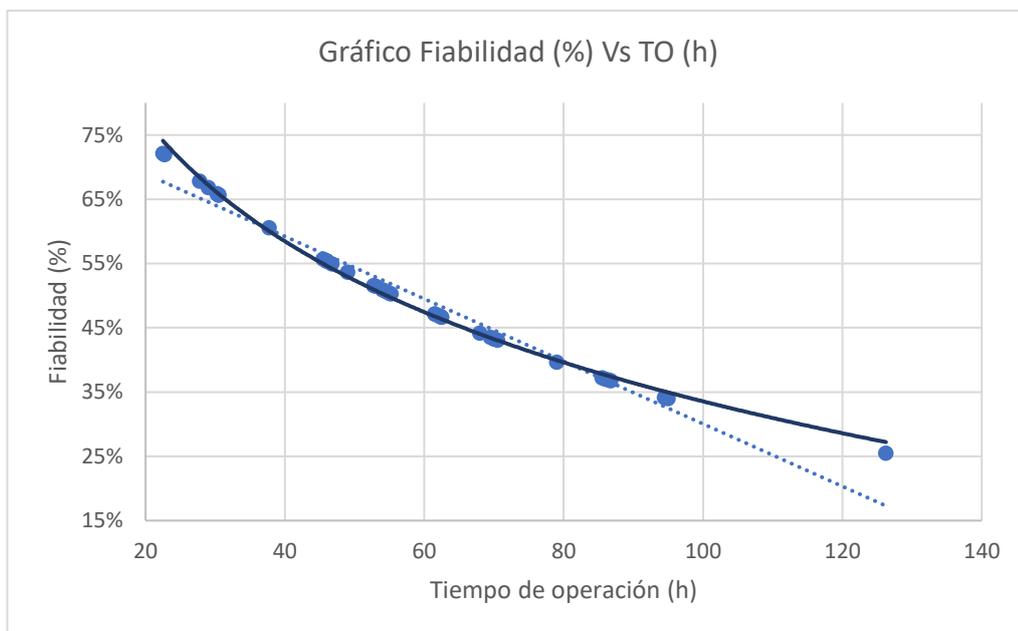


Figura. Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del molde con pistones

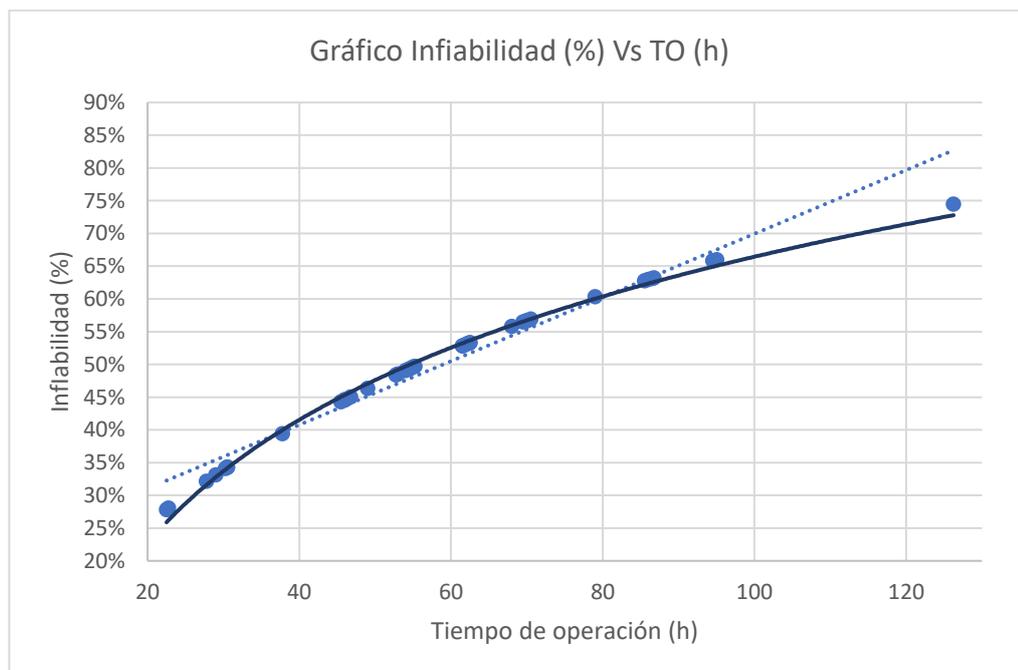


Figura 32. Gráfica in fiabilidad vs tiempo de operación del molde con pistones

Modelo Gráfico de Weibull del molde con pistones

$$F(i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

Tabla 86. Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)
1	27,75	0,017	1,69%
2	79	0,041	4,11%
3	54,5	0,065	6,52%
4	29	0,089	8,94%
5	55,25	0,114	11,35%
6	94,5	0,138	13,77%
7	86,5	0,162	16,18%
8	61,5	0,186	18,60%
9	69,5	0,210	21,01%
10	22,75	0,234	23,43%
11	46	0,258	25,85%
12	86,75	0,283	28,26%
13	62,5	0,307	30,68%
14	37,75	0,331	33,09%
15	55	0,355	35,51%
16	70	0,379	37,92%
17	22,5	0,403	40,34%
18	70,5	0,428	42,75%
19	86	0,452	45,17%
20	46	0,476	47,58%
21	49	0,500	50,00%
22	85,5	0,524	52,42%
23	46,75	0,548	54,83%
24	62,5	0,572	57,25%
25	70	0,597	59,66%
26	61,5	0,621	62,08%
27	30,25	0,645	64,49%
28	30,5	0,669	66,91%
29	30,5	0,693	69,32%
30	68	0,717	71,74%
31	126,25	0,742	74,15%
32	53	0,766	76,57%
33	95	0,790	78,99%
34	62,25	0,814	81,40%
35	45,5	0,838	83,82%
36	52,75	0,862	86,23%

37	54,5	0,886	88,65%
38	46	0,911	91,06%
39	30,5	0,935	93,48%
40	54	0,959	95,89%
41	62	0,983	98,31%

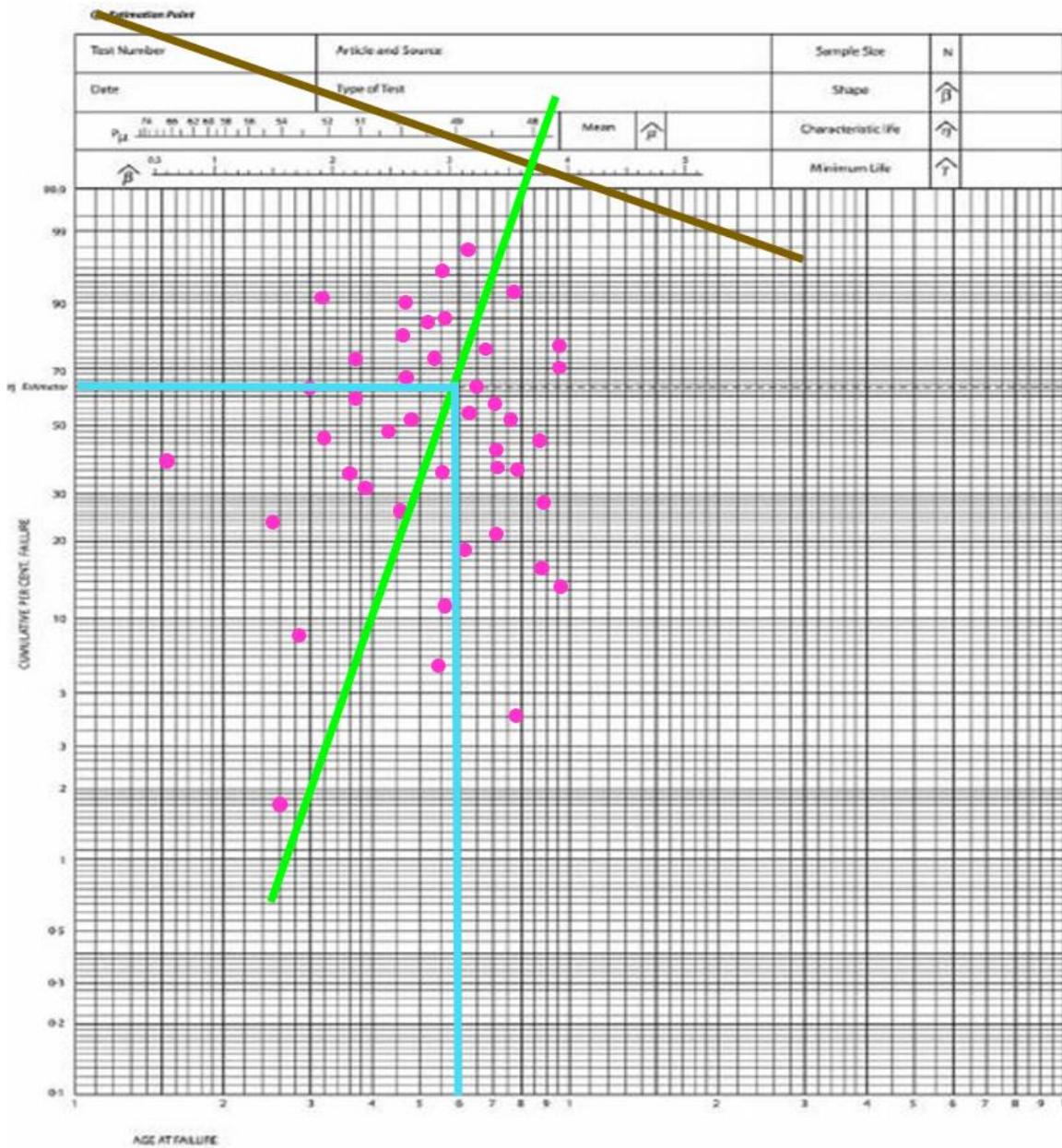


Figura 33. Papel de Weibull del molde con pistones

Tabla 87. Parámetros de fallas del molde con pistones

$P\mu$	49
β	3,8
n	60

Tabla 88. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)	R (t)	R (t) (%)
1	27,75	0,017	1,69%	0,9480	94,80%
2	79	0,041	4,11%	0,0582	5,82%
3	54,5	0,065	6,52%	0,4996	49,96%
4	29	0,089	8,94%	0,9388	93,88%
5	55,25	0,114	11,35%	0,4815	48,15%
6	94,5	0,138	13,77%	0,0036	0,36%
7	86,5	0,162	16,18%	0,0180	1,80%
8	61,5	0,186	18,60%	0,3334	33,34%
9	69,5	0,210	21,01%	0,1741	17,41%
10	22,75	0,234	23,43%	0,9752	97,52%
11	46	0,258	25,85%	0,6947	69,47%
12	86,75	0,283	28,26%	0,0173	1,73%
13	62,5	0,307	30,68%	0,3110	31,10%
14	37,75	0,331	33,09%	0,8421	84,21%
15	55	0,355	35,51%	0,4875	48,75%
16	70	0,379	37,92%	0,1659	16,59%
17	22,5	0,403	40,34%	0,9762	97,62%
18	70,5	0,428	42,75%	0,1579	15,79%
19	86	0,452	45,17%	0,0197	1,97%
20	46	0,476	47,58%	0,6947	69,47%
21	49	0,500	50,00%	0,6293	62,93%
22	85,5	0,524	52,42%	0,0215	2,15%
23	46,75	0,548	54,83%	0,6788	67,88%
24	62,5	0,572	57,25%	0,3110	31,10%
25	70	0,597	59,66%	0,1659	16,59%
26	61,5	0,621	62,08%	0,3334	33,34%
27	30,25	0,645	64,49%	0,9286	92,86%
28	30,5	0,669	66,91%	0,9264	92,64%
29	30,5	0,693	69,32%	0,9264	92,64%
30	68	0,717	71,74%	0,2001	20,01%
31	126,25	0,742	74,15%	0,0000	0,00%
32	53	0,766	76,57%	0,5357	53,57%
33	95	0,790	78,99%	0,0032	0,32%
34	62,25	0,814	81,40%	0,3166	31,66%
35	45,5	0,838	83,82%	0,7050	70,50%
36	52,75	0,862	86,23%	0,5417	54,17%
37	54,5	0,886	88,65%	0,4996	49,96%
38	46	0,911	91,06%	0,6947	69,47%
39	30,5	0,935	93,48%	0,9264	92,64%
40	54	0,959	95,89%	0,5117	51,17%
41	62	0,983	98,31%	0,3222	32,22%

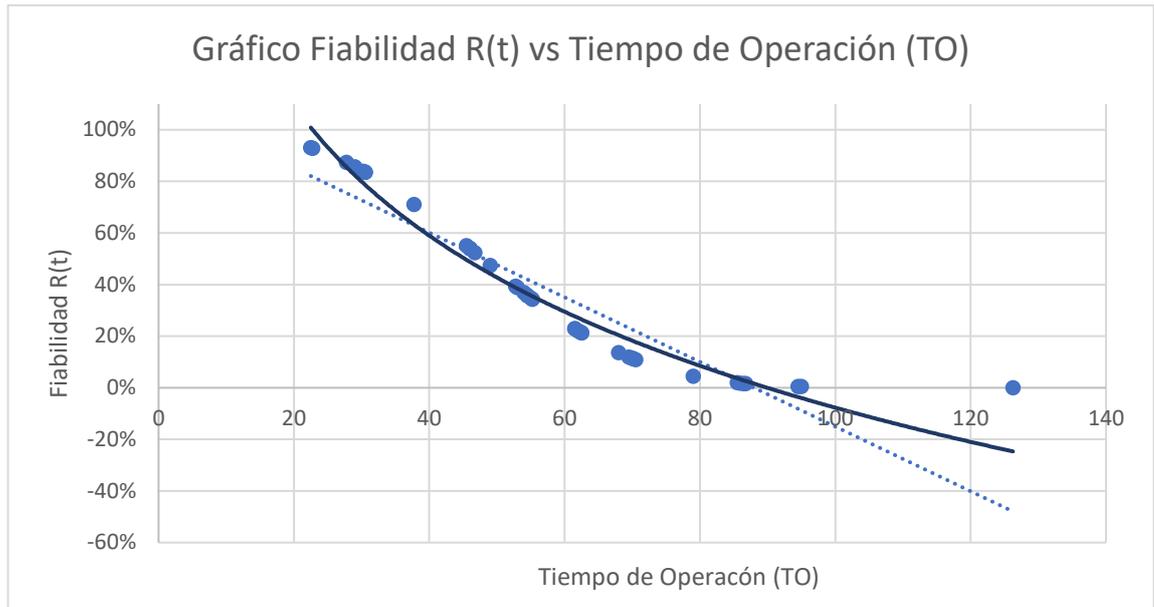


Figura 34. Fiabilidad vs Tiempo de Operación

De la Figura 35 se obtuvo la siguiente información:

- ❖ Se puede observar que tanto en el método matemático como en el método gráfico de Weibull el coeficiente de determinación es semejante, por lo que se comprueba la validez del proceso.
- ❖ Existe una relación proporcional, es decir, que a mayor tiempo de operación menor fiabilidad, esto se produce debido a las fallas y desgastes provocados en los componentes.
- ❖ Al mostrar una tasa de fallos decreciente se puede deducir que el molde de una cavidad se ubica en la zona de mantenimiento infantil.

Las gamas de mantenimiento para el molde de 4 cavidades con pistones, se muestran de la Tabla 89 a la Tabla 100.

Gamas de Mantenimiento

Tabla 89.Gama de mantenimiento del molde de 4 cavidades con pistones correspondiente al mes de enero

Mes		ENERO																															
Molde	Molde con pistones	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Engrase de los casquillos guías			■							■							■							■							■	
	Engrase de las columnas			■							■							■							■							■	
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador			■							■							■							■							■	
	Engrase de la placa expulsora			■							■							■							■							■	
	Engrase de los expulsores			■							■							■							■							■	
	Engrase del bulón																															■	
	Limpieza de canales																																■
	Limpieza de pistones																																■
	Limpieza de los orificios de inyección																																■
	Limpieza de cavidades																																■
	Control de los orificios de inyección																																■
	Control del circuito de refrigeración																																■
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																																■
	Control de los tornillos de amarre																																■

Tabla 90. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de febrero

Mes		FEBRERO																													
Molde	Molde con pistones	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes		
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de la placa expulsora																														
	Engrase de los expulsores																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de pistones																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control de expulsores																														
	Control del Bulón																														
Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 91. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de marzo

Mes		MARZO																															
Molde	Molde con pistones	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de la porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de la placa expulsora																																
	Engrase de los expulsores																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de pistones																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de expulsores																																
	Control del Bulón																																
Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 92. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de abril

Mes		ABRIL																															
TIPO	ACTIVIDADES	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado		
		PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
Engrase de los casquillos guías																																	
Engrase de las columnas																																	
Engrase de los porta moldes																																	
Engrase de la placa sufridera																																	
Engrase del anillo centrador																																	
Engrase de la placa expulsora																																	
Engrase de los expulsores																																	
Engrase del bulón																																	
Limpieza de canales																																	
Limpieza de pistones																																	
Limpieza de los orificios de inyección																																	
Limpieza de cavidades																																	
Control de los orificios de inyección																																	
Control del circuito de refrigeración																																	
Control de racores																																	
Control de expulsores																																	
Control del Bulón																																	
Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 93. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de mayo

Mes		MAYO																															
Molde	Molde con pistones	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Engrase de los casquillos guías		■							■							■							■							■		
	Engrase de las columnas		■								■						■							■							■		
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador		■								■						■							■							■		
	Engrase de la placa expulsora		■								■						■							■							■		
	Engrase de los expulsores		■								■						■							■							■		
	Engrase del bulón																															■	
	Limpieza de canales																																■
	Limpieza de pistones																																■
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																■
	Control de los orificios de inyección																																■
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																																■
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 94. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de junio

Mes		JUNIO																													
Molde	Molde con pistones	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías						■							■								■						■			
	Engrase de las columnas						■							■								■									
	Engrase de los porta moldes																													■	
	Engrase de la placa sufridera																													■	
	Engrase del anillo centrador						■							■								■						■			
	Engrase de la placa expulsora						■							■								■						■			
	Engrase de los expulsores						■							■								■						■			
	Engrase del bulón																													■	
	Limpieza de canales																													■	
	Limpieza de pistones																													■	
	Limpieza de los orificios de inyección																													■	
	Limpieza de cavidades																													■	
	Control de los orificios de inyección																													■	
	Control del circuito de refrigeración																													■	
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																													■	
Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 95. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de julio

Mes		JULIO																															
Molde	Molde con pistones	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de la placa expulsora																																
	Engrase de los expulsores																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de pistones																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de expulsores																																
	Control del Bulón																																
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 96. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de agosto

Mes		AGOSTO																																
Molde	Molde con pistones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles		
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																	
	Engrase de los casquillos guías																																	
	Engrase de las columnas																																	
	Engrase de los porta moldes																																	
	Engrase de la placa sufridera																																	
	Engrase del anillo centrador																																	
	Engrase de la placa expulsora																																	
	Engrase de los expulsores																																	
	Engrase del bulón																																	
	Limpieza de canales																																	
	Limpieza de pistones																																	
	Limpieza de los orificios de inyección																																	
	Limpieza de cavidades																																	
	Control de los orificios de inyección																																	
	Control del circuito de refrigeración																																	
	Control de racores																																	
	Control de expulsores																																	
	Control del Bulón																																	
	Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 97. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de septiembre

Mes		SEPTIEMBRE																													
Molde	Molde con pistones	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías					■							■								■						■				
	Engrase de las columnas					■							■								■						■				
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador					■							■								■						■				
	Engrase de la placa expulsora					■							■								■						■				
	Engrase de los expulsores					■							■								■						■				
	Engrase del bulón																														■
	Limpieza de canales																														■
	Limpieza de pistones																														■
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														■
	Control de los orificios de inyección																														■
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de expulsores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																														■
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 98. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de octubre

Mes		OCTUBRE																															
Molde	Molde con pistones	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Engrase de los casquillos guías			■							■							■						■								■	
	Engrase de las columnas			■							■							■						■								■	
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador			■							■							■						■								■	
	Engrase de la placa expulsora			■							■							■						■								■	
	Engrase de los expulsores			■							■							■						■								■	
	Engrase del bulón																															■	
	Limpieza de canales																																■
	Limpieza de pistones																																■
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																■
	Control de los orificios de inyección																																■
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de expulsores																																
	Control del Bulón																																■
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 99. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de noviembre

Mes		NOVIEMBRE																														
Molde	Molde con pistones	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																															
	Engrase de los casquillos guías																															
	Engrase de las columnas																															
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador																															
	Engrase de la placa expulsora																															
	Engrase de los expulsores																															
	Engrase del bulón																															
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de pistones																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															
	Control de los orificios de inyección																															
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores																															
	Control de expulsores																															
	Control del Bulón																															
	Control de los tornillos de amarre																															

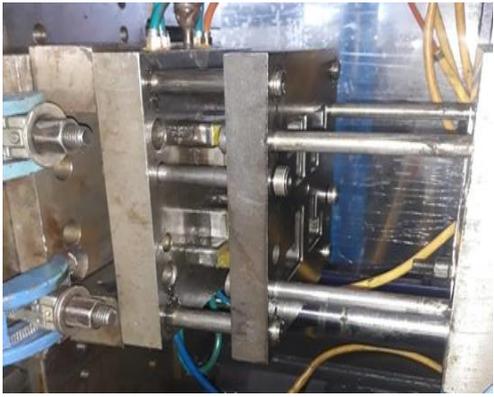
Tabla 100. Gama de mantenimiento del molde con pistones correspondiente al mes de diciembre

Mes		DICIEMBRE																															
Molde	Molde con pistones	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de la placa expulsora																																
	Engrase de los expulsores																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de pistones																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de expulsores																																
	Control del Bulón																																
Control de los tornillos de amarre																																	

3.1.8.5. Molde de 3 placas

En la Tabla 101 se muestra la ficha técnica del molde de 3 placas con 4 cavidades.

Tabla 101.Ficha técnica molde de 3 placas con 4 cavidades

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
Molde de 3 placas			
CARACTERISTICAS GENERALES			
FRECUENCIA DE USO	Trimestral	DIMENSIONES (cm)	Altura: 45 Largo: 38 Ancho:24
MATERIAL	Acero ASTM 36	PESO (Kg)	61
PROCEDENCIA	Ambato-Ecuador	ESTADO	Bueno
COMPONENTES			
Placa fija		Cavidad hembra	
Placa movil		Cavidad macho	
Anillo centrador		Placa flotante	
Columnas		Casquillos	
Función: Recibir y distribuir plástico fundido para ser moldeado, solidificado y luego expulsado del molde.			

Características del molde

- ❖ Número de cavidades: 4
- ❖ Material del molde: ASTM A36
- ❖ Peso total: 61 kg
- ❖ Dimensiones: 45x38x24(cm)
- ❖ Tipo refrigerante: Agua
- ❖ Número de placas: 3

Condiciones de servicio

- ❖ Temperatura de trabajo: (0 - 180) °C
- ❖ Materia de prima: Polímeros
- ❖ Tiempo de operación: 8 horas diarias
- ❖ Número de operarios: 1

Listado de Componentes

El listado de componentes del molde de 3 placas se observa en la Tabla 102.

Tabla 102: Lista de componentes

N°	Componentes	Función y/o característica
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser dirigido hasta el canal de alimentación.
5	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.
7	Porta molde fijo	Sujetar el porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde ocurre el proceso de moldeo.
8	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los

N°	Componentes	Función y/o característica
		expulsores.
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.
12	Placa flotante	Expulsar el producto terminado, sin dejar marcas como lo hacen los expulsos.
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.
14	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.
15	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.
16	Casquillo guía de la placa flotante	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema flotante que se encuentra en la placa base móvil.
17	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.
18	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.
19	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas guía del molde.
20	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.

Instrucciones de montaje

- ❖ Bodega de moldes
- ❖ El molde es asegurado al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas hasta la maquina inyectora
- ❖ Se abren las platinas de la inyectora
- ❖ Se baja el molde y se centra
- ❖ Se cierran las platinas y se prensa el molde
- ❖ Se asegura el molde a las platinas con los tornillos de amarre

- ❖ Se separa al molde del montacargas
- ❖ Se colocan las mangueras de agua a los racores
- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se coloca aceite hidráulico para engrasar
- ❖ Se ajusta la máquina inyectora
- ❖ Se pone en operación

Instrucciones de desmontaje

- ❖ Se abre el molde
- ❖ Se retira la grasa de la superficie
- ❖ Se cierra el molde
- ❖ Se retiran las mangueras de agua de los racores
- ❖ Se asegura el molde al montacargas
- ❖ Se traslada el montacargas a la bodega de moldes

Normas de seguridad

- ❖ Realizar una inspección previa de los moldes y de la máquina
- ❖ Utilizar los elementos de protección personal en todo el proceso
- ❖ No abrir las puertas mientras esté en el proceso de moldeo
- ❖ No introducir partes del cuerpo dentro de la máquina
- ❖ Instruir al personal que va a utilizar la máquina
- ❖ Mantenerse pendiente de los productos que van saliendo
- ❖ En caso de averías del molde, llamar al personal de mantenimiento
- ❖ No llevar alimentos al área de trabajo

En la Tabla 103 se presenta los estadísticos de mantenimiento anual del molde de 3 placas con 4 cavidades.

Estadístico de Mantenimiento Anual

Tabla 103. Estadístico de mantenimiento anual del molde de 3 placas

 CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE Número de horas que se utiliza un molde periódicamente												8
MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO (h)	TR(h)	TM (h)	TP (h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %	
	Inicio de actividades	3/1/2022										
Enero	Comprobar tornillería de platinas de ajuste	6/1/2022	27,75	4	0,25	4,25	53,75	1,83	0,02	0,55	96,70%	
	Comprobar tornillería de placas expulsoras	19/1/2022	79	0,5	0,5	1						
	Limpiar el molde y quitar el exceso de grasa	27/1/2022	54,5	1	0,5	1,5						
Febrero	Limpiar los casquillos guía	1/2/2022	29	2	1	3	59,58	1,17	0,02	0,86	98,08%	
	Limpiar y engrasar las guías de molde	9/2/2022	55,25	0,5	0,25	0,75						
	Comprobar la sujeción de las placas	24/2/2022	94,5	1	0,5	1,5						
Marzo	Controlar que el molde esté libre de agua o humedad	10/3/2022	86,5	1,25	0,25	1,5	72,50	1,75	0,01	0,57	97,64%	
	Comprobar que no haya fugas de aceite	21/3/2022	61,5	2	0,5	2,5						
	Comprobar que no haya fugas de agua	31/3/2022	69,5	2	0,5	2,5						
Abril	Desmontar y limpiar molde de inyección	4/4/2022	22,75	0,75	0,5	1,25	51,83	1,08	0,02	0,92	97,95%	
	Cambiar las partes desgastadas del molde	11/4/2022	46	1,5	0,5	2						
	Engrasar todas las partes móviles del molde	25/4/2022	86,75	1	0,25	1,25						
Mayo	Revisar todas las mangueras	4/5/2022	62,5	1	0,5	1,5	56,31	1,31	0,02	0,76	97,72%	
	Revisar todos los racores	10/5/2022	37,75	2	0,25	2,25						
	Comprobar los circuitos de refrigeración	18/5/2022	55	0,5	0,5	1						
	Verificar visualmente si hay fugas de materia prima	30/5/2022	70	1,75	0,25	2						
Junio	Verificar fugas en las mangueras	1/6/2022	22,5	1	0,5	1,5	59,67	1,17	0,02	0,86	98,08%	
	Limpieza de las placas y las cavidades	13/6/2022	70,5	1	0,5	1,5						
	Engrasar las cavidades	27/6/2022	86	1,5	0,5	2						
Julio	Limpieza del anillo centrador	4/7/2022	46	1,5	0,5	2	59,42	1,50	0,02	0,67	97,54%	



CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE UN MOLDE

Número de horas que se utiliza un molde periódicamente

8

MES	ACTIVIDADES	FECHAS	TO (h)	TR(h)	TM (h)	TP (h)	MTBF	MTTR	λ	u	D %
	Engrasar el anillo del cuello	12/7/2022	53,5	2	0,5	2,5					
	Retirar la grasa deteriorada de las placas y correderas	25/7/2022	78,75	1	0,25	1,25					
Agosto	Engrasar la superficie de molde	3/8/2022	62,5	1	0,5	1,5	55,81	1,63	0,02	0,62	97,17%
	Verificar el desgaste de la placa flotante	15/8/2022	69	2	1	3					
	Inspeccionar visualmente la superficie de molde	24/8/2022	61,5	2	0,5	2,5					
	Lubricar con aceite hidráulico las partes móviles	29/8/2022	30,25	1,5	0,25	1,75					
Septiembre	Inspeccionar la punta de la boquilla	5/9/2022	46,5	1	0,5	1,5	62,42	1,17	0,02	0,86	98,17%
	Reemplazar la punta de la boquilla	12/9/2022	46,5	1	0,5	1,5					
	Limpiar y pulir la superficie de moldeo	27/9/2022	94,25	1,5	0,25	1,75					
Octubre	Revisar sellos de los obturadores	5/10/2022	53	2,5	0,5	3	69,50	1,50	0,01	0,67	97,89%
	Limpieza del interior de los casquillos	20/10/2022	95	0,5	0,5	1					
	Lubricación en de la placa flotante	31/10/2022	60,5	1,5	2	3,5					
Noviembre	Verificar acumulación de corrosión	7/11/2022	45,5	2	0,5	2,5	49,69	1,63	0,02	0,62	96,83%
	Limpiar acumulación de plástico en las cavidades	15/11/2022	52,75	3	0,25	3,25					
	Verificar el desgaste de las cavidades	23/11/2022	54,5	1	0,5	1,5					
	Verificar el desgaste visible en placas y correderas	30/11/2022	46	0,5	1,5	2					
Diciembre	Verificar el circuito de refrigeración	5/12/2022	30,5	1	0,5	1,5	48,83	1,08	0,02	0,92	97,83%
	Retirar el exceso de materia prima presente en el canal	13/12/2022	54	1,25	0,75	2					
	Limpieza de oxido acumulado en el molde	22/12/2022	62	1	1	2					
TOTALES			2259,75	55	21,25	76,25	699,31	16,81	0,21	8,86	1172%
PROMEDIOS			57,942	1,41	0,54	1,96	58,28	1,40	0,02	0,74	97,63%

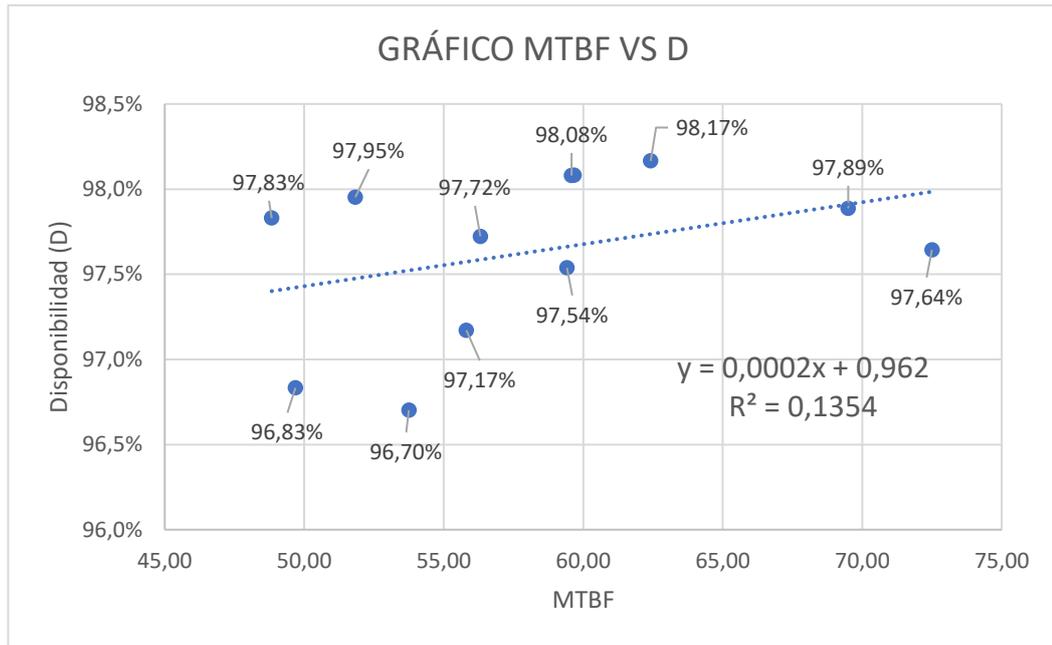


Figura 35. Gráfica MTBF vs D del molde de 3 placas

En la figura 24 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,17% con un tiempo medio entre fallos (MTBF) igual a 62,42 horas, mientras que el valor mínimo es de 96,83% con un tiempo medio entre fallos de 49,69 horas, se muestra también un valor máximo del tiempo medio entre fallos es de 72,50 horas con una disponibilidad del 97,64%, y el mínimo de 48,83 con disponibilidad de 97,83%. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 13,54$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

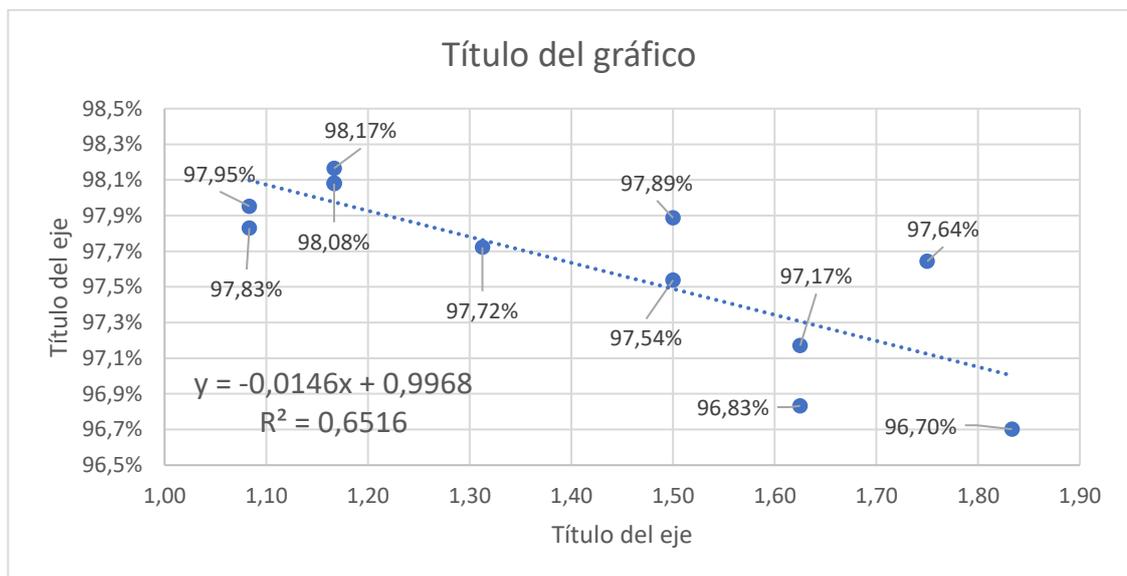


Figura 36. Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad molde de 3 placas

En la figura 25 podemos observar los puntos de disponibilidad cuyo valor máximo es de 98,17% con un tiempo medio de reparación (MTTR) igual a 1,17 horas, mientras que el valor mínimo es de 96,13% con un tiempo medio de reparación igual a 1,88 horas. El coeficiente de determinación tiene un valor de $R^2 = 0,6039$ el cual no se acerca a la unidad, lo que significa que los datos se hayan dispersos de modo que no presentan una correlación determinada.

En la Tabla 104, se realizará el análisis de la matriz de criterios ponderados AMFE para los moldes de tres placas con cuatro cavidades.

Matriz AMFE

Tabla 104. Matriz AMFE para el molde de 3placas

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1 De: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro					
Modelo		Molde de 3 placas		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Placa base fija	Mantener fija la placa mientras la máquina inyectora realiza todo el proceso.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base	1	7	9	63	Engrasar la superficie de la placa base fija
2	Tornillo de amarre parte fija	Mantener el molde sujeto a la placa base fija.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre
3	Anillo centrador	Establecer la posición del molde con respecto a la máquina de inyección.	Mala ubicación del molde	Desnivel	Golpes sobre la superficie	El molde no se centra de manera correcta	3	6	6	108	Correcta ubicación y ajustes del molde durante los cambios
4	Boquilla de alimentación	Suministrar al molde la materia prima que se encuentra en la inyectora para ser	Rotura de la boquilla	Deformación	Temperatura de la boquilla demasiado baja	Paro operacional	2	7	8	112	Cambiar la boquilla de alimentación

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1 De: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro					
Modelo		Molde de 3 placas		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
		dirigido hasta el canal de alimentación.									
5	Canales	Conducir la materia prima a la cavidad o cavidades del molde.	Obstrucción del paso normal de la materia prima	Taponamiento	Acumulación de materia prima	Rebabas en el producto final	3	7	7	147	Limpiar los canales del molde
6	Circuito de refrigeración	Disipar el calor de los moldes, mediante circuitos internos por los que circulan el líquido refrigerante.	Obstrucción del paso normal del agua	Obstrucción	Exceso de impurezas y partículas	Agua con impurezas	3	6	6	108	Realizar limpiezas periódicas de los pozos de agua
7	Porta molde fijo	Sujetar la porta moldes a la placa base. Aquí podemos encontrar el sistema de alimentación donde	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	4	5	40	Alinear correctamente los moldes

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1 De: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro					
Modelo		Molde de 3 placas		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
		ocurre el proceso de moldeo.									
8	Porta molde móvil	En esta parte del molde es donde encontramos el sistema de expulsión, va sujeta a la parte móvil de la máquina para realizar el proceso de moldeo.	Rotura de la placa	Desgaste	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	3	3	4	36	Alinear correctamente los moldes
9	Racores	Conectar y alimentar los canales de refrigeración para que se disipe el calor del molde.	Fugas de agua	Fugas	Falta de ajuste	Derrame de agua	1	8	5	40	Ajustar bien los racores

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1 De: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro					
Modelo		Molde de 3 placas		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
10	Placa sufridera	Empujar y absorber los impactos provocados por los expulsores.	Rotura de la placa	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	5	8	80	Alinear correctamente los moldes
11	Sufrideras	Envolver y sujetar de mejor manera la placa sufridera para adaptarse al golpeteo y a la forma de la superficie trabajada.	Rotura de las sufrideras	Rotura	Sobrepresión en los moldes	Desalineación del molde	2	3	3	18	Alinear correctamente los moldes
12	Placa Flotante	Expulsar el producto terminado, sin dejar marcas como lo hacen los expulsores.	Impedimento del movimiento	Lubricación insuficiente	Corrosión	Desgaste de la placa flotante	3	8	6	144	Engrasar la placa flotante
13	Placa base móvil	Unir con el plato móvil de la maquina mediante tornillos u otros medios de sujeción.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la placa base móvil	2	5	8	80	Engrasar la superficie de la placa base móvil

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro					
Modelo		Molde de 3 placas		Aprobado por:		Ing. Christian Castro		De:		1	
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
14	Placa cavidades	Sostener las cavidades hembra y macho las cuales dan la figura a las piezas.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de las cavidades hembra y macho	1	2	6	12	Engrasar las placas cavidades hembra y macho
15	Perno varilla o Bulón	Tirar de una placa durante la apertura del molde y restringir la distancia que recorre la placa.	Rotura del perno	Rotura	Sobrepresión	Desgaste por ambiente corrosivo	1	1	5	5	Engrasar periódicamente
16	Casquillo guía de la placa flotante	Facilitar el paso de las columnas guía del sistema flotante que se encuentra en la placa base móvil.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	6	8	64	Revisión y lubricación periódica
17	Tornillo de amarre parte móvil	Mantener el molde sujeto a la placa base móvil.	Placa inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la placa base	1	6	8	48	Verificar periódicamente los tornillos de amarre

MATRIZ AMFE											
Área:		Producción		Elaborado por:		Elizabeth Quinatoa		Fecha Rea: Fecha Rev.:		Hoja: 1 De: 1	
Sección:		Inyección		Revisado por:		Ing. Christian Castro					
Modelo		Molde de 3 placas		Aprobado por:		Ing. Christian Castro					
N.º	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
18	Casquillo de centraje	Facilitar el paso de las columnas guía de centrado.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Rozamientos	2	5	7	70	Revisión y lubricación periódica
19	Casquillo guía del molde	Facilitar el paso de las columnas guía del molde.	Impedimento del movimiento	Lubricación deficiente	Falta de lubricación	Atascos del molde	2	6	9	108	Revisión y lubricación periódica
20	Columnas guía del molde	Centralizar y guiar la parte móvil con la parte fija del molde.	Presencia de rozamiento excesivo	Falta de lubricación	Lubricación deficiente	Desgaste en las columnas	2	5	5	50	Lubricación periódica
PROMEDIO										69,05	

Determinación de la fiabilidad mediante el modelo matemático y grafico de Weibull.

Modelo Matemático de Weibull del molde de 3 placas

Tabla 105. Datos estadísticos del molde de 3 placas

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)
1	1	27,75	3,323
2	1	79	4,369
3	1	54,5	3,998
4	1	29	3,367
5	1	55,25	4,012
6	1	94,5	4,549
7	1	86,5	4,460
8	1	61,5	4,119
9	1	69,5	4,241
10	1	22,75	3,125
11	1	46	3,829
12	1	86,75	4,463
13	1	62,5	4,135
14	1	37,75	3,631
15	1	55	4,007
16	1	70	4,248
17	1	22,5	3,114
18	1	70,5	4,256
19	1	86	4,454
20	1	46	3,829
21	1	53,5	3,980
22	1	78,75	4,366
23	1	62,5	4,135
24	1	69	4,234
25	1	61,5	4,119
26	1	30,25	3,409
27	1	46,5	3,839
28	1	46,5	3,839
29	1	94,25	4,546
30	1	53	3,970
31	1	95	4,554
32	1	60,5	4,103
33	1	45,5	3,818
34	1	52,75	3,966
35	1	54,5	3,998
36	1	46	3,829
37	1	30,5	3,418
38	1	54	3,989
39	1	62	4,127
Sumatorias	39	2259,75	155,769
		57,942	3,994

Tabla 106. Datos calculados del molde de 3 placas

Actividad	N° de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x)^2
1	1	27,75	3,323	0,45002
2	1	79	4,369	0,14091
3	1	54,5	3,998	0,00002
4	1	29	3,367	0,39285
5	1	55,25	4,012	0,00032
6	1	94,5	4,549	0,30750
7	1	86,5	4,460	0,21722
8	1	61,5	4,119	0,01562
9	1	69,5	4,241	0,06113
10	1	22,75	3,125	0,75605
11	1	46	3,829	0,02737
12	1	86,75	4,463	0,21992
13	1	62,5	4,135	0,01991
14	1	37,75	3,631	0,13183
15	1	55	4,007	0,00018
16	1	70	4,248	0,06473
17	1	22,5	3,114	0,77538
18	1	70,5	4,256	0,06840
19	1	86	4,454	0,21185
20	1	46	3,829	0,02737
21	1	53,5	3,980	0,00021
22	1	78,75	4,366	0,13854
23	1	62,5	4,135	0,01991
24	1	69	4,234	0,05762
25	1	61,5	4,119	0,01562
26	1	30,25	3,409	0,34173
27	1	46,5	3,839	0,02391
28	1	46,5	3,839	0,02391
29	1	94,25	4,546	0,30457
30	1	53	3,970	0,00057
31	1	95	4,554	0,31338
32	1	60,5	4,103	0,01179
33	1	45,5	3,818	0,03110
34	1	52,75	3,966	0,00081
35	1	54,5	3,998	0,00002
36	1	46	3,829	0,02737
37	1	30,5	3,418	0,33218
38	1	54	3,989	0,00003
39	1	62	4,127	0,01771
Sumatorias	39	2259,75	155,769	5,550
		57,942	3,994	0,142

Tabla 107. Parámetros iniciales del molde de 3 placas

Calculos	
Media (x)	3,994
Varianza (S ²)	0,810
Desviación (S)	0,900
Gama (γ)	0
Beta (β)	1,42
Alpha (α)	81,39

Tabla 108. Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del molde de 3 placas

Actividad	Nº de falla	To (h)	ln(t)	(ln(t)-x) ²	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
1	1	27,75	3,323	0,45002	0,6251	62,51%	0,3749	37,49%
2	1	79	4,369	0,14091	0,3756	37,56%	0,6244	62,44%
3	1	54,5	3,998	0,00002	0,4702	47,02%	0,5298	52,98%
4	1	29	3,367	0,39285	0,6159	61,59%	0,3841	38,41%
5	1	55,25	4,012	0,00032	0,4668	46,68%	0,5332	53,32%
6	1	94,5	4,549	0,30750	0,3294	32,94%	0,6706	67,06%
7	1	86,5	4,460	0,21722	0,3522	35,22%	0,6478	64,78%
8	1	61,5	4,119	0,01562	0,4398	43,98%	0,5602	56,02%
9	1	69,5	4,241	0,06113	0,4086	40,86%	0,5914	59,14%
10	1	22,75	3,125	0,75605	0,6645	66,45%	0,3355	33,55%
11	1	46	3,829	0,02737	0,5117	51,17%	0,4883	48,83%
12	1	86,75	4,463	0,21992	0,3514	35,14%	0,6486	64,86%
13	1	62,5	4,135	0,01991	0,4357	43,57%	0,5643	56,43%
14	1	37,75	3,631	0,13183	0,5581	55,81%	0,4419	44,19%
15	1	55	4,007	0,00018	0,4679	46,79%	0,5321	53,21%
16	1	70	4,248	0,06473	0,4067	40,67%	0,5933	59,33%
17	1	22,5	3,114	0,77538	0,6666	66,66%	0,3334	33,34%
18	1	70,5	4,256	0,06840	0,4049	40,49%	0,5951	59,51%
19	1	86	4,454	0,21185	0,3536	35,36%	0,6464	64,64%
20	1	46	3,829	0,02737	0,5117	51,17%	0,4883	48,83%
21	1	53,5	3,980	0,00021	0,4748	47,48%	0,5252	52,52%
22	1	78,75	4,366	0,13854	0,3764	37,64%	0,6236	62,36%
23	1	62,5	4,135	0,01991	0,4357	43,57%	0,5643	56,43%
24	1	69	4,234	0,05762	0,4104	41,04%	0,5896	58,96%
25	1	61,5	4,119	0,01562	0,4398	43,98%	0,5602	56,02%
26	1	30,25	3,409	0,34173	0,6070	60,70%	0,3930	39,30%
27	1	46,5	3,839	0,02391	0,5091	50,91%	0,4909	49,09%
28	1	46,5	3,839	0,02391	0,5091	50,91%	0,4909	49,09%
29	1	94,25	4,546	0,30457	0,3301	33,01%	0,6699	66,99%
30	1	53	3,970	0,00057	0,4771	47,71%	0,5229	52,29%
31	1	95	4,554	0,31338	0,3280	32,80%	0,6720	67,20%
32	1	60,5	4,103	0,01179	0,4439	44,39%	0,5561	55,61%
33	1	45,5	3,818	0,03110	0,5143	51,43%	0,4857	48,57%
34	1	52,75	3,966	0,00081	0,4783	47,83%	0,5217	52,17%
35	1	54,5	3,998	0,00002	0,4702	47,02%	0,5298	52,98%

36	1	46	3,829	0,02737	0,5117	51,17%	0,4883	48,83%
37	1	30,5	3,418	0,33218	0,6053	60,53%	0,3947	39,47%
38	1	54	3,989	0,00003	0,4725	47,25%	0,5275	52,75%
39	1	62	4,127	0,01771	0,4377	43,77%	0,5623	56,23%
Sumatorias	39	2259,75	155,769	5,550				
		57,942	3,994	0,142				

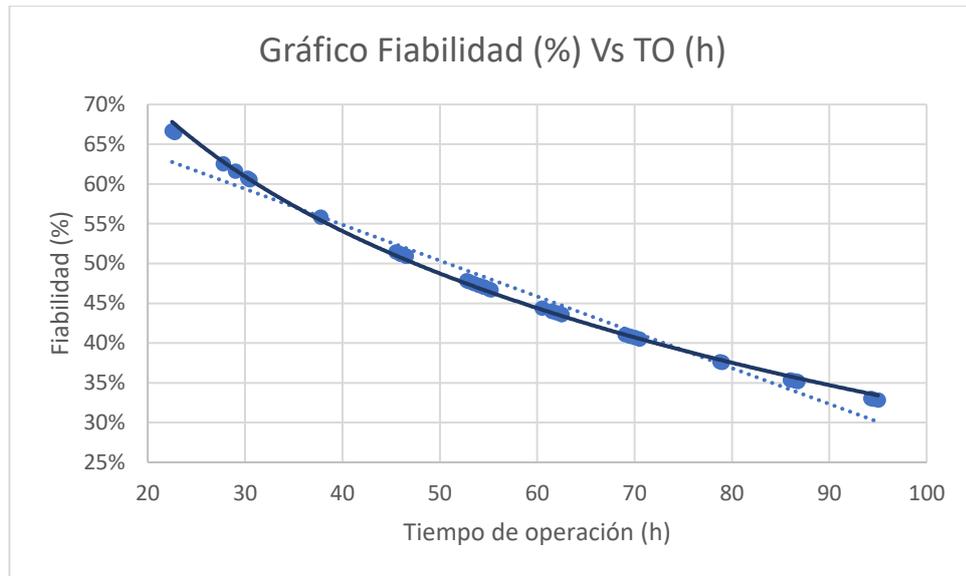


Figura 37. Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 3 placas

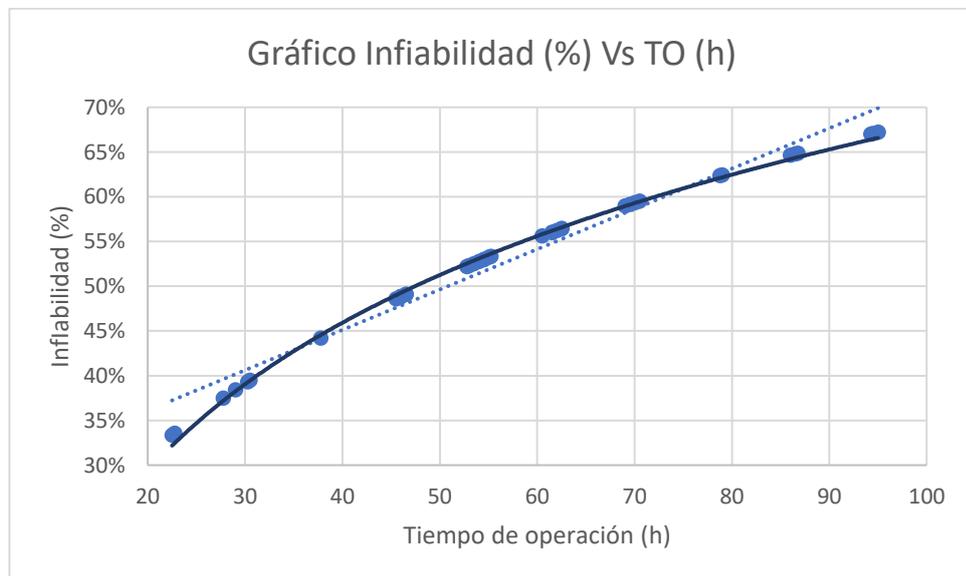


Figura 38. Gráfica in fiabilidad vs tiempo de operación del molde de 3 placas

Modelo Gráfico de Weibull del molde de 3 placas

$$F(i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

Tabla 109. Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)
1	27,75	0,018	1,78%
2	78	0,043	4,31%
3	54,5	0,069	6,85%
4	29	0,094	9,39%
5	55,25	0,119	11,93%
6	94,5	0,145	14,47%
7	86,5	0,170	17,01%
8	61,5	0,195	19,54%
9	69,5	0,221	22,08%
10	22,75	0,246	24,62%
11	46	0,272	27,16%
12	86,75	0,297	29,70%
13	62,5	0,322	32,23%
14	37,75	0,348	34,77%
15	55	0,373	37,31%
16	70	0,398	39,85%
17	22,5	0,424	42,39%
18	68,5	0,449	44,92%
19	82,5	0,475	47,46%
20	46	0,500	50,00%
21	53,5	0,525	52,54%
22	78,75	0,551	55,08%
23	62,5	0,576	57,61%
24	68,5	0,602	60,15%
25	61,5	0,627	62,69%
26	30,25	0,652	65,23%
27	46,5	0,678	67,77%
28	46,5	0,703	70,30%
29	94,25	0,728	72,84%
30	53	0,754	75,38%
31	95	0,779	77,92%
32	59,5	0,805	80,46%
33	45,5	0,830	82,99%
34	52,75	0,855	85,53%
35	42	0,881	88,07%
36	46	0,906	90,61%
37	30,5	0,931	93,15%
38	54	0,957	95,69%
39	62	0,982	98,2%

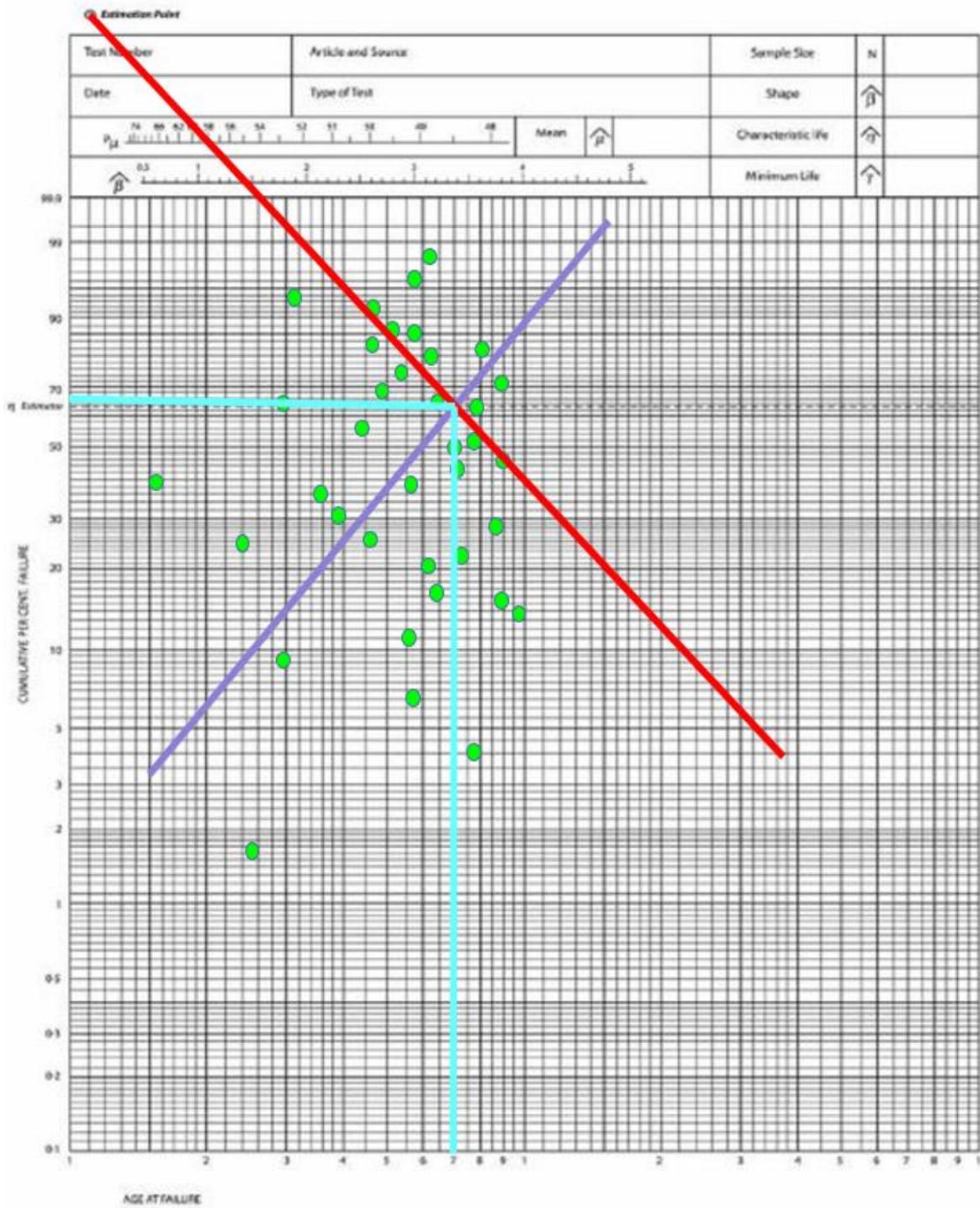


Figura 39. Papel de Weibull del molde de 3 placas

Tabla 110. Parámetros de fallas del molde de 3 placas

$P\mu$	58
β	1,4
n	70

Tabla 111. Fiabilidad mediante el método gráfico de Weibull.

Numero de fallas i	To (h)	Rango medio	Porcentaje de falla acumulativa F(i) (%)	R (t)	R (t) (%)
1	27,75	0,018	1,78%	0,7605	76,05%
2	79	0,043	4,31%	0,3059	30,59%
3	54,5	0,069	6,85%	0,4944	49,44%
4	29	0,094	9,39%	0,7474	74,74%
5	55,25	0,119	11,93%	0,4877	48,77%
6	94,5	0,145	14,47%	0,2182	21,82%
7	86,5	0,170	17,01%	0,2606	26,06%
8	61,5	0,195	19,54%	0,4342	43,42%
9	69,5	0,221	22,08%	0,3716	37,16%
10	22,75	0,246	24,62%	0,8128	81,28%
11	46	0,272	27,16%	0,5738	57,38%
12	86,75	0,297	29,70%	0,2592	25,92%
13	62,5	0,322	32,23%	0,4260	42,60%
14	37,75	0,348	34,77%	0,6562	65,62%
15	55	0,373	37,31%	0,4899	48,99%
16	70	0,398	39,85%	0,3679	36,79%
17	22,5	0,424	42,39%	0,8154	81,54%
18	70,5	0,449	44,92%	0,3642	36,42%
19	86	0,475	47,46%	0,2634	26,34%
20	46	0,500	50,00%	0,5738	57,38%
21	53,5	0,525	52,54%	0,5034	50,34%
22	78,75	0,551	55,08%	0,3075	30,75%
23	62,5	0,576	57,61%	0,4260	42,60%
24	69	0,602	60,15%	0,3753	37,53%
25	61,5	0,627	62,69%	0,4342	43,42%
26	30,25	0,652	65,23%	0,7342	73,42%
27	46,5	0,678	67,77%	0,5689	56,89%
28	46,5	0,703	70,30%	0,5689	56,89%
29	94,25	0,728	72,84%	0,2195	21,95%
30	53	0,754	75,38%	0,5079	50,79%
31	95	0,779	77,92%	0,2158	21,58%
32	60,5	0,805	80,46%	0,4425	44,25%
33	45,5	0,830	82,99%	0,5786	57,86%
34	52,75	0,855	85,53%	0,5102	51,02%
35	54,5	0,881	88,07%	0,4944	49,44%
36	46	0,906	90,61%	0,5738	57,38%
37	30,5	0,931	93,15%	0,7316	73,16%
38	54	0,957	95,69%	0,4989	49,89%
39	62	0,982	98,2%	0,4301	43,01%

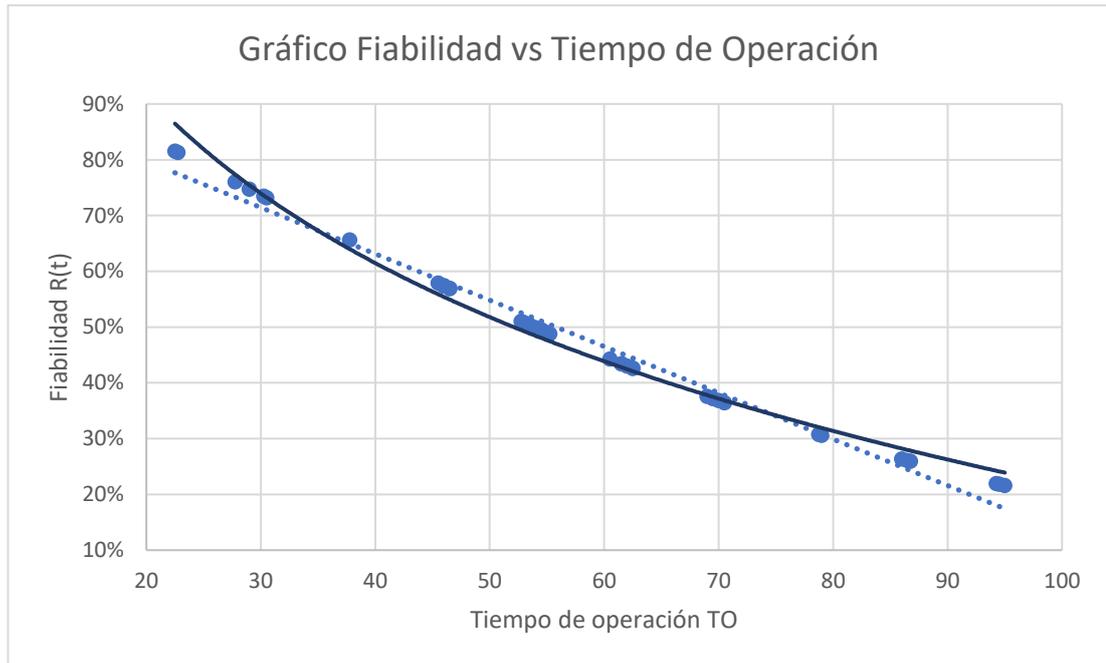


Figura 40. Fiabilidad vs Tiempo de Operación

De la Figura 41 se obtuvo la siguiente información:

- ❖ Se puede observar que tanto en el método matemático como en el método gráfico de Weibull el coeficiente de determinación es semejante, por lo que se comprueba la validez del proceso.
- ❖ Existe una relación proporcional, es decir, que a mayor tiempo de operación menor fiabilidad, esto se produce debido a las fallas y desgastes provocados en los componentes.
- ❖ Al mostrar una tasa de fallos decreciente se puede deducir que el molde de una cavidad se ubica en la zona de mantenimiento infantil.

Las gamas de mantenimiento para el molde de 3 placas con 4 cavidades se muestran de la Tabla 112 a la Tabla 123.

Gamas de Mantenimiento

Tabla 112. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de enero

Mes		ENERO																																		
Molde	Molde de 3 placas	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes				
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■																																		
	Engrase de los casquillos guías			■							■																							■		
	Engrase de las columnas			■							■																								■	
	Engrase de los porta moldes																																			
	Engrase de la placa sufridera																																			
	Engrase del anillo centrador			■								■																							■	
	Engrase de las cavidades			■								■																							■	
	Engrase la placa flotante			■								■																							■	
	Engrase del bulón																																		■	
	Limpieza de canales																																			
	Limpieza de los orificios de inyección																																			
	Limpieza de cavidades																																			■
	Control de los orificios de inyección																																			■
	Control del circuito de refrigeración																																			
	Control de racores																																			
	Control de la placa flotante																																			
	Control del Bulón																																			■
	Control de los tornillos de amarre																																			

Tabla 113. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de febrero

Mes		FEBRERO																													
TIPO	ACTIVIDADES	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de las cavidades																														
	Engrase la placa flotante																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control la placa flotante																														
	Control del Bulón																														
Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 114. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de marzo

Mes		MARZO																															
Molde	Molde de 3 placas	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de las cavidades																																
	Engrase la placa flotante																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control la placa flotante																																
Control del Bulón																																	
Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 115. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de abril

Mes		ABRIL																														
Molde	Molde de 3 placas	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Engrase de los casquillos guías				■							■														■						
	Engrase de las columnas				■							■														■						
	Engrase de los porta moldes																															
	Engrase de la placa sufridera																															
	Engrase del anillo centrador				■							■														■						
	Engrase de las cavidades				■							■														■						
	Engrase la placa flotante				■							■														■						
	Engrase del bulón																														■	
	Limpieza de canales																															
	Limpieza de los orificios de inyección																															
	Limpieza de cavidades																															■
	Control de los orificios de inyección																															■
	Control del circuito de refrigeración																															
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control la placa flotante	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																															■
Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 116. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de mayo

Mes		MAYO																															
Molde	Molde de 3 placas	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Engrase de los casquillos guías		■							■							■							■							■		
	Engrase de las columnas		■								■						■							■							■		
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador		■								■						■							■							■		
	Engrase de las cavidades		■								■						■							■							■		
	Engrase la placa flotante		■								■						■							■							■		
	Engrase del bulón																															■	
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																■
	Control de los orificios de inyección																																■
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control la placa flotante		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																																■
	Control de los tornillos de amarre																																

Tabla 117. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de junio

Mes		JUNIO																													
TIPO	ACTIVIDADES	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																														
	Engrase de los casquillos guías																														
	Engrase de las columnas																														
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador																														
	Engrase de las cavidades																														
	Engrase la placa flotante																														
	Engrase del bulón																														
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														
	Control de los orificios de inyección																														
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores																														
	Control la placa flotante																														
	Control del Bulón																														
	Control de los tornillos de amarre																														

Tabla 118. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de julio

Mes		JULIO																																
Molde	Molde de 3 placas	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
TIPO	ACTIVIDADES																																	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																	
	Engrase de los casquillos guías																																	
	Engrase de las columnas																																	
	Engrase de los porta moldes																																	
	Engrase de la placa sufridera																																	
	Engrase del anillo centrador																																	
	Engrase de las cavidades																																	
	Engrase la placa flotante																																	
	Engrase del bulón																																	
	Limpieza de canales																																	
	Limpieza de los orificios de inyección																																	
	Limpieza de cavidades																																	
	Control de los orificios de inyección																																	
	Control del circuito de refrigeración																																	
	Control de racores																																	
	Control de placa flotante																																	
	Control del Bulón																																	
	Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 119. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de agosto

Mes		AGOSTO																															
Molde	Molde de 3 placas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	
		TIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PREVENTIVO	ACTIVIDADES																																
	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de las cavidades																																
	Engrase la placa flotante																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de placa flotante																																
	Control del Bulón																																
Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 120. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de septiembre

Mes		SEPTIEMBRE																													
TIPO	ACTIVIDADES	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías					■						■								■						■					
	Engrase de las columnas					■						■								■						■					
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador					■						■								■						■					
	Engrase de las cavidades					■						■								■						■					
	Engrase la placa flotante					■						■								■						■					
	Engrase del bulón																														■
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														■
	Control de los orificios de inyección																														■
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de placa flotante	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																														■
Control de los tornillos de amarre																															

Tabla 121. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de octubre

Mes		OCTUBRE																															
Molde	Molde de 3 placas	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
TIPO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde																																
	Engrase de los casquillos guías																																
	Engrase de las columnas																																
	Engrase de los porta moldes																																
	Engrase de la placa sufridera																																
	Engrase del anillo centrador																																
	Engrase de las cavidades																																
	Engrase la placa flotante																																
	Engrase del bulón																																
	Limpieza de canales																																
	Limpieza de los orificios de inyección																																
	Limpieza de cavidades																																
	Control de los orificios de inyección																																
	Control del circuito de refrigeración																																
	Control de racores																																
	Control de placa flotante																																
	Control del Bulón																																
Control de los tornillos de amarre																																	

Tabla 122. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de noviembre

Mes		NOVIEMBRE																													
Molde	Molde de 3 placas	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TIPO	ACTIVIDADES																														
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Engrase de los casquillos guías							■						■								■						■			
	Engrase de las columnas							■						■								■						■			
	Engrase de los porta moldes																														
	Engrase de la placa sufridera																														
	Engrase del anillo centrador							■						■								■						■			
	Engrase de las cavidades							■						■								■						■			
	Engrase la placa flotante							■						■								■						■			
	Engrase del bulón																														■
	Limpieza de canales																														
	Limpieza de los orificios de inyección																														
	Limpieza de cavidades																														■
	Control de los orificios de inyección																														■
	Control del circuito de refrigeración																														
	Control de racores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control de placa flotante	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Control del Bulón																														■
	Control de los tornillos de amarre																														■

Tabla 123. Gama de mantenimiento del molde de 3 placas correspondiente al mes de diciembre

Mes		DICIEMBRE																															
Molde	Molde de 3 placas	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
TIPO	ACTIVIDADES																																
PREVENTIVO	Engrase superficial del molde	█																															
	Engrase de los casquillos guías					█						█															█						
	Engrase de las columnas					█						█															█						
	Engrase de los porta moldes																																█
	Engrase de la placa sufridera																																█
	Engrase del anillo centrador					█							█														█						
	Engrase de las cavidades					█							█														█						
	Engrase la placa flotante					█							█														█						
	Engrase del bulón																																█
	Limpieza de canales																																█
	Limpieza de los orificios de inyección																																█
	Limpieza de cavidades																																█
	Control de los orificios de inyección																																█
	Control del circuito de refrigeración																																█
	Control de racores		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Control de placa flotante		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Control del Bulón																																█
Control de los tornillos de amarre																																█	

3.1.9. Cuadro comparativo entre el modelo matemático y grafico de Weibull

En la Tabla 124, se muestra un cuadro comparativo para que mediante esta se pueda identificar el margen de error que se existe entre método matemático y el método grafico de Weibull.

Tabla 124. Cuadro comparativo entre el modelo matemático y grafico de Weibull

TIPO DE MOLDE	GRÁFICO	ANALÍTICO	ERROR
MARGEN DE ERROR MOLDE DE 1 CAVIDAD	0,373	0,145	2,60%
MARGEN DE ERROR MOLDE DE 2 CAVIDADES	0,349	0,470	0,70%
MARGEN DE ERROR MOLDE DE 20 CAVIDADES	0,605	0,468	1,30%
MARGEN DE ERROR MOLDE CON PISTÓN	0,371	0,505	0,70%
MARGEN DE ERROR MOLDE DE 3 CAVIDADES	0,482	0,468	1,00%
SUMA	218%	205,60%	6,30%
PROMEDIO	43,60%	41,12%	1,26%

Como se puede observar en la tabla el promedio de la fiabilidad en el método grafico es de 43,60%, mientras que en el analítico es de 41,12% se puede visualizar que los valores son similares, por lo que el margen de error que existen entre estos dos métodos es 1,26%, considerando que el margen de error puede ser aceptable del 0% al 5%, se puede determinar que los datos que se mostraron anteriormente son valores reales que se toman para mostrar la fiabilidad que presentan los moldes.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Para determinar el estado en el que se encuentran los moldes se realizó un análisis de campo, para después proceder al desarrollo de dossiers para los moldes de 2 placas con 1 cavidad, 2 cavidades, 4 cavidades con pistón y 20 cavidades y de 3 placas con 4 cavidades, cada uno con fichas técnicas, características, condiciones de servicio, listado de componentes, instrucciones de montaje y desmontaje, y normas de seguridad, además mediante el trabajo de campo se obtuvo información de las principales fallas que poseen los componentes y las consecuencias que pueden producirse en cada uno de los moldes.

Basados en la NTP 679 se elaboró la matriz AMFE para determinar las fallas potenciales que existen en los moldes y según los criterios de gravedad, frecuencia y detectabilidad se pudo evaluar cuales son los componentes que llegan a fallar con mayor regularidad, los mismos que se encuentran señalados con color rojo al tener un índice de prioridad de riesgos IPR mayor a 100.

Para los moldes de 2 placas con 1 cavidad, los canales tienen un valor IPR de 120, y los expulsores tienen un valor de IPR de 160, para los moldes con 2 cavidades los canales presentan un IPR de 168 y los expulsores un IPR igual a 140, en los moldes con 20 cavidades se muestra a los canales con un valor IPR de 126 y los expulsores un valor IPR de 144, en el caso de los moldes de 4 cavidades con pistón los canales obtuvieron un IPR de 147, los expulsores un IPR de 120 y los pistones un IPR de 126, mientras que, para el molde de tres placas los componentes más críticos son la placa flotante con un IPR de 144 y los canales con un IPR de 147, estos componentes son los que presentan valores más críticos en la matriz AMFE, sin embargo al promediar los valores de cada componente para cada molde, podemos observar que el IPR es menor a 75 indicando que estos cuentan con un nivel aceptable.

Se determinó también los estadísticos de mantenimiento tomando en cuenta las actividades realizadas por los moldes durante un año, cumpliendo con varios parámetros como el tiempo de operación, tiempo de reparación y tiempos muertos que

se obtuvieron en los registros de mantenimiento provistos por la empresa y se utilizaron para calcular la disponibilidad, fiabilidad e infiabilidad, mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull, además en la Tabla 124 se pueda visualizar un cuadro comparativo entre estos dos métodos, la cual muestra un margen de error promedio de 1,26% lo que indica que está en un rango aceptable y que los datos obtenidos son reales.

En el proyecto se pudo identificar, que al realizar el modelo matemático de Weibull se obtuvo un valor de $\beta < 1$ en todas las máquinas, al revisar en la curva de la bañera, se constató que se encuentran en la zona de mortalidad infantil o fallas tempranas, por ende se debe realizar un mantenimiento predictivo, mientras que al realizar el modelo gráfico se obtuvo un valor de $\beta > 1$, al revisar en la curva de la bañera, se pudo comprobar que se encuentran en la zona de período útil o fallas aleatorias, por lo que se debe realizar un mantenimiento preventivo.

Finalmente, al conocer todos los datos correspondientes a la matriz AMFE y a la distribución de Weibull del método gráfico y matemático se generaron bitácoras y gamas de mantenimiento, enfocados en cumplir actividades de mantenimiento diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales, para prevenir posibles fallos en los moldes y en sus componentes.

4.2. Recomendaciones

Se debe obtener información real y que sea lo más reciente posible con el fin de lograr que los datos sean más confiables para los respectivos cálculos. Es también indispensable utilizar un programa de cálculo ya que al tener que resolver varias operaciones, este facilitará sus resoluciones con rapidez.

Es recomendable recolectar información verídica mediante el uso de manuales, planos, registros y a través de consultas o entrevistas al personal de mantenimiento, de igual manera es importante implementar un registro de tiempo de cada uno de los moldes para definir de mejor manera las actividades de mantenimiento.

Para realizar la matriz AMFE y el análisis de fallas mediante el método matemático y gráfico de Weibull es preciso basarse en la NTP 679 y la NTP 331.

Para que las bitácoras y las gamas de mantenimiento se puedan desarrollar de manera correcta es necesario usar un sistema de colores en el cual se registren las actividades según el intervalo de tiempo.

Elaborar un software para que el plan de mantenimiento se realice de una manera organizada y eficaz en los diferentes moldes de la empresa.

Al realizar las actividades de mantenimiento es obligatorio usar los implementos de protección personal y se debe realizar con supervisión del personal autorizado para evitar lesiones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Meneses, J. Tello y S. Pinto, «Importancia de la mecánica ligera en el mantenimiento preventivo del vehículo,» *Polo del Conocimiento*, vol. 7, n° 9, 2022.
- [2] R. Astudillo y S. Criollo, «ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTOS DE FALLO (AMEF) PARA LA EMPRESA TEDASA S.A.,» Cuenca, 2022.
- [3] J. Bedoya, «Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para la inyectora marca Haitian ref. MA3200II,» 2016.
- [4] I. Silva-Urbina, M. Rodríguez-Pineda, R. Acosta-Rozo y P. Gómez-Monsalve, «Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF,» vol. 9, n° 18, 2019.
- [5] C. Jiménez, «OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MOLDES DE INYECCIÓN DE PREFORMA EN IBERPLAST S.A.S.,» Bogotá, 2021.
- [6] A. Tíscar-Fernández, «Diseño de un molde de inyección de plástico,» 2019.
- [7] E. León y C. Ortiz, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA LAS TAPAS DEL ENVASE DE PEGA STIC DE 40 g.,» Bogotá, 2021.
- [8] A. Aznar Amador, «Diseño de un molde de inyección de plástico para un exprimidor industrial,» 2021.
- [9] G. Meza, «MANUAL DE DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA POLYAJUSTE MOLDES,» 2017.
- [10] G. Menges y G. Mohren, «Moldes para la inyección de plásticos,» Tercera ed. ed., México D.F, Calypso, S.A, 1938.
- [11] J. Catillo, «El Molde: Partes básicas,» 2015.
- [12] A. Fonseca, «Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación,» 2018.
- [13] D. Castañeda, «Modelo de Análisis y Decisión para Identificar la Necesidad de Reemplazo de Moldes de Inyección,» 2019.
- [14] KEYENCE, «KEYENCE,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp#:~:text=El%20moldeo%20por%20inyecci%C3%B3n%20e s,para%20formar%20la%20forma%20dise%C3%B1ada..>
- [15] Y. González-Rondón y J. Rengel, «Comportamiento termo fluidodinámico del acero en un molde de colada continua: una revisión,» *Redalyc*, vol. 24, n° 51, 2021.
- [16] J. González, J. Quijada, M. López, P. Pérez y A. Cruz, «Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE,» *Revista Ingeniería*

Industrial, n° 3, 2018.

- [17] C. Montilla, Fundamentos de mantenimiento, U. T. d. Pereira, Ed., 2016.
- [18] R. Yavarone, «La importancia del diagnóstico eficiente en el mantenimiento industrial,» *AADECA*, 2019.
- [19] R. Paredes, «Tipos de mantenimiento aplicados en la industria petrolera venezolana de la Región Occidente,» *Ingeniería y sus alcances*, vol. 4, n° 9, 2020.
- [20] J. Cárcel, J. Grau y M. Pascual, «Elementos del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial,» *Mantenimiento en Latinoamérica*, vol. 8, n° 1, 2016.
- [21] L. Sexto, «Tipos de mantenimiento: ¿cuántos y cuáles son?,» *Electromagazine*, vol. 76, 2018.
- [22] M. Dimitroff, D. Pontelli, J. F. Zanazzi, J. Conforte y J. L. Zanazzi, «Mantenimiento preventivo: Asignación grupal de prioridades con metodología procesos DRV,» *Revista Ingeniería Industria*, vol. 15, n° 2, 2016.
- [23] M. Baro, M. Piña, R. Romero y J. Romero, «Índices de capacidad para la Distribución Weibull,» *Procesos de producción*, n° 59, 2016.
- [24] A. Conde y C. García, «DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA EL ESTUDIO DE LA CONFIABILIDAD EN FLOTAS DE TRANSPORTE BASADO EN EL MÉTODO DE WEIBULL,» 2022.
- [25] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE,» 2004.
- [26] Halley Corporación, « HalleyCorporación,» 2022. [En línea]. Available: <https://halleycorporacion.com.ec/quienes-somos/>.

ANEXOS

Anexo 1. NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Anexo 2. NTP 331: Fiabilidad: la distribución de Weibull

Anexo 3. Instructivo software de mantenimiento.

Anexo 4. Planos

Anexo 1. NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE



NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Analyse des modes de défauts et effets. AMDE
Failure Mode and Effect Analysis. FMEA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

Rosa M^o Orriols Ramos
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Carles Mata París
Ingeniero Técnico

SEAT, S.A.

La presente NTP tiene por objeto exponer el método de análisis modal de fallos y efectos de elementos clave de procesos o productos. Esta herramienta es una de las tradicionales empleadas en el ámbito de la Calidad para la identificación y análisis de potenciales desviaciones de funcionamiento o fallos, preferentemente en la fase de diseño. Se trata de un método cualitativo que por sus características, resulta de utilidad para la prevención integral de riesgos, incluidos los laborales.

1. INTRODUCCIÓN

El AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeroespacial en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada "Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad". En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede recogerse con la denominación de AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad), al introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiendo que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de la empresa, desde el diseño y montaje hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa. Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos o procesos clave en donde los fallos que pueden acontecer, por sus consecuencias puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de defectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

La aplicación del AMFE por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de los mismos y sobre todo de sus aspectos más débiles, con las consiguientes medidas preventivas a aplicar para su necesario control. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejorar a la calidad de productos y procesos reduciendo costes.

En la medida que el propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de acontecimiento de los fallos o hechos indeseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. Ahora bien, el AMFE introduce un factor de especial interés no utilizado normalmente en las evaluaciones simplificadas de riesgos de accidente, que es la capacidad de detección del fallo producido por el destinatario o usuario del equipo o proceso analizado, al que el método originario denomina cliente. Evidentemente tal cliente o usuario podrá ser un trabajador o equipo de personas que receptionan en un momento determinado un producto o parte del mismo en un proceso productivo, para intervenir en él, o bien en último término, el usuario final de tal producto cuando haya de utilizarlo en su lugar de aplicación. Es sabido que los fallos materiales suelen estar mayoritariamente asociados en su origen a la fase de diseño y cuanto más se tarde en detectarlos más costosa será su solución. De ahí la importancia de realizar el análisis de potenciales problemas en instalaciones, equipos y procesos desde el inicio de su concepción y pensando siempre en las diferentes fases de su funcionamiento previsto. A continuación se aportan una serie de definiciones sobre los conceptos asumidos por este método.

Este método no considera los errores humanos directamente, sino su correspondencia inmediata de mala operación en la situación de un componente o sistema. En definitiva, el AMFE es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso.

2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMFE

Como paso previo a la descripción del método y su aplicación es necesario sentar los términos y conceptos fundamentales, que a continuación se describen.

Cliente o usuario

Solemos asociar la palabra cliente al usuario final del producto fabricado o el destinatario-usuario del resultado del proceso o parte del mismo que ha sido analizado. Por lo tanto, en el AMFE, el cliente dependerá de la fase del proceso o del ciclo de vida del producto en el que apliquemos el método. La situación más crítica se produce cuando un fallo generado en un proceso productivo que repercute decisivamente en la calidad de un producto no es controlado a tiempo y llega en tales condiciones al último destinatario o cliente.

Si uno de los aspectos determinantes del método es asegurar la satisfacción de las necesidades de los usuarios, evitando los fallos que generan problemas e insatisfacciones, para conocerlas es necesario tener herramientas que nos permitan registrarlas. Para ello disponemos, entre otras, de dos herramientas: los cuestionarios de satisfacción de necesidades de clientes o usuarios y la doble matriz de información para comprobar como los resultados esperados de productos/procesos responden a las expectativas de sus usuarios.

El propósito del diseño, o sea lo que se espera se consiga o no del mismo, debe estar acorde con las necesidades y requisitos que pide el usuario; con lo que al realizar el AMFE y aplicarlo en la fase de diseño siempre hay que pensar en el cliente-usuario, ese "quien", es el que nos marca el objetivo final.

Es por eso que las funciones prioritarias al realizar el AMFE son las denominadas "funciones de servicio", este tipo de funciones nos permitirán conocer el susodicho grado de satisfacción del cliente tanto de uso del producto como de estimación (complacencia). Las "funciones de servicio" son necesidades directas de los sistemas analizados y no dependen solo de la tecnología, es por eso que para determinarlas hay que analizar, como se ha dicho, dos aspectos: las necesidades que se tienen que satisfacer y el impacto que tienen sobre el cliente dichas necesidades. Esto nos permitirá determinar y priorizar las funciones de servicio y a partir de ahí realizar el AMFE.

Producto

El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. Lo importante es poner el límite a lo que se pretende analizar y definir la función esencial a realizar, lo que se denomina identificación del elemento y determinar de que subconjuntos / subproductos está compuesto el producto.

Por ejemplo: podemos analizar un vehículo motorizado en su conjunto o el sistema de carburación del mismo. Evidentemente, según el objetivo del AMFE, podrá ser suficiente revisar las funciones esenciales de un producto o profundizar en alguna de sus partes críticas para analizar en detalle sus modos de fallo.

Seguridad de funcionamiento

Hablamos de seguridad de funcionamiento como concepto integrador, ya que además de la fiabilidad de respuesta a sus funciones básicas se incluye la conservación, la disponibilidad y la seguridad ante posibles riesgos de daños tanto en condiciones normales en el régimen de funcionamiento como ocasionales. Al analizar tal seguridad de funcionamiento de un producto/proceso, a parte de los mismos, se habrán de detectar los diferentes modos o maneras de producirse los fallos previsible con su detectabilidad (facilidad de detección), su frecuencia y gravedad o severidad, y que a continuación se definen.

Detectabilidad

Este concepto es esencial en el AMFE, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente.

Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier "output" defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo "detectemos", pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente - usuario final.

Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectarlo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

Frecuencia

Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.

Gravedad

Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual iría asociado también a su probabilidad de generación.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Tal índice está basado en los mismos fundamentos que el método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., si bien el índice de prioridad del AMFE incorpora el factor detectabilidad. Por tanto, tal índice es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto debe ser calculado para todas las causas de fallo.

$$IPR = D.G.F$$

Es de suma importancia determinar de buen inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar. Para ello hay que recurrir a la observación directa que se realiza por el propio grupo de trabajo, y a la aplicación de técnicas generales de análisis desde el "brainstorming" a los diagramas causa-efecto de Isikawa, entre otros, que por su sencillez son de conveniente utilización. La aplicación de dichas técnicas y el grado de profundización en el análisis depende de la composición del propio grupo de trabajo y de su cualificación, del tipo de producto a analizar y como no, del tiempo hábil disponible.

3. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se indican de manera ordenada y esquemática los pasos necesarios con los correspondientes informaciones a cumplimentar en la hoja de análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. El esquema de presentación de la información que se muestra en esta NTP tiene un valor meramente orientativo, pudiendo adaptarse a las características e intereses de cada organización. No obstante, el orden de cumplimentación sigue el mismo en el que los datos deberán ser recabados. Al final se adjunta una sencilla aplicación práctica, a modo de ejemplo. En primer lugar habría que definir si el AMFE a realizar es de proyecto o de producto/proceso. Cuando el AMFE se aplica a un proceso de-

terminado, hay que seleccionar los elementos clave del mismo asociados al resultado esperado. Por ejemplo, supongamos que se trata de un proceso de intercambio térmico para enfriar un reactor químico, los elementos clave a aplicar entonces en el AMFE podrían ser el propio intercambiador y la bomba de suministro de fluido refrigerante. En todo caso, hablemos de producto o proceso, en el AMFE nos centraremos en el análisis de elementos materiales con unas características determinadas y con unos modos de fallo que se trata de conocer y valorar.

Denominación del componente e identificación

Debe identificarse el PRODUCTO o parte del PROCESO incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho. Es útil complementar tal identificación con códigos numéricos que eviten posibles confusiones al definir los componentes.

Parte del componente. Operación o función

Se completa con distinta información dependiendo de si se está realizando un AMFE de diseño o de proceso.

Para el AMFE de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para el AMFE de proceso se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Fallo o Modo de fallo

El "Modo de Fallo Potencial" se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.

Los modos de fallo potencial se deben describir en términos "físicos" o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente.

Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, ello como se ha dicho es un aspecto impotente a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

Efecto/s del fallo

Normalmente es el síntoma detectado por el cliente/usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberán indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo hace el propio usuario.

Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una descripción más clara del efecto.

Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves.

Causas del modo de fallo

La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo.

Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.

Ejemplo de AMFE de diseño:

Supongamos que estamos analizando el tubo de escape de gases de un automóvil en su proceso de fabricación.

- Modo de fallo: Agrietado del tubo de escape

Efecto: Ruido no habitual

Causa: Vibración – Fatiga

Ejemplo AMFE de proceso:

Supongamos que estamos analizando la función de refrigeración de un reactor químico a través de un serpentín con aporte continuo de agua.

- Modo de fallo 1: Ausencia de agua.

Causas: fallo del suministro, fuga en conducción de suministro, fallo de la bomba de alimentación.

- Modo de fallo 2: Pérdida de capacidad refrigerante.

Causas: Obstrucciones calcáreas en el serpentín, perforación en el circuito de refrigeración.

Efecto en ambos modos de fallo: Incremento sustancial de temperatura. Descontrol de la reacción

Medidas de ensayo y control previstas

En muchos AMFE suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de tales medidas de ensayo y control condicionará a su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas de control deberían corresponderse para cada una de las causas de los modos de fallo.

Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones en el diseño, y no deberían afectarlo los controles derivados de la propia aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad.

El cuadro de clasificación de tal índice debería diseñarlo cada empresa en función del producto, servicio, proceso en concreto. Generalmente el rango es con números enteros, en la tabla adjunta la puntuación va del 1 al 10, aunque a veces se usan rangos menores (de 1 a 5), desde una pequeña insatisfacción, pasando por una degradación funcional en el uso, hasta el caso más grave de no adaptación al uso, problemas de seguridad o infracción reglamentaria importante. Una clasificación tipo podría ser la representada en la tabla 1

TABLA 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la gravedad valora las consecuencias de la materialización del riesgo, entendiéndolas como el accidente o daño más probable/habitual. Ahora bien, en el AMFE se enriquece este concepto introduciendo junto a la importancia del daño del tipo que sea en el sistema, la percepción que el usuario-cliente tiene del mismo. Es decir, el nivel de gravedad del AMFE nos estará dando también el grado de importancia del fallo desde el punto de vista de sus peores consecuencias, tanto materiales como personales u organizacionales.

Siempre que la gravedad esté en los niveles de rango de gravedad superior a 4 y la detectabilidad sea superior a 4, debe considerarse el fallo y las características que le corresponden como importantes. Aunque el IPR resultante sea menor al especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo. De ahí que cuando al AMFE se incorpora tal atención especial a los aspectos críticos, el método se conozca como AMFEC, correspondiendo la última letra a tal aspecto cuantificable de la criticidad

Estas características de criticidad se podrían identificar con algún símbolo característico (por ej. Un triángulo de diferentes colores) en la hoja de registro del AMFE, en el plan de control y en el plano si corresponde.

Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo.

Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos. Si en la empresa existe un Control Estadístico de Procesos es de gran ayuda para poder objetivar el valor. No obstante, la experiencia es esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, adquirido a un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida, por dicho proveedor. Una posible clasificación se muestra en la tabla 2.

La única forma de reducir el índice de frecuencia es:

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

Controles actuales

En este apartado se deben reflejar todos los controles existentes actualmente para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Detectabilidad

Tal como se definió anteriormente este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los "controles actuales" existentes a tal fin. Es decir, la capacidad de de-

TABLA 2. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

TABLA 3. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

detectar el fallo antes de que llegue al cliente final. Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo, determinante para priorizar la intervención. Ver la tabla 3.

Se hace necesario aquí puntualizar que la detección no significa control, pues puede haber controles muy eficaces pero si finalmente la pieza defectuosa llega al cliente, ya sea por un error, etc., la detección tendrá un valor alto. Aunque está claro que para reducir este índice sólo se tienen dos opciones:

- Aumentar los controles. Esto supone aumentar el coste con lo que es una regla no prioritaria en los métodos de Calidad ni de Prevención.
- Cambiar el diseño para facilitar la detección.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Es el producto de los tres factores que lo determinan. Dado que tal índice va asociado a la prioridad de intervención, suele llamarse Índice de Prioridad del Riesgo. Debe ser calculado para todas las causas de fallo. No se establece un criterio de clasificación de tal índice. No obstante un IPR inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuiría a mejorar aspectos de calidad del producto proceso o trabajo. El ordenamiento numérico de las causas de modos de fallo por tal índice ofrece una primera aproximación de su importancia, pero es la reflexión detenida ante los factores que las determinan, lo que ha de facilitar la toma de decisiones para la acción preventiva. Como todo método cualitativo su principal aportación es precisamente el facilitar tal reflexión.

Acción correctora

Se describirá en este apartado la acción correctora propuesta. Generalmente el tipo de acción correctora que elegiremos seguirá los siguientes criterios, de ser posible:

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

Siempre hay que mirar por la eficiencia del proceso y la minimización de costes de todo tipo, generalmente es más económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que dedicar recursos a la detección de fallos. No obstante, la gravedad de las consecuencias del modo de

fallo debería ser el factor determinante del índice de prioridad del riesgo. O sea, si se llegara al caso de dos situaciones que tuvieran el mismo índice, la gravedad sería el factor diferencial que marcaría la prioridad.

Responsable y plazo

Como en cualquier planificación de acciones correctoras se deberá indicar quien es el responsable de cada acción y las fechas previstas de implantación.

Acciones implantadas

Este apartado es opcional, no siempre lo contienen los métodos AMFE, pero puede ser de gran utilidad recogerlo para facilitar el seguimiento y control de las soluciones adoptadas. Se deben reflejar las acciones realmente im-

TABLA 4. Proceso de actuación para la realización de un AMFE de proceso

1. Disponer de un esquema gráfico del proceso productivo (lay-out).
2. Seleccionar procesos/operaciones clave para el logro de los resultados esperados.
3. Crear grupo de trabajo conocedor del proceso en sus diferentes aspectos. Los miembros del grupo deberían haber recibido previamente conocimientos de aplicación de técnicas básicas de análisis de fallos y del AMFE.
4. Recabar información sobre las premisas generales del proceso, funciones de servicio requeridas, exigencias de seguridad y salud en el trabajo y datos históricos sobre incidentes y anomalías generadas.
5. Disponer de información sobre prestaciones y fiabilidad de elementos clave del proceso.
6. Planificar la realización del AMFE, conducido por persona conocedora de la metodología.
7. Aplicar técnicas básicas de análisis de fallos. Es esencial el diagrama causa- efecto o diagrama de la espina de Ishikawa.
8. Cumplimentar el formulario del AMFE, asegurando la fiabilidad de datos y respuestas por consenso.
9. Reflexionar sobre los resultados obtenidos y emitir conclusiones sobre las intervenciones de mejora requeridas.
10. Planificar las correspondientes acciones de mejora.

TABLA 5. Ejemplo de formulario de AMFE cumplimentado parcialmente para el análisis de operaciones de soldadura y marcado del proceso de prensas y chapistería

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																	
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO									Hoja:				
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)									FECHA INICIO:		FECHA REVISIÓN:		
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO Nº	FALLOS POTENCIALES			CAUSAS DEL MODO DE FALLO	ESTADO ACTUAL						ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA			
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL / PREVIJISTAS		F	G	D	IPR	F	G			D	IPR		
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128		Previsos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128		Pestañas bien diseñadas para garantizar geometría	Proyectos / Anteproyecto					
	1.3			Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128		Garantizar geometrías y acoplamientos	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.4			Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144		Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mismos.	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.5			Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336		Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.6			Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10	8	2	160		Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.7			Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10	8	2	160		Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.8			Campanas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6	8	4	192		Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.9			No hay protección	Ninguna	6	5	6	180		Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Anteproyecto					

Tabla 5. Continuación

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE		Hoja:		FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:						
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN								
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO Nº	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL			RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA							
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G		D	IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR	
Estaciones de geometría y soldadura en general	2.1	Dificultad de controlar puntos de soldadura ocultos	Rechazo, reparaciones, retrabajos	Imposibilidad de control al no poder sacar de la línea piezas que incluyen otras que después quedan tapadas	Ninguna	10	7	8	560	Proceso para sacar muestreo Chapa / Anteproyecto						
	2.2	Piezas mal posicionadas o invertidas	Rechazos, retrabajos	Útil permite varias posiciones	Ninguna	10	10	5	500	Pokayoke utillaje para encontrar solución						
	3.1	El marcador no marca	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Mal funcionamiento del marcador, rotura, falta de energía	Control visual y pe- nalización en audi- toria intermedia	10	6	1	60	Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación						
Fechado y marcado de conjuntos	3.2	Marcaje deficiente	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Inconcreta orientación respecto a la pieza	Control visual y pe- nalización en audi- toria intermedia	6	6	1	36	Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación						

plantadas que a veces puede ser que no coincidan exactamente con las propuestas inicialmente. En tales situaciones habría que recalcular el nuevo IPR para comprobar que está por debajo del nivel de actuación exigido.

A modo de resumen los puntos más importantes para llevar a cabo el procedimiento de actuación de un AMFE son los descritos en la tabla 4.

A título de ejemplo se muestra en la tabla 5 una hoja para la recogida de informaciones y datos de un AMFE, de acuerdo al contenido de esta Nota Técnica de Prevención. Se ha cumplimentado para una hipotética situación de análisis de la operación de soldadura mix en el proceso de prensas y chapistería de una empresa de fabricación de automóviles.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) PAUL JAMES.
Gestión de la Calidad Total
Prentice Hall, 1996
- (2) PATRICK LYONNET
Los métodos de la Calidad Total
Ediciones Diaz de Santos, 1989
- (3) DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL
Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Guía Técnica.
Madrid, 1994

Nuestro agradecimiento a los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales y de Calidad de la empresa SEAT, de Martorell (Barcelona), por su colaboración.

Anexo 2. NTP 331: Fiabilidad: la distribución de Weibull



NTP 331. Fiabilidad: la distribución de Weibull

Fiabilité: la distribution de Weibull
Reliability: the Weibull distribution

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

José M^o Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Objetivo

El objetivo de la presente NTP es exponer un tipo de distribución estadística aplicable al estudio de la fiabilidad en problemas relativos a la fatiga y vida de componentes y materiales. La distribución de Weibull, que recibe su nombre del investigador sueco que la desarrolló, se caracteriza por considerar la tasa de fallos variable, siendo utilizada por su gran flexibilidad, al poder ajustarse a una gran variedad de funciones de fiabilidad de dispositivos o sistemas.

Introducción

La prevención de pérdidas o seguridad industrial aplicada con rigor científico está basada, en gran parte, en la aplicación de los métodos probabilísticos a los problemas de fallos en los procesos industriales. Todo ello se ha llevado a cabo a través de una disciplina denominada **ingeniería de fiabilidad**, para la cual se disponen de las adecuadas técnicas de predicción, que han sido fundamentales para el aseguramiento de la calidad de productos y procesos. (Para recordar los conceptos básicos sobre fiabilidad se remite al lector a la NTP 316- Fiabilidad de componentes- la distribución exponencial).

La distribución de Weibull complementa a la distribución exponencial y a la normal, que son casos particulares de aquella, como veremos. A causa de su mayor complejidad sólo se usa cuando se sabe de antemano que una de ellas es la que mejor describe la distribución de fallos o cuando se han producido muchos fallos (al menos 10) y los tiempos correspondientes no se ajustan a una distribución más simple. En general es de gran aplicación en el campo de la mecánica.

Aunque existen dos tipos de soluciones analíticas de la distribución de Weibull (método de los momentos y método de máxima verosimilitud), ninguno de los dos se suele aplicar por su complejidad. En su lugar se utiliza la resolución gráfica a base de determinar un parámetro de origen (t_0). Un papel especial para gráficos, llamado papel de Weibull, hace esto posible. El procedimiento gráfico, aunque exige varios pasos y una o dos iteraciones, es relativamente directo y requiere, a lo sumo, álgebra sencilla.

La distribución de Weibull nos permite estudiar cuál es la distribución de fallos de un componente clave de seguridad que pretendemos controlar y que a través de nuestro registro de fallos observamos que éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso. El método no determina cuáles son las variables que influyen en la tasa de fallos, tarea que quedará en manos del analista, pero al menos la distribución de Weibull facilitará la identificación de aquellos y su consideración, aparte de disponer de una herramienta de predicción de comportamientos. Esta metodología es útil para aquellas empresas que desarrollan programas de mantenimiento preventivo de sus instalaciones.

Características generales

Sabemos que la tasa de fallos se puede escribir, en función de la fiabilidad, de la siguiente forma:

$$\lambda(t) = - \frac{d[R(t)]}{dt R(t)}$$

ó $R(t) = \exp \left[- \int \lambda(t) dt \right]$

siendo:

$\lambda(t)$ - Tasa de fallos

$R(t)$ - Fiabilidad

$F(t)$ - Infiabilidad o Función acumulativa de fallos

t - Tiempo

En 1951 Weibull propuso que la expresión empírica más simple que podía representar una gran variedad de datos reales podía obtenerse escribiendo :

$$\int \lambda(t) dt = \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^\beta$$

por lo que la fiabilidad será:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

siendo :

t_0 - parámetro inicial de localización

η - parámetro de escala o vida característica

β - parámetro de forma

Se ha podido demostrar que gran cantidad de representaciones de fiabilidades reales pueden ser obtenidas a través de ésta ecuación, que como se mostrará, es de muy fácil aplicación.

La distribución de Weibull se representa normalmente por la función acumulativa de distribución de fallos F (t):

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (1)$$

siendo la función densidad de probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (2)$$

La tasa de fallos para esta distribución es:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (3)$$

Las ecuaciones (1), (2) y (3) sólo se aplican para valores de $(t - t_0) \geq 0$. Para valores de $(t - t_0) < 0$, las funciones de densidad y la tasa de fallos valen 0. Las constantes que aparecen en las expresiones anteriores tienen una interpretación física :

- t_0 es el parámetro de posición (unidad de tiempos) 0 vida mínima y define el punto de partida u origen de la distribución.
- η es el parámetro de escala, extensión de la distribución a lo largo, del eje de los tiempos. Cuando $(t - t_0) = \eta$ la fiabilidad viene dada por:
 $R(t) = \exp - (1)^\beta = 1/\exp 1^\beta = 1 / 2,718 = 0,368$ (36,8%)
 Entonces la constante representa también el tiempo, medido a partir de $t_0 = 0$, según lo cual dado que $F(t) = 1 - 0,368 = 0,632$, el 63,2 % de la población se espera que falle, cualquiera que sea el valor de β ya que como hemos visto su valor no influye en los cálculos realizados. Por esta razón también se le llama usualmente vida característica.
- β es el parámetro de forma y representa la pendiente de la recta describiendo el grado de variación de la tasa de fallos.

Las variaciones de la densidad de probabilidad, tasa de fallos y función acumulativa de fallos en función del tiempo para los distintos valores de β , están representados gráficamente en la Figura 1.

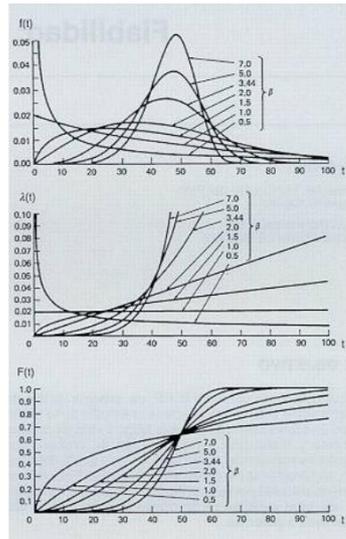


Fig. 1: Variación de la densidad de probabilidad $f(t)$, tasa de fallos $\lambda(t)$ y la función acumulativa de fallos $F(t)$ en función del tiempo para distintos valores del parámetro de forma β

Representación de los modos de fallo mediante la distribución de weibull

En el estudio de la distribución se pueden dar las siguientes combinaciones de los parámetros de Weibull con mecanismos de fallo particulares:

- a. $t_0 = 0$: el mecanismo no tiene una duración de fiabilidad intrínseca, y:
 - o si $\beta < 1$ la tasa de fallos disminuye con la edad sin llegar a cero, por lo que podemos suponer que nos encontramos en la juventud del componente con un margen de seguridad bajo, dando lugar a fallos por tensión de rotura.
 - o si $\beta = 1$ la tasa de fallo se mantiene constante siempre lo que nos indica una característica de fallos aleatoria o pseudo-aleatoria. En este caso nos encontramos que la distribución de Weibull es igual a la exponencial.
 - o si $\beta > 1$ la tasa de fallo se incrementa con la edad de forma continua lo que indica que los desgastes empiezan en el momento en que el mecanismo se pone en servicio.
 - o si $\beta = 3,44$ se cumple que la media es igual a la mediana y la distribución de Weibull es sensiblemente igual a la normal.
- b. $t_0 > 0$: El mecanismo es intrínsecamente fiable desde el momento en que fue puesto en servicio hasta que $t = t_0$, y además:
 - o si $\beta < 1$ hay fatiga u otro tipo de desgaste en el que la tasa de fallo disminuye con el tiempo después de un súbito incremento hasta t_0 ; valores de β bajos ($\sim 0,5$) pueden asociarse con ciclos de fatigas bajos y los valores de β más elevados ($\sim 0,8$) con ciclos más altos.
 - o si $\beta > 1$ hay una erosión o desgaste similar en la que la constante de duración de carga disminuye continuamente con el incremento de la carga.
- c. $t_0 < 0$. Indica que el mecanismo fue utilizado o tuvo fallos antes de iniciar la toma de datos, de otro modo
 - o si $\beta < 1$ podría tratarse de un fallo de juventud antes de su puesta en servicio, como resultado de un margen de seguridad bajo.
 - o si $\beta > 1$ se trata de un desgaste por una disminución constante de la resistencia iniciado antes de su puesta en servicio, por ejemplo debido a una vida propia limitada que ha finalizado o era inadecuada.

Análisis de Weibull

Uno de los problemas fundamentales de la distribución de Weibull es la evaluación de los parámetros (t_0 , β) de esta distribución. Para ello se dispone de dos métodos: a través únicamente del cálculo mediante el método de los momentos o el de máxima verosimilitud, en el que intervienen ecuaciones diferenciales difíciles de resolver, por lo que se utilizan poco, y mediante la resolución gráfica, que utiliza un papel a escala funcional llamado papel de Weibull o gráfico de Allen Plait que es el que vamos a desarrollar.

Resolución gráfica

El papel de Weibull (fig. 2 y 3) está graduado a escala funcional de la siguiente forma:

En el eje de ordenadas se tiene: $\ln [1 / 1 - F(t)]$ (Doble logaritmo neperiano)

En el eje de abscisas, tenemos: $\ln(t - t_0)$

Existen tres casos posibles en función del valor de t_0

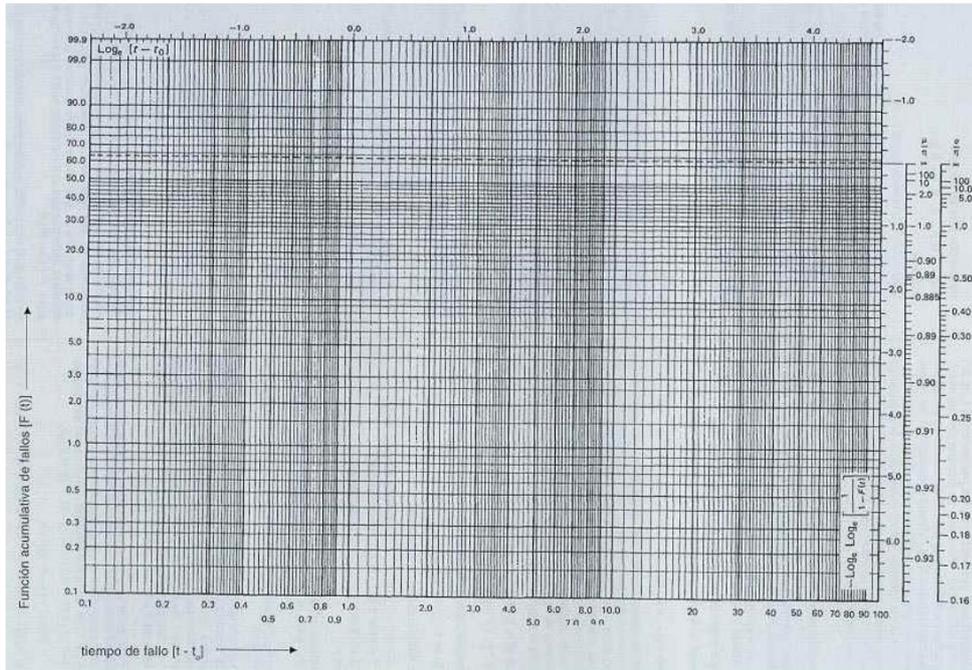


Fig. 2: Muestra del papel de Weibull

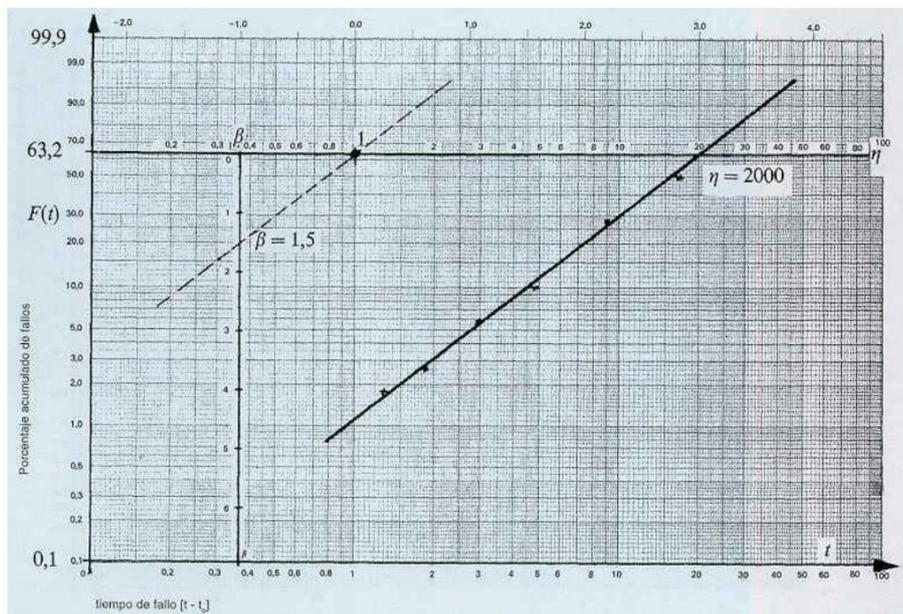


Fig. 3: Lectura de los parámetros h y β en el papel de Weibull

Caso de $t_0 = 0$

Demostramos que cualquier grupo de datos que sigan la distribución de Weibull se pueden representar por una línea recta en el papel de Weibull. Partimos de la hipótesis de que el origen es perfectamente conocido y que coincide con los datos experimentales. Desde el punto de vista matemático partimos de la fórmula que nos relaciona la fiabilidad con la in fiabilidad y teniendo en cuenta la expresión (1):

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp - (t / \eta)^\beta$$

$$1 / [1 - F(t)] = \exp (t / \eta)^\beta$$

Tomando logaritmos neperianos por dos veces:

$$\ln \ln 1 / [1 - F(t)] = \beta \ln t - \beta \ln \eta$$

Si a esta igualdad le aplicamos

$$X = \ln t \text{ (variable función de } t)$$

$$Y = \ln \ln 1 / [1 - F(t)] \text{ (función de } t)$$

$$B = - \beta \ln \eta \text{ (constante)}$$

$$A = \beta \text{ (coeficiente director)}$$

de donde tenemos:

$$Y = AX + B \text{ (ecuación de una recta) (4)}$$

Para determinar los parámetros β y η se utiliza el papel de Weibull.

- Cálculo de β: β es el parámetro de forma y representa la pendiente de la recta. Para calcularlo, se hace pasar una recta paralela a la recta obtenida con la representación gráfica de los datos de partida por el punto 1 de abscisas y 63,2 de ordenadas pudiendo leer directamente el valor de β en una escala tabulada de 0 a 7. Ver gráfico en fig. 3.
- Cálculo de η: η es el parámetro de escala y su valor viene dado por la intersección de la recta trazada con la línea paralela al eje de abscisas correspondiente al 63,2 % de fallos acumulados. En efecto se demuestra que para la ordenada $t_0 = 0$, $F(t) = 63,2$.

$$Y = \ln \ln 1 / [1 - F(t)] = 0$$

$$\ln 1 / [1 - F(t)] = 1; 1 / [1 - F(t)] = e; 1 - F(t) = 1/e;$$

$$F(t) = 1 - [1/e] = 1 - [1/2,7183] = 1 - 0,3679 = 0,6321 \text{ (63,21 \%)}$$

de donde para $t_0 = 0$ tendremos que $AX + B = 0$; como según hemos visto anteriormente:

$$A = \beta \quad B = - \beta \ln \eta$$

tendremos que se cumple:

$$\beta X - \beta \ln \eta = 0; \beta X = \beta \ln \eta;$$

$$X = \ln \eta$$

Como $X = \ln t$, tenemos que $t = \eta$.

η es el valor leído directamente en el gráfico de Allen Plait para la ordenada 63,2, ya que la escala de abscisas está como ya se ha indicado en $\ln t$.

- Tiempo medio entre fallos (MTBF) o media: el tiempo medio entre fallos o vida media se calcula con la ayuda de la tabla 1, que nos da los valores de gamma y vale:

$$E(t) = \text{MTBF} = \eta \gamma (1 + 1 / \beta)$$

- Desviación estándar o varianza σ: se calcula también con la ayuda de la tabla 1 y vale:

$$(\sigma / \eta)^2 = \gamma (1 + 2 / \beta) - [\gamma (1 + 1 / \beta)]^2$$

Tabla 1: Fiabilidad

LEY DE WEIBULL:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right]$$

$$MTBF = m = E(t) = \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\sigma^2 = \eta^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]$$

β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η	β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η
0	∞	∞	2,0	0,8862	0,463
0,1	101	$\sqrt{201 - (101)^2}$	2,1	0,8857	0,44
0,2	120	1901	2,2	0,8856	0,42
0,3	9,2605	47	2,3	0,8859	0,41
0,4	3,3234	10,43	2,4	0,8865	0,39
0,5	2,0000	4,472	2,5	0,8873	0,38
0,6	1,5046	2,645	2,6	0,8882	0,37
0,7	1,2658	1,851	2,7	0,8893	0,36
0,8	1,1330	1,428	2,8	0,8905	0,34
0,9	1,0522	1,171	2,9	0,8917	0,33
1,0	1,0000	1,000	3,0	0,8938	0,32
1,1	0,9549	0,878	3,1	0,8943	0,315
1,2	0,9407	0,785	3,2	0,8957	0,31
1,3	0,9235	0,716	3,3	0,8970	0,30
1,4	0,9114	0,659	3,4	0,8984	0,29
1,5	0,9028	0,613	3,5	0,8996	0,28
1,6	0,8966	0,594	3,6	0,9011	0,27
1,7	0,8922	0,530	3,8	0,9038	0,26
1,8	0,8893	0,512	4,0	0,9064	0,25
1,9	0,8874	0,488			

Ejemplo

La información disponible acerca de la duración de 10 sistemas mecánicos de detectores de presencia sometidos a funcionamiento continuo hasta que se produce un fallo, da los siguientes resultados, expresados por su duración en meses y ordenados : 1,7; 3,5 ; 5; 6; 8; 11; 13; 18 y 22.

Calcular las probabilidades acumuladas o valores medios clasificados, los parámetros de Weibull, tipo de fallo, la fiabilidad de forma general, fiabilidad para 12 meses, la duración media de vida y la desviación tipo.

Solución

Con la ayuda de la tabla 2, que nos da directamente los valores medios clasificados de los fallos o probabilidades acumuladas según el tamaño de la muestra que en este caso es n = 10, tendremos:

Tiempo de fallo	Valores medios clasificados [F (t)]
1,7	0,0670
3,5	0,0163
5	0,2594
6	0,3557
8	0,4519
9	0,5481
11	0,6443
13	0,7406
18	0,8368
22	0,9330

Tabla 2: Valores medios clasificados de fallos en función del tamaño de la muestra (columnas) y del número medio de fallos acumulados (filas)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0,5000	0,2929	0,2063	0,1591	0,1294	0,1091	0,0943	0,0830	0,0741	0,0670	0,0611	0,0561	0,519	0,0483	0,0452	1
2		0,7071	0,5000	0,3884	0,3147	0,2655	0,2295	0,2021	0,1806	0,1632	0,1489	0,1368	0,1266	0,1178	0,1101	2
3			0,7937	0,6136	0,5000	0,4218	0,3648	0,3313	0,2871	0,2594	0,2366	0,2175	0,2013	0,1873	0,1751	3
4				0,8409	0,6853	0,5782	0,5000	0,4404	0,3935	0,3557	0,3244	0,2982	0,2760	0,2568	0,2401	4
5					0,8706	0,7345	0,6352	0,5596	0,5000	0,4519	0,4122	0,3789	0,3506	0,3263	0,3051	5
6						0,8909	0,7705	0,6787	0,6065	0,5481	0,5000	0,4596	0,4253	0,3958	0,3700	6
7							0,9057	0,7979	0,7129	0,6443	0,5878	0,5404	0,5000	0,4653	0,4359	7
8								0,9170	0,8194	0,7406	0,6756	0,6211	0,5747	0,5347	0,5000	8
9									0,9259	0,8368	0,7634	0,7018	0,6494	0,6042	0,5650	9
10										0,9330	0,8511	0,7825	0,7240	0,6737	0,6300	10
11											0,9389	0,8632	0,7987	0,7432	0,6949	11
12												0,9439	0,8743	0,8127	0,7599	12
13													0,9481	0,8822	0,8249	13
14														0,9517	0,8999	14
15															0,9548	15

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	0,0424	0,0400	0,0378	0,0358	0,0341	0,0330	0,0315	0,0301	0,0288	0,0277	0,0266	0,0256	0,0247	0,0239	0,0231	1
2	0,1034	0,09775	0,0922	0,0874	0,0831	0,0797	0,0761	0,0728	0,0698	0,0670	0,0645	0,0621	0,0599	0,0579	0,0559	2
3	0,1644	0,1550	0,1465	0,1390	0,1322	0,1264	0,1207	0,1155	0,1108	0,1064	0,1023	0,0986	0,0951	0,0919	0,0888	3
4	0,2254	0,2125	0,2009	0,1905	0,1812	0,1731	0,1653	0,1582	0,1517	0,1457	0,1402	0,1351	0,1303	0,1259	0,1217	4
5	0,2865	0,2700	0,2553	0,2421	0,2302	0,2198	0,2099	0,2009	0,1927	0,1851	0,1781	0,1716	0,1655	0,1599	0,1546	5
6	0,3475	0,3275	0,3097	0,2937	0,2793	0,2665	0,2545	0,2437	0,2337	0,2245	0,2159	0,2081	0,2007	0,1939	0,1875	6
7	0,4085	0,3850	0,3641	0,3453	0,3283	0,3132	0,2997	0,2864	0,2746	0,2638	0,2538	0,2445	0,2359	0,2279	0,2204	7
8	0,4695	0,4425	0,4184	0,3968	0,3774	0,3599	0,3438	0,3291	0,3156	0,3032	0,2917	0,2810	0,2711	0,2619	0,2533	8
9	0,5305	0,5000	0,4728	0,4484	0,4264	0,4066	0,3884	0,3718	0,3566	0,3425	0,3295	0,3175	0,3063	0,2959	0,2862	9
10	0,5915	0,5575	0,5272	0,5000	0,4755	0,4533	0,4330	0,4145	0,3975	0,3819	0,3674	0,3540	0,3415	0,3299	0,3191	10
11	0,6525	0,6150	0,5816	0,5516	0,5245	0,5000	0,4776	0,4572	0,4385	0,4212	0,4053	0,3905	0,3767	0,3639	0,3519	11
12	0,7135	0,6725	0,6359	0,6032	0,5736	0,5466	0,5223	0,5000	0,4795	0,4606	0,4431	0,4270	0,4119	0,3979	0,3848	12
13	0,7746	0,7300	0,6903	0,6547	0,6226	0,5933	0,5669	0,5427	0,5204	0,5000	0,4810	0,4635	0,4471	0,4319	0,4177	13
14	0,8356	0,7875	0,7447	0,7063	0,6717	0,6400	0,6115	0,5854	0,5614	0,5393	0,5189	0,5000	0,4823	0,4659	0,4506	14
15	0,8966	0,8450	0,7991	0,7579	0,7207	0,6867	0,6551	0,6261	0,6004	0,5767	0,5548	0,5344	0,5156	0,5000	0,4833	15
16	0,9576	0,9025	0,8535	0,8095	0,7698	0,7334	0,7007	0,6708	0,6433	0,6180	0,5946	0,5729	0,5528	0,5340	0,5164	16
17		0,9600	0,9078	0,8610	0,8188	0,7801	0,7454	0,7135	0,6843	0,6574	0,6325	0,6094	0,5880	0,5680	0,5493	17
18			0,9622	0,9126	0,8678	0,8268	0,7900	0,7562	0,7253	0,6967	0,6704	0,6459	0,6232	0,6020	0,5822	18
19				0,9642	0,9160	0,8735	0,8346	0,7990	0,7662	0,7361	0,7082	0,6824	0,6584	0,6360	0,6151	19
20					0,9659	0,9202	0,8792	0,8417	0,8072	0,7754	0,7461	0,7189	0,6936	0,6700	0,6480	20
21						0,9669	0,9238	0,8844	0,8482	0,8148	0,7840	0,7554	0,7288	0,7040	0,6808	21
22							0,9684	0,9271	0,8911	0,8542	0,8218	0,7918	0,7640	0,7380	0,7137	22
23								0,9698	0,9301	0,8935	0,8597	0,8283	0,7992	0,7720	0,7466	23
24									0,9711	0,9329	0,8976	0,8648	0,8344	0,8060	0,7795	24
25										0,9722	0,9354	0,9013	0,8696	0,8400	0,8124	25
26											0,9733	0,9378	0,9048	0,8740	0,8453	26
27												0,9743	0,9400	0,9080	0,8782	27
28													0,9752	0,9420	0,9111	28
29														0,9760	0,9440	29
30															0,9768	30

La representación de estos puntos en el gráfico de Weibull nos da prácticamente una recta (fig. 4). La pendiente de esta recta es 1,5 valor que corresponde al parámetro β ; por otro lado se puede ver gráficamente que n es igual a 12, que es el valor de la abscisa en el punto donde la recta trazada con los datos corta a la horizontal para $F(t) = 63,2$.

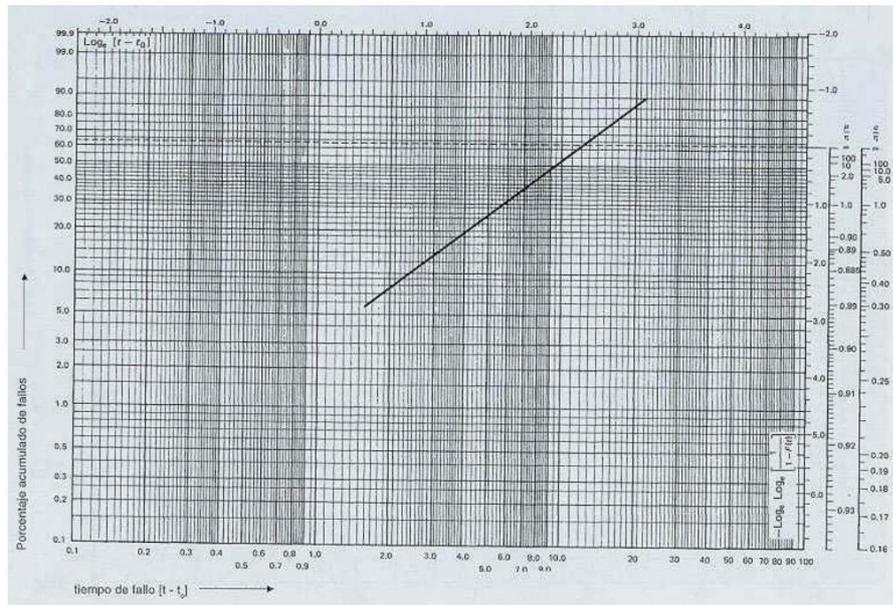


Fig. 4: Resolución gráfica del ejemplo

El valor de β nos indica que los tipos de fallo son debidos al desgaste. La fiabilidad será:

$$R(t) = \exp - (t/12)^{1,5}$$

La fiabilidad para 12 meses será:

$$R(12) = \exp - (12/12)^{1,5} = \exp - 1 = 0,3679 \text{ (36,79\%)}$$

Gráficamente vemos que para $t = 12$ la probabilidad acumulada de fallos $F(t) = 63,2$ por lo que $R(12) = 1 - F(12) = 1 - 0,632 = 0,368$ (36,8 %) valor sensiblemente igual al calculado.

La duración de vida media será :

$$E(t) = \text{MTBF} = \eta \sqrt{1 + 1/\beta}$$

$$\text{MTBF} = 12 \sqrt{1 + 1/1,5} = 12,09028 = 10,83 \text{ meses}$$

La desviación tipo será :

$$\sigma^2 = \eta^2 [\sqrt{1 + 2/\beta} - \sqrt{1 + 1/\beta}]^2$$

para $\beta = 1,5$ y según las tablas nos da el valor de $\sigma/\eta = 0,613$ que como $\eta = 12$ tenemos que: $\sigma = 12 \cdot 0,613 = 7,356$ meses.

Caso de $t_0 > 0$

Para este caso los datos no se alinean adoptando la forma indicada en el gráfico de la fig. 5. Los datos tienen forma de curva que admite una asíntota vertical; la intersección de la asíntota con la abscisa nos permite obtener una primera estimación de t_0 . En efecto, tenemos que:

$$F(t) = 0 = 1 - \exp - \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta$$

$$\text{de donde } 1 = \exp - \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta$$

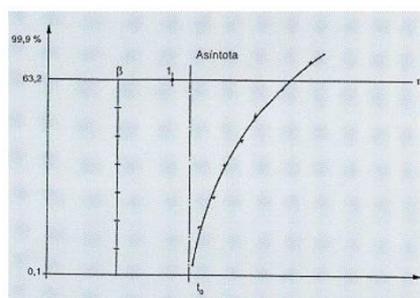


Fig. 5: Representación gráfica para el caso de $t_0 > 0$

sacando logaritmos neperianos:

$$\ln 1 = 0 = - \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta$$

y elevando a $1/\beta$ tendremos:

$$\left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta = 0^{1/\beta} = 0, \quad t - t_0 = 0, \quad t = t_0$$

de donde se obtiene la evaluación de t_0 . Cuando se ha evaluado t_0 , se lleva a cabo la corrección:

$$t' = t - t_0$$

t' = nuevo tiempo

t = antigua estimación

A continuación se trasladan los nuevos valores, debiéndose obtener algo parecido a una recta; si no es así, se comenzará de nuevo la operación y esto hasta un máximo de tres veces; si se sigue sin obtener una recta, podemos deducir que no se aplica la ley de Weibull o que podemos tener leyes de Weibull con diferentes orígenes, o mezclas.

Caso de $t_0 < 0$

En este caso, se obtiene una curva que admite una asíntota inclinada u horizontal. Una manera de calcular t_0 es mediante ensayos sucesivos, hasta que se pueda dibujar la curva.

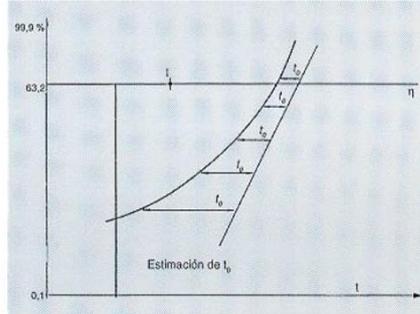


Fig. 6: Representación gráfica para el caso de $t_0 > 0$

Otro método de cálculo cuando $t_0 \neq 0$

Dada la complejidad que representa lo descrito con anterioridad existen otras formas más sencillas de calcular t_0 mediante la estimación.

Método de estimación o de los rangos medianos (Fig. 7): el método se inicia, una vez dibujada la curva, seleccionando un punto arbitrario Y_2 aproximadamente en la mitad de la curva, y otros dos puntos Y_1 e Y_3 equidistantes del primero una distancia d según el eje de las Y.

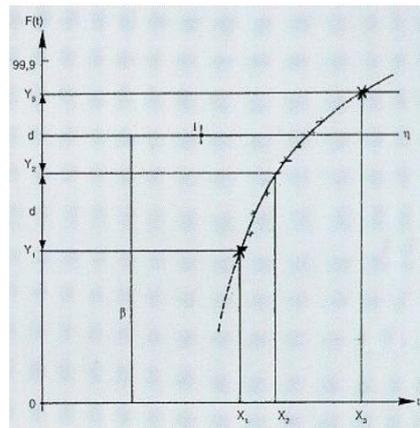


Fig. 7: Cálculo de t_0 por medio de transformaciones funcionales

Lógicamente se cumplirá la igualdad:

$$Y_2 - Y_1 = Y_3 - Y_2$$

De la ecuación anterior y si los tres puntos son colineales tendremos por otra parte:

$$X_2 - X_1 = X_3 - X_2$$

y como $X = \ln(t - t_0)$ tendremos:

$$\ln(t_2 - t_0) - \ln(t_1 - t_0) = \ln(t_3 - t_0) - \ln(t_2 - t_0)$$

$$(t_2 - t_0)^2 = (t_3 - t_0)(t_1 - t_0)$$

$$\text{de otra forma } t_0 = t_2 \frac{(t_3 - t_2) - (t_2 - t_1)}{(t_3 - t_2) - (t_2 - t_1)}$$

De esta forma el valor de t_0 puede ser calculado y los datos representados utilizando $(t - t_0)$ como variable. Si los datos siguen la distribución de Weibull los puntos deberán quedar alineados.

Como variante de lo anterior se puede proceder de la siguiente forma: asignar los puntos según el siguiente criterio:

$Y_{\text{máx}}$ es el valor máximo al cual se asocia $X_{\text{máx}}$.

$Y_{\text{mín}}$ es el valor mínimo al cual está asociado $Y_{\text{mín}}$.

Y_m es el punto medio (medido con una regla lineal) de $Y_{\text{máx}}$ e $Y_{\text{mín}}$

X_m es X medio asociado al Y_m obtenido.

De esta forma el valor de t_0 será :

$$t_0 = X_m \frac{(X_{\text{máx}} - X_m)(X_m - X_{\text{mín}})}{(X_{\text{máx}} - X_m) - (X_m - X_{\text{mín}})}$$

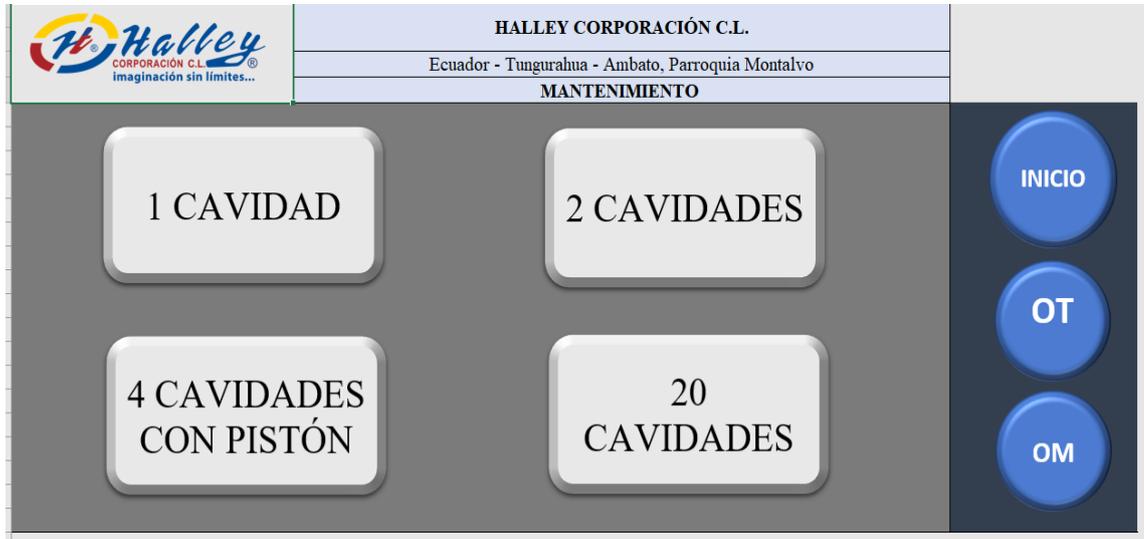
Bibliografía

- (1) BERTRAM L. AMSTADTER
Matemáticas de la fiabilidad - Fundamentos - Prácticas Procedimientos
Ed. Reverté, S.A. Barcelona (1976)
- (2) ANTONIO CREUS SOLE
Fiabilidad y Seguridad. Su aplicación en procesos industriales
Marcombo Boixareu Editores. Barcelona (1992)
- (3) J.MOTHES - J. TORRENS-IBERN
Estadística aplicada a la ingeniería
Ediciones Ariel. Espugues de Llobregat (1970)
- (4) PATRICK LYONNET
Los métodos de la calidad total
Ediciones Diaz de Santos, S.A. Madrid (1989)
- (5) A.D.S. CARTER
Mechanical Reliability
Macmillan Education Ltd. London (1986)

Anexo 3. Instructivo software de mantenimiento.



1.- Iniciamos abriendo la interfaz principal del software, en donde encontramos con los tipos de molde de 2 y 3 placas, aquí mismo indica dos opciones en color verde a las cuales podemos acceder a la orden de trabajo y de montaje y desmontaje, también se encuentra una opción la cual dirige a las gamas de mantenimiento.



2.- Ingresamos a los moldes de dos placas y podemos observar los tipos de moldes con varias cavidades, al lado derecho encontramos varios botones en donde cada uno indica a donde se direcciona.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				Características del molde		Condiciones de servicio	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				❖ Número de cavidades: 4		❖ Temperatura de trabajo: (0 - 180) °C	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				❖ Material del molde: ASTM A36		❖ Materia prima: Polimeros	
				❖ Peso total: 61 kg		❖ Tiempo de operación: 8 horas diarias	
				❖ Dimensiones: 45x38x24(cm)		❖ Número de operarios: 1	
				❖ Tipo refrigerante: Agua			
				❖ Número de placas: 3			
				Normas de seguridad			
				❖ Realizar una inspección previa de los moldes y de la máquina			
CODIGO				MNT-MOL-S002		Componentes Placa base fija Tornillo de amarre parte fija Anillo centrador Boquilla de alimentación Canales Circuito de refrigeración Porta molde fijo Porta molde móvil Racores Placa sufridera Sufrideras Placa Expulsadora Expulsadores Placa base móvil Placa cavidades Perno varilla o Bulón Casquillo guía de la placa flotante Tornillo de amarre parte móvil Casquillo de centraje Casquillo guía del molde Columnas guía del molde	
Molde de 1 cavidad CARACTERÍSTICAS GENERALES FRECUENCIA DE USO Mensual DIMENSIONES [cm] Altura: 44 Diámetro: 40 MATERIAL Acero ASTM 36 PESO (Kg) 67 PROCEDENCIA Ambato-Ecuador ESTADO Bueno							
COMPONENTES Placa fija Placa móvil Anillo centrador Columnas Cavidades macho y hembra Placa expulsora Expulsores Casquillos Función: Recibir y distribuir plástico fundido para ser moldeado, solidificado y luego expulsado del molde.							

3.- Al dar un click en la interfaz anterior en cualquiera de las opciones, este dirige a otra ventana donde podemos observar las especificaciones técnicas de cada molde, sus componentes, las condiciones de servicio y normas de seguridad, y finalmente en la parte de abajo tenemos tres botones que llevan al inicio, a generar la orden de trabajo OT, o a generar una orden de montaje o desmontaje.

		HALLEY CORPORACIÓN C.L. Ecuador - Tungurahua - Ambato. Parroquia Montalvo		Código:	MNT-OT-001
				Versión:	1.0
				Orden N°	OT-294
ÁREA DE MANTENIMIENTO					
ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO					
Tipo de Mantenimiento PREVENTIVO		Línea SEGURIDAD			
Nombre del molde Base de Almoadilla					
Código del molde: MNT-MOL-S012					
Asignado a: TNLGO. ISRAEL CHUQUITARCO AUXILIAR MECÁNICO					
Fecha de realización: 16/11/2023					
Actividades: Engrase de las columnas Engrase superficial del molde Limpieza de pistones Limpieza de los orificios de inyección Control del Bulón 0 0 0 0 0					
Descripción/Observación: 					
Verificado/Liberado: Fecha: 16/11/2023		***** TNLGO. MIGUEL CASTRO ***** JEFE DE PRODUCCIÓN			
Aprobado por: Fecha: 16/11/2023		***** TNLGO. NESTOR CASTRO ***** JEFE DE MANTENIMIENTO			

INICIO

DATOS

IMPRIMIR

4.- Después de haber revisado la información de los moldes podemos acceder a la orden de trabajo en donde indicará el formato que se generara al final de llenar todos los datos, para llegar acá podemos hacer click en cualquier botón que indique OT. Para poder llenar los datos debemos hacer click en el botón de la derecha que muestra, al estar completa la OT se puede imprimir dando click en el botón con dicho nombre.

	HALLEY CORPORACIÓN C.L. Ecuador - Tungurahua - Ambato, Parroquia Montalvo ÁREA DE MANTENIMIENTO		Código: MNT-OT-001 Versión: 1.0 Orden N°: OM-005	
	ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO			
	Tipo de Operación DESMONTAJE	Línea SEGURIDAD		
	Inyectora MNT-INY005			
Nombre del molde: Código del molde: Asignado a:	Base de Almoadilla MNT-MOL-S012 TNLGO. ISRAEL CHUQUITARCO AUXILIAR MECÁNICO			
Fecha de realización:	16/1/2023 Se abre el molde Se retira la grasa de la superficie Se cierra el molde Se retiran las mangueras de agua de los racores Se asegura el molde al montacargas Se traslada el montacargas a la bodega de moldes			
Actividades:	0 0 0 0 0 0 0			
Descripción/Observación: 				
Verificado/Liberado: Fecha:	16/1/2023 ***** TNLGO. MIGUEL CASTRO ***** JEFE DE PRODUCCIÓN			
Aprobado por: Fecha:	16/1/2023 ***** TNLGO. NESTOR CASTRO ***** JEFE DE MANTENIMIENTO			





5.- Podemos acceder también a la orden de montaje o desmontaje en donde indicara el formato que se generará al final de llenar todos los datos, para llegar acá podemos hacer click en cualquier botón que indique OM. Para poder llenar los datos debemos hacer click en el botón de la derecha que muestra, al estar completa la OM se puede imprimir dando click en el botón con dicho nombre.

	HALLEY CORPORACIÓN C.L. Ecuador - Tungurahua - Ambato, Parroquia Montalvo MANTENIMIENTO		
	Orden N°: OT-294	ACTIVIDAD	
Tipo de mantenimiento: PREVENTIVO	1	Engrase de las columnas	
Línea: SEGURIDAD	2	Engrase superficial del molde	
Nombre del molde: Base de Almoadilla	3	Limpieza de pistones	
Código del molde: MNT-MOL-S012	4	Limpieza de los orificios de inyección	
Tipo de molde: _2_PLACAS	5	Control del Bulón	
Responsable: TNLGO. ISRAEL CHUQUITARCO AUXILIAR MECÁNICO	6		
Fecha: 16/1/2023	7		
Liberación OT: TNLGO. MIGUEL CASTRO JEFE DE PRODUCCIÓN	8		
Aprobación: TNLGO. NESTOR CASTRO JEFE DE MANTENIMIENTO	9		
	10		
 			

6.- Al acceder a datos podemos observar puntos rojos en donde se encuentran comentarios que indican que debemos hacer en cada uno de estos iconos, en el lado derecho tenemos las actividades que se pueden realizar mismos que ya están cargados solo para poder seleccionar.

		HALLEY CORPORACIÓN C.L.	
		Ecuador - Tungurahua - Ambato, Parroquia Montalvo	
		MANTENIMIENTO	
Tipo de operación:	DESMONTAJE	PASOS PARA EL DESMONTAJE	
Orden N°:	OM-005	1	Se abre el molde
Línea:	ALUMINIO	2	Se retira la grasa de la superficie
Nombre del molde:	Escuadra para cortina de baño (grande y pequeña)	3	Se cierra el molde
Código del molde:	MNT-MOL-A027	4	Se retiran las mangueras de agua de los racores
Injectora:	MNT-INY005	5	Se asegura el molde al montacargas
Responsable:	TNLGO. ISRAEL CHUQUITARCÓ AUXILIAR MECÁNICO	6	Se traslada el montacargas a la bodega de moldes
Fecha:	16/1/2023	7	
Liberación OT:	TNLGO. MIGUEL CASTRO JEFE DE PRODUCCIÓN	8	
Aprobación:	TNLGO. NESTOR CASTRO JEFE DE MANTENIMIENTO	9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 2px solid blue; border-radius: 50%; width: 60px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; background-color: #e6f2ff;"> INICIO </div> <div style="border: 2px solid blue; border-radius: 50%; width: 60px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; background-color: #e6f2ff;"> ORDEN DE MON/DES </div> </div>	

7.- De igual manera al acceder a DATOS OM podemos observar puntos rojos en donde se encuentran comentarios que indican que debemos hacer en cada uno de estos iconos, y en el lado derecho tenemos los pasos que debemos realizar para un trabajo de montaje o desmontaje del molde, los mismos que se generan en la Orden de montaje o desmontaje.



8.- Si deseamos ver las gamas de mantenimiento damos click sobre el icono con este nombre y se dirige a otra ventana.



8.- En la ventana de gamas de mantenimiento podemos observar unos recuadros con todos los meses del año, al dar un click ahí, este direcciona a las gamas mensuales de mantenimiento en donde se indica todo lo que se debe realizar mensualmente.

Anexo 4. Planos

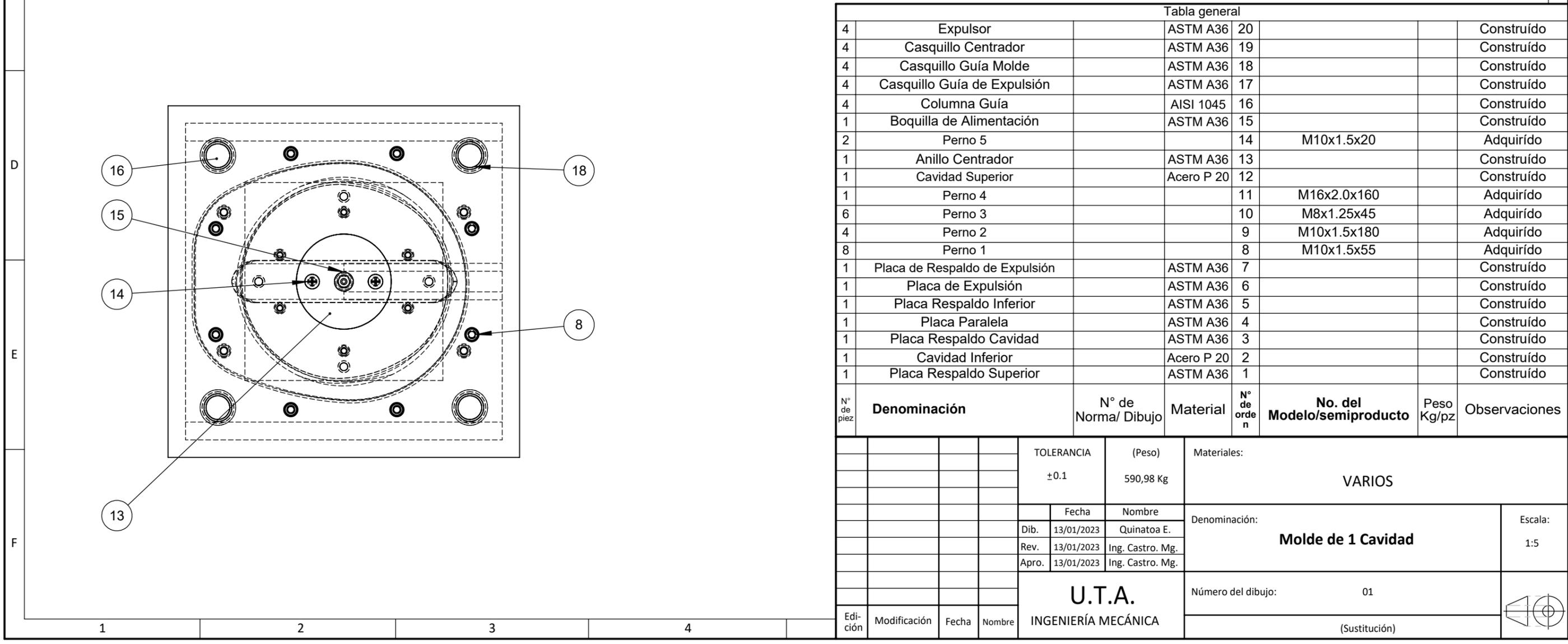
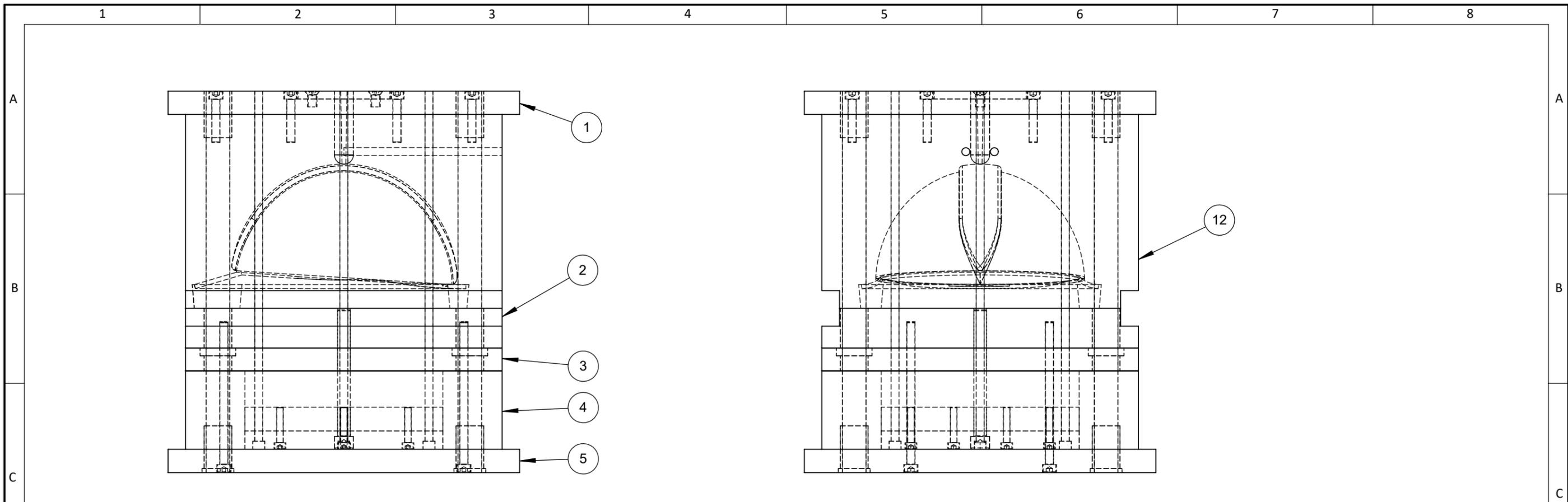


Tabla general							
N° de pieza	Denominación	N° de Norma/ Dibujo	Material	N° de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pz	Observaciones
4	Expulsor		ASTM A36	20			Construído
4	Casquillo Centrador		ASTM A36	19			Construído
4	Casquillo Guía Molde		ASTM A36	18			Construído
4	Casquillo Guía de Expulsión		ASTM A36	17			Construído
4	Columna Guía		AISI 1045	16			Construído
1	Boquilla de Alimentación		ASTM A36	15			Construído
2	Perno 5			14	M10x1.5x20		Adquirido
1	Anillo Centrador		ASTM A36	13			Construído
1	Cavidad Superior		Acero P 20	12			Construído
1	Perno 4			11	M16x2.0x160		Adquirido
6	Perno 3			10	M8x1.25x45		Adquirido
4	Perno 2			9	M10x1.5x180		Adquirido
8	Perno 1			8	M10x1.5x55		Adquirido
1	Placa de Respaldo de Expulsión		ASTM A36	7			Construído
1	Placa de Expulsión		ASTM A36	6			Construído
1	Placa Respaldo Inferior		ASTM A36	5			Construído
1	Placa Paralela		ASTM A36	4			Construído
1	Placa Respaldo Cavidad		ASTM A36	3			Construído
1	Cavidad Inferior		Acero P 20	2			Construído
1	Placa Respaldo Superior		ASTM A36	1			Construído
TOLERANCIA		(Peso)		Materiales:			
±0.1		590,98 Kg		VARIOS			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dib.	13/01/2023	Quinatoa E.		Molde de 1 Cavidad			1:5
Rev.	13/01/2023	Ing. Castro. Mg.					
Apro.	13/01/2023	Ing. Castro. Mg.					
U.T.A.				Número del dibujo:		01	
INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)			

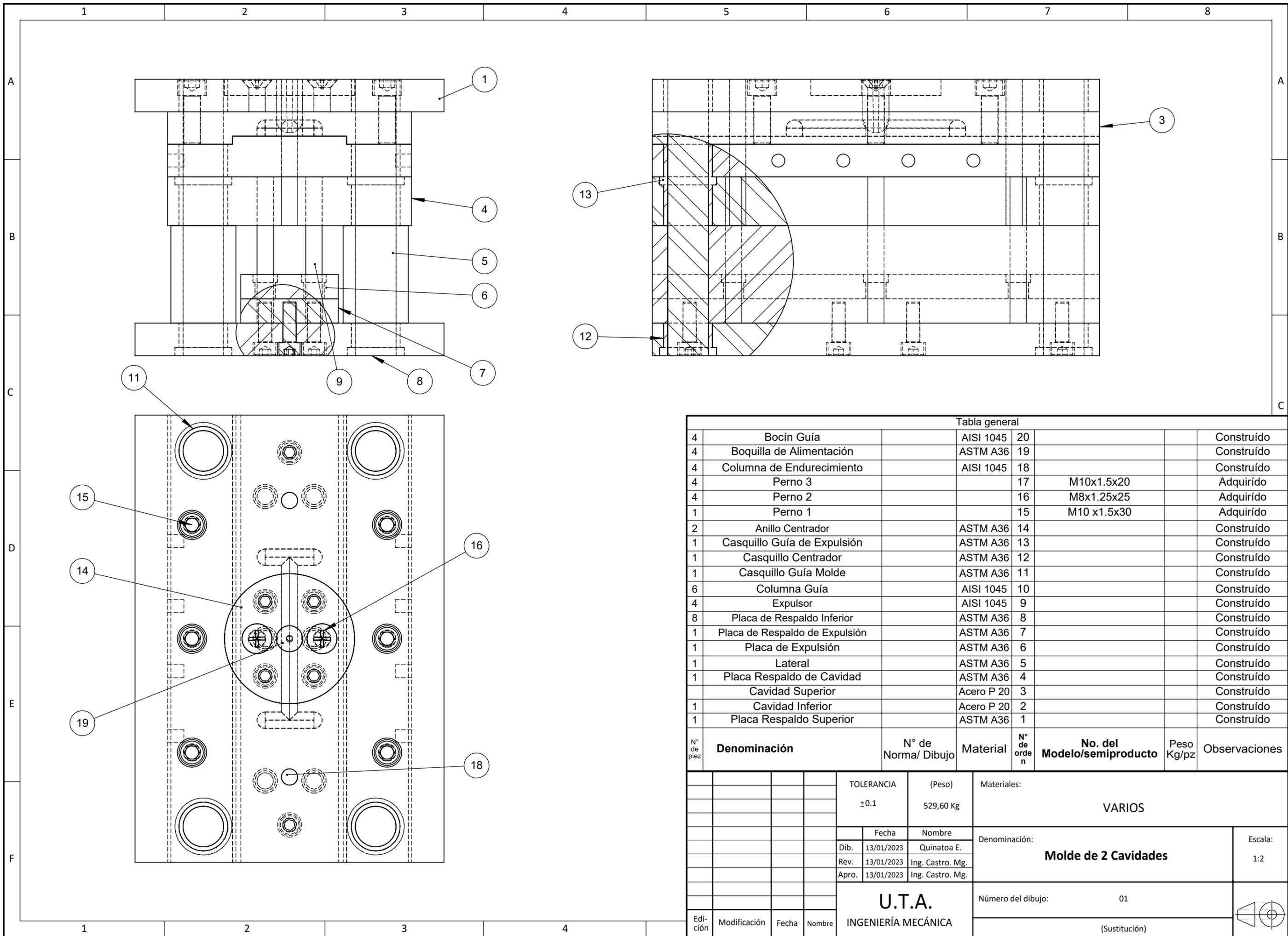
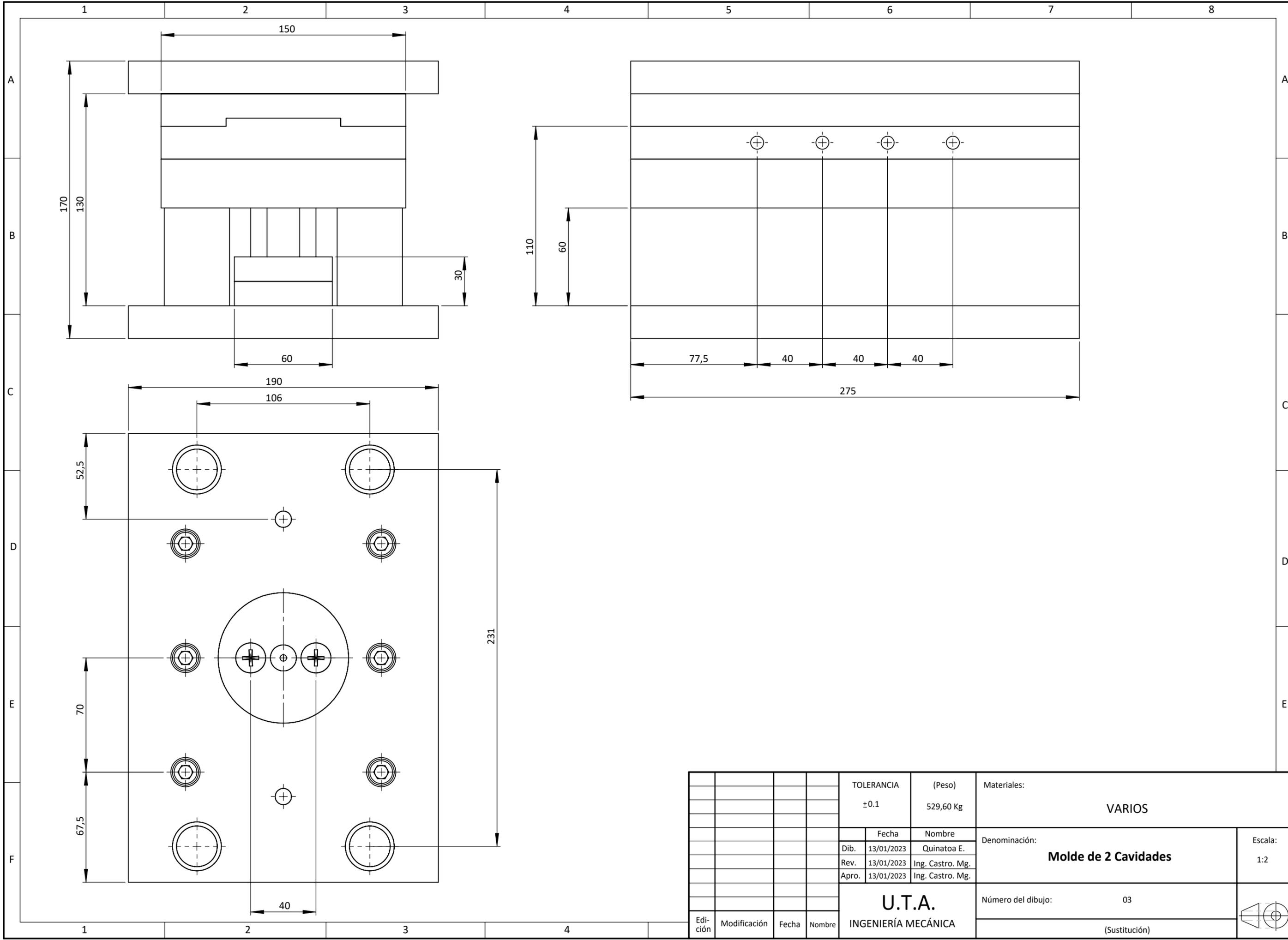
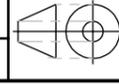
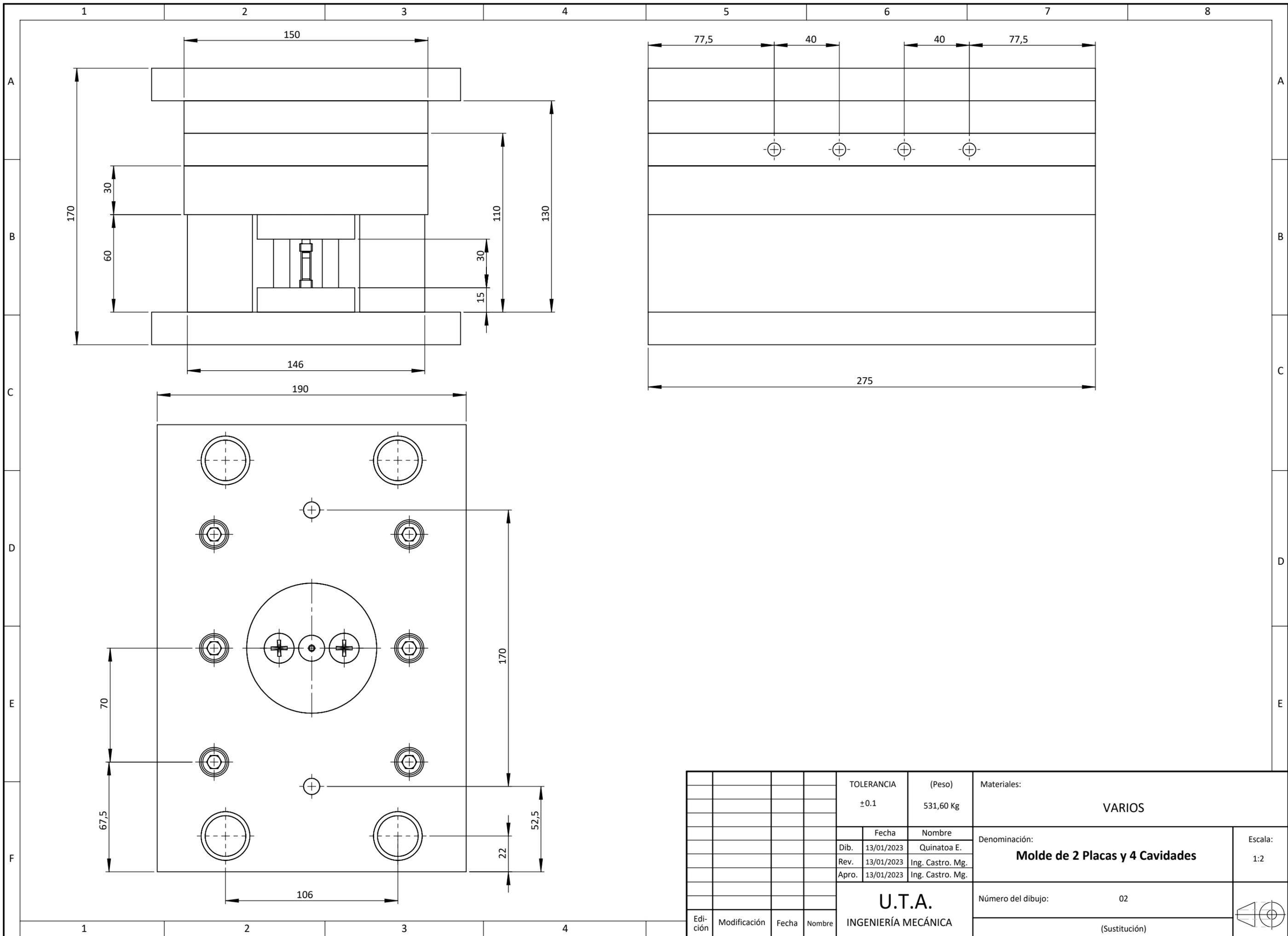


Tabla general							
4	Bocín Guía		AISI 1045	20		Construído	
4	Boquilla de Alimentación		ASTM A36	19		Construído	
4	Columna de Endurecimiento		AISI 1045	18		Construído	
4	Perno 3			17	M10x1.5x20	Adquirido	
4	Perno 2			16	M8x1.25x25	Adquirido	
1	Perno 1			15	M10 x1.5x30	Adquirido	
2	Anillo Centrador		ASTM A36	14		Construído	
1	Casquillo Guía de Expulsión		ASTM A36	13		Construído	
1	Casquillo Centrador		ASTM A36	12		Construído	
1	Casquillo Guía Molde		ASTM A36	11		Construído	
6	Columna Guía		AISI 1045	10		Construído	
4	Expulsor		AISI 1045	9		Construído	
8	Placa de Respaldo Inferior		ASTM A36	8		Construído	
1	Placa de Respaldo de Expulsión		ASTM A36	7		Construído	
1	Placa de Expulsión		ASTM A36	6		Construído	
1	Lateral		ASTM A36	5		Construído	
1	Placa Respaldo de Cavidad		ASTM A36	4		Construído	
	Cavidad Superior		Acero P 20	3		Construído	
1	Cavidad Inferior		Acero P 20	2		Construído	
1	Placa Respaldo Superior		ASTM A36	1		Construído	
Nº de pieza	Denominación	Nº de Norma/ Dibujo	Material	Nº de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pz	Observaciones
		TOLERANCIA	(Peso)	Materiales:			
		±0.1	529,60 Kg	VARIOS			
		Fecha	Nombre	Denominación:			Escala:
		Dib. 13/01/2023	Quinatoa E.	Moide de 2 Cavidades			1:2
		Rev. 13/01/2023	Ing. Castro. Mg.				
		Apro. 13/01/2023	Ing. Castro. Mg.				
		U.T.A.		Número del dibujo:	01		
		INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)			



				TOLERANCIA	(Peso)	Materiales:	
				±0.1	529,60 Kg	VARIOS	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dib.	13/01/2023	Quinatoa E.	Molde de 2 Cavidades
				Rev.	13/01/2023	Ing. Castro. Mg.	
				Apro.	13/01/2023	Ing. Castro. Mg.	
				U.T.A.		Número del dibujo:	03
				INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:2	





				TOLERANCIA	(Peso)	Materiales:	
				±0.1	531,60 Kg	VARIOS	
						Denominación:	
						Molde de 2 Placas y 4 Cavidades	
						Escala:	
						1:2	
						Número del dibujo:	
						02	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A.			
				INGENIERÍA MECÁNICA			

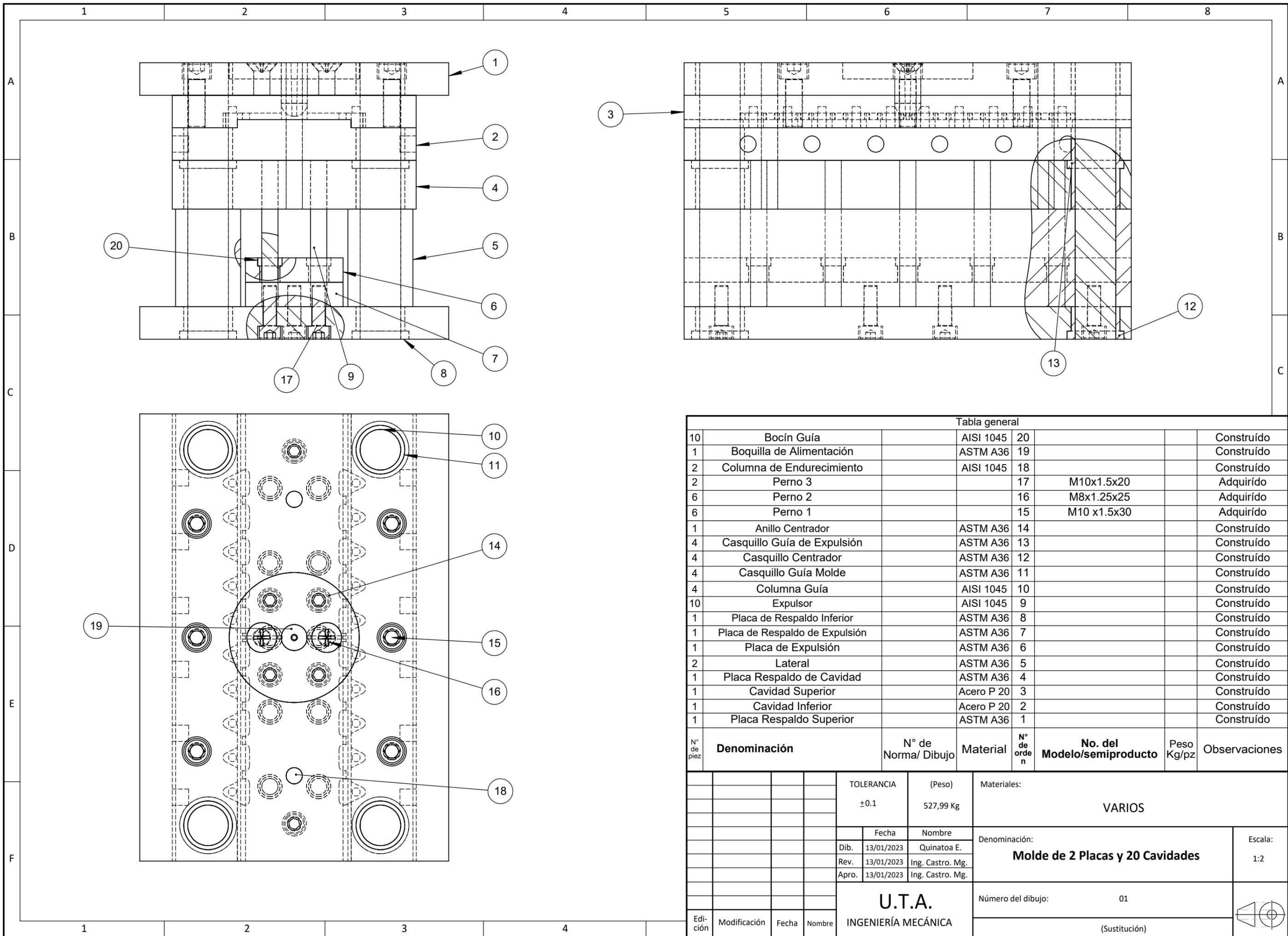
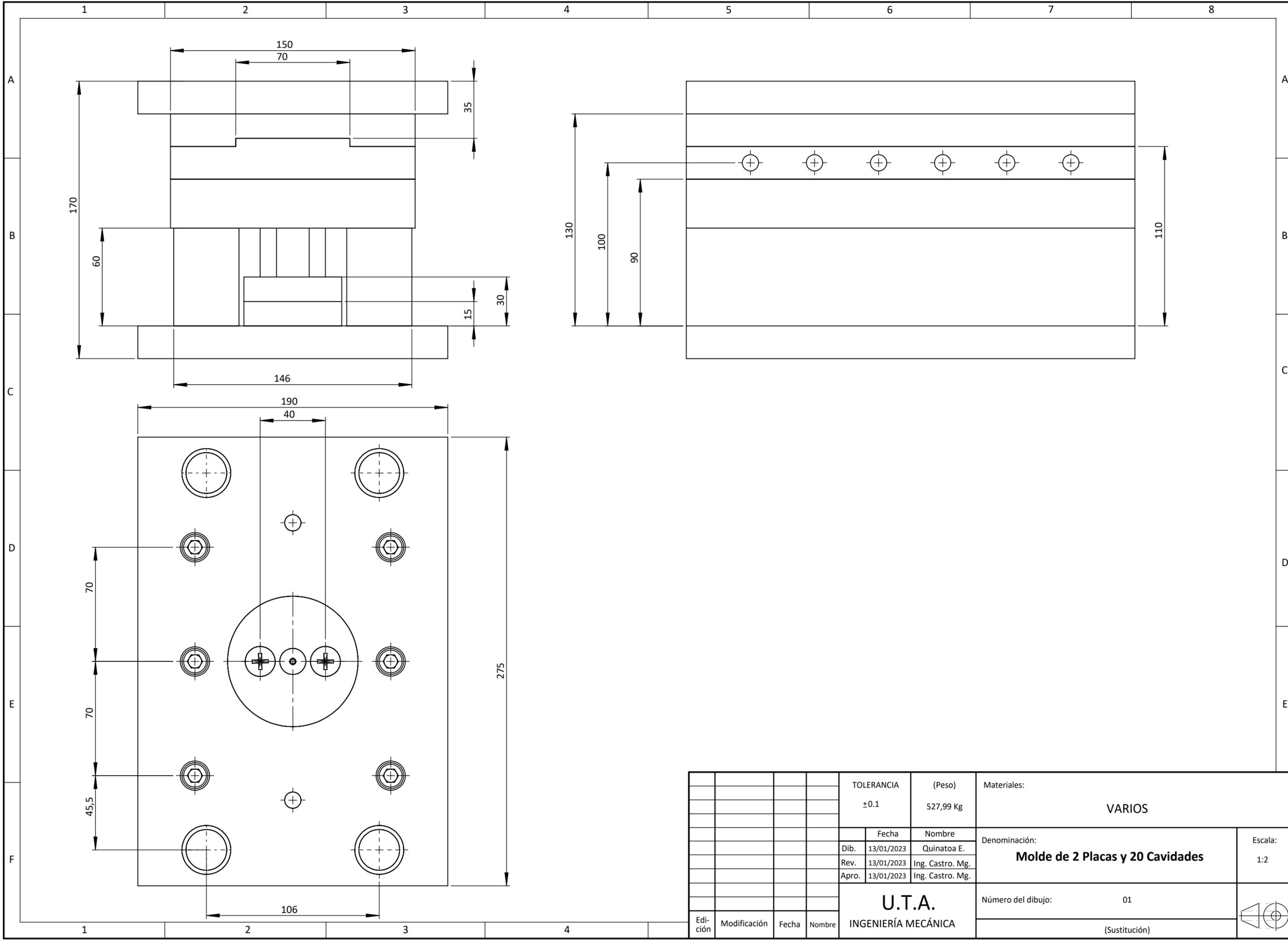


Tabla general								
Nº de pieza	Denominación	Nº de Norma/ Dibujo	Material	Nº de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pz	Observaciones	
10	Bocín Guía		AISI 1045	20			Construido	
1	Boquilla de Alimentación		ASTM A36	19			Construido	
2	Columna de Endurecimiento		AISI 1045	18			Construido	
2	Perno 3			17	M10x1.5x20		Adquirido	
6	Perno 2			16	M8x1.25x25		Adquirido	
6	Perno 1			15	M10 x1.5x30		Adquirido	
1	Anillo Centrador		ASTM A36	14			Construido	
4	Casquillo Guía de Expulsión		ASTM A36	13			Construido	
4	Casquillo Centrador		ASTM A36	12			Construido	
4	Casquillo Guía Molde		ASTM A36	11			Construido	
4	Columna Guía		AISI 1045	10			Construido	
10	Expulsor		AISI 1045	9			Construido	
1	Placa de Respaldo Inferior		ASTM A36	8			Construido	
1	Placa de Respaldo de Expulsión		ASTM A36	7			Construido	
1	Placa de Expulsión		ASTM A36	6			Construido	
2	Lateral		ASTM A36	5			Construido	
1	Placa Respaldo de Cavidad		ASTM A36	4			Construido	
1	Cavidad Superior		Acero P 20	3			Construido	
1	Cavidad Inferior		Acero P 20	2			Construido	
1	Placa Respaldo Superior		ASTM A36	1			Construido	
TOLERANCIA		(Peso)		Materiales:			Denominación: Molde de 2 Placas y 20 Cavidades	Escala: 1:2
±0.1		527,99 Kg		VARIOS				
Fecha		Nombre		Número del dibujo: 01 (Sustitución)				
Dib.	13/01/2023	Quinatoa E.						
Rev.	13/01/2023	Ing. Castro. Mg.		U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA				
Apro.	13/01/2023	Ing. Castro. Mg.						
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



				TOLERANCIA	(Peso)	Materiales:	
				±0.1	527,99 Kg	VARIOS	
						Denominación:	
						Molde de 2 Placas y 20 Cavidades	
						Escala:	
						1:2	
						Número del dibujo:	
						01	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A.			
				INGENIERÍA MECÁNICA			

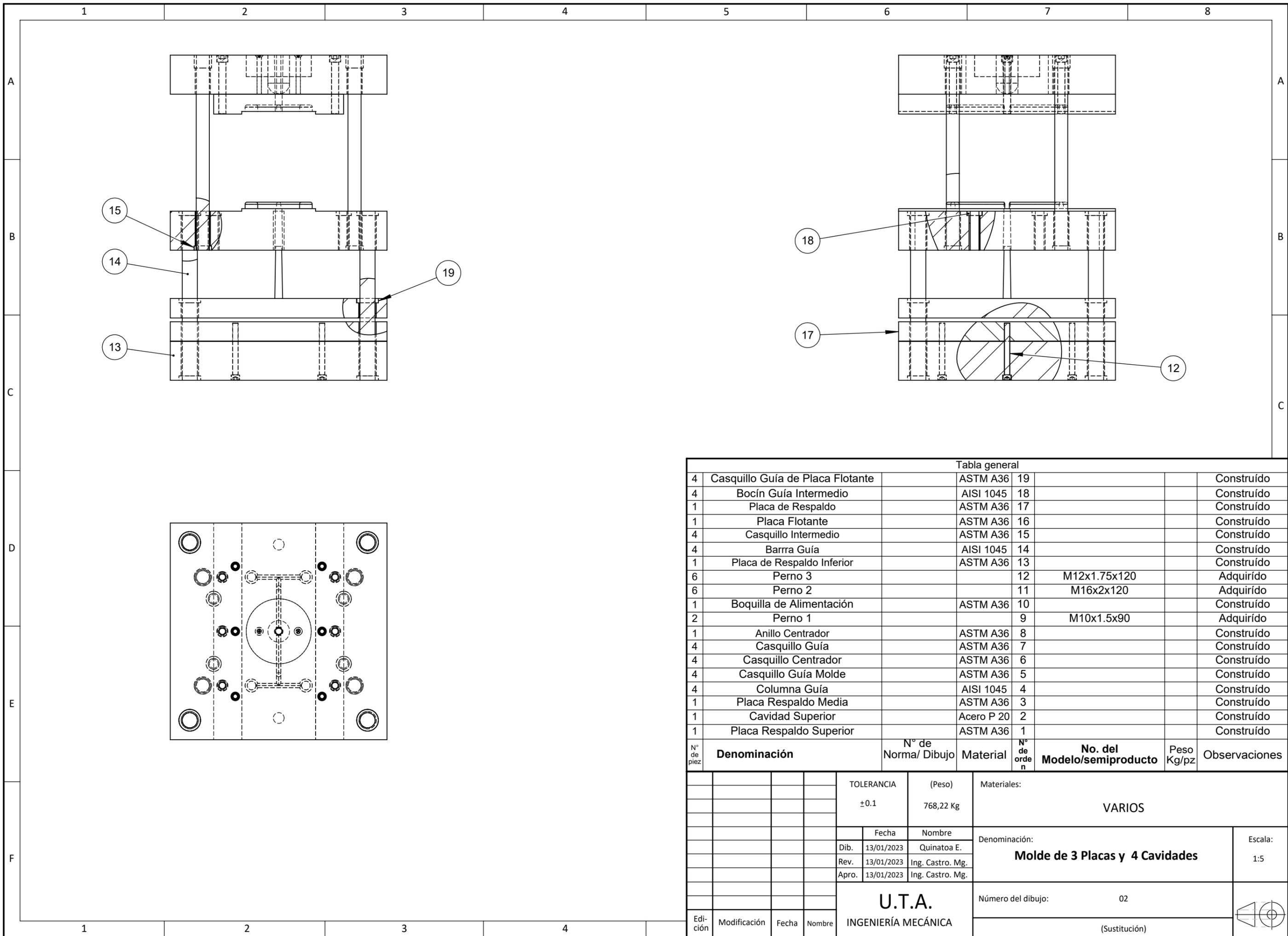
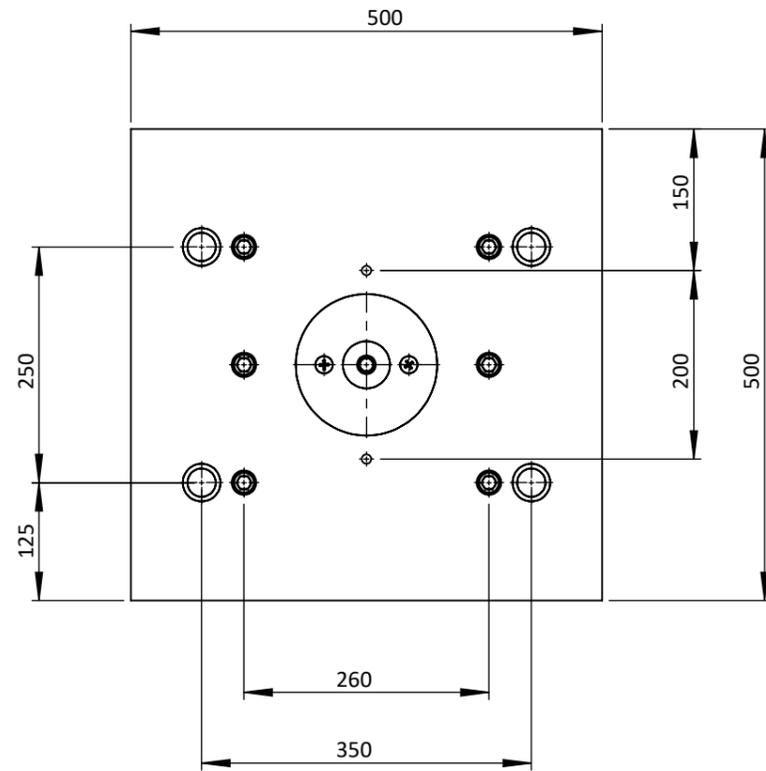
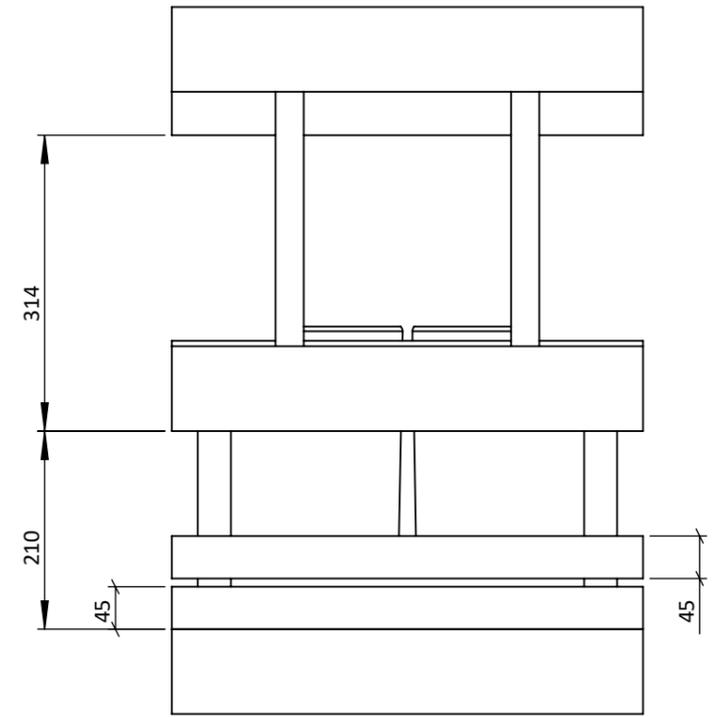
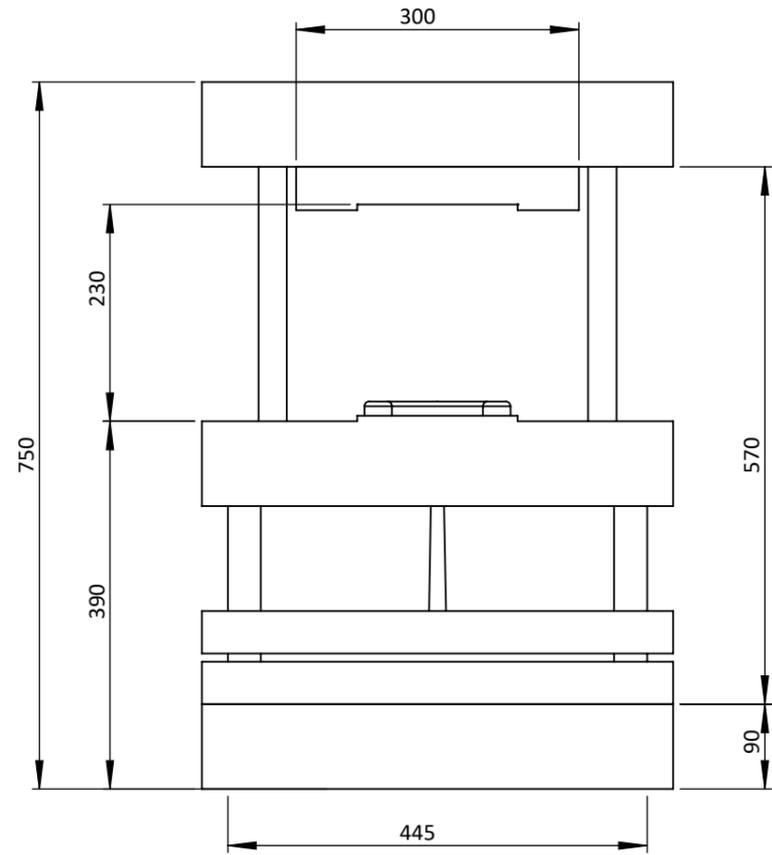


Tabla general							
4	Casquillo Guía de Placa Flotante		ASTM A36	19		Construído	
4	Bocín Guía Intermedio		AISI 1045	18		Construído	
1	Placa de Respaldo		ASTM A36	17		Construído	
1	Placa Flotante		ASTM A36	16		Construído	
4	Casquillo Intermedio		ASTM A36	15		Construído	
4	Barra Guía		AISI 1045	14		Construído	
1	Placa de Respaldo Inferior		ASTM A36	13		Construído	
6	Perno 3			12	M12x1.75x120	Adquirido	
6	Perno 2			11	M16x2x120	Adquirido	
1	Boquilla de Alimentación		ASTM A36	10		Construído	
2	Perno 1			9	M10x1.5x90	Adquirido	
1	Anillo Centrador		ASTM A36	8		Construído	
4	Casquillo Guía		ASTM A36	7		Construído	
4	Casquillo Centrador		ASTM A36	6		Construído	
4	Casquillo Guía Molde		ASTM A36	5		Construído	
4	Columna Guía		AISI 1045	4		Construído	
1	Placa Respaldo Media		ASTM A36	3		Construído	
1	Cavidad Superior		Acero P 20	2		Construído	
1	Placa Respaldo Superior		ASTM A36	1		Construído	
N° de pieza	Denominación	N° de Norma/ Dibujo	Material	N° de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pz	Observaciones
			TOLERANCIA	(Peso)	Materiales:		
			±0.1	768,22 Kg	VARIOS		
			Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
			Dib. 13/01/2023	Quinatoa E.	Molde de 3 Placas y 4 Cavidades		1:5
			Rev. 13/01/2023	Ing. Castro. Mg.			
			Apro. 13/01/2023	Ing. Castro. Mg.			
			U.T.A.		Número del dibujo:	02	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				TOLERANCIA	(Peso)	Materiales:	
				±0.1	768,22 Kg	VARIOS	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dib.	13/01/2023	Quinatoa E.	Molde de 3 Placas y 4 Cavidades
				Rev.	13/01/2023	Ing. Castro. Mg.	
				Apro.	13/01/2023	Ing. Castro. Mg.	
				U.T.A.		Número del dibujo:	03
				INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:5	

