



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

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y  
PREDICTIVO PARA EL ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA EN LA  
EMPRESA KIA MOTORS S.A.”**

---

**AUTOR:** Carlos Rubén Lozada López

**TUTOR:** Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

**AMBATO -ECUADOR**

**Septiembre - 2021**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA EL ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA EN LA EMPRESA KIA MOTORS S.A.”** realizado por el Sr. Carlos Rubén Lozada López, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804436960, 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, Septiembre 2021

.....  
**Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Carlos Rubén Lozada López, con C.I. 1804436960 declaro que el contenido desarrollado en el presente proyecto técnico con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA EL ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA EN LA EMPRESA KIA MOTORS S.A.”** 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, Septiembre 2021



.....  
**Carlos Rubén Lozada López**

**C.I. 180443696-0**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

Cedo los derechos de este Proyecto Técnico con 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 la realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Septiembre 2021



.....  
**Carlos Rubén Lozada López**

**C.I. 180443696-0**

**AUTOR**



## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el estudiante Carlos Rubén Lozada López de la Carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA EL ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA EN LA EMPRESA KIA MOTORS S.A.”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

.....  
**Ing. Mg. Alejandra Marlene Lascano Moreta**  
**Miembro Calificador**

.....  
**Ing. Mg. Víctor Rodrigo Espín Guerrero**  
**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación primeramente se lo dedico a Dios ya que es el quien siempre ha guiado mis pasos y me supo brindar la fuerza necesaria para seguir adelante tanto en mi vida personal como estudiantil.

A mis padres Guido y Bertha, quienes han sido mi mayor fortaleza para cumplir cada uno de mis sueños y metas ya que con su esfuerzo y dedicación han hecho de mi un excelente ser humano y son un pilar fundamental en mi vida personal y profesional.

A mi novia Samantha que me apoyó durante todo el transcurso de mi carrera universitaria con su amor, carisma y paciencia, supo mantenerme constante en la lucha para culminar mis objetivos en la vida.

A mi padrino Gonzalo que por medio de sus experiencias como profesional y sus concejos supo guiarme por el camino del bien, y así lograr culminar con éxito esta hermosa carrera.

A mis hermanos Jonathan y Joselyn que me ha brindado su cariño, consejos y apoyo para continuar con mi proyecto. A toda mi familia por su atención y oraciones que me han brindado para culminar y cumplir mis sueños y metas.

**Carlos Lozada**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a la Universidad Técnica de Ambato, de manera especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y por ende ser una persona útil a la sociedad.

A mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez, además por su apoyo y paciencia en esta etapa de mi vida personal y profesional.

Por último, quiero agradecer de manera especial a mi tutor el Ing. Mg. Christian Castro que con su guía y apoyo me ha encaminado al desarrollo de mi proyecto, para que hoy en día se vuelva realidad.

**Carlos Lozada**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Antecedentes investigativos .....	1
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General .....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Fundamentación teórica.....	4
1.4.1. Mantenimiento .....	4
1.4.2. Tipos de mantenimiento .....	6
1.4.3. Objetivos del mantenimiento .....	8
1.4.4. Planes de mantenimiento.....	8
1.4.5. Tipos de plan de mantenimiento .....	8
1.4.6. Inventario de equipos .....	10
1.4.7. Dossier – Máquina .....	11
1.4.8. Fichero histórico de la máquina .....	11
1.4.9. Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE) .....	12

1.4.10.	Criterios AMFE.....	14
1.4.11.	Distribución de Weibull .....	16
1.4.12.	Normativas legales:.....	25
1.4.13.	Cama de Enderezado.....	26
1.4.14.	Spotter .....	27
1.4.15.	Soldadora MIG.....	28
1.4.16.	Soldadora PAW (Plasma Arc Welding).....	30
1.4.17.	Cabina de Pintura .....	31
1.4.18.	Horno de Pintura .....	33
1.4.19.	Compresor .....	35
1.4.20.	Lámpara de Secado de Pintura.....	36
1.4.21.	Pistola de pintura.....	37
1.4.22.	Lijadora .....	39
CAPÍTULO II .....		40
METODOLOGÍA .....		40
2.1.	Materiales y Recursos.....	40
2.1.1.	Recursos Humanos.....	40
2.1.2.	Recursos Institucionales.....	40
2.1.3.	Recursos materiales.....	40
2.1.4.	Recursos económicos .....	40
2.2.	Métodos .....	41
CAPÍTULO III.....		45
DESARROLLO DEL PROYECTO .....		45
3.1.	Modelo operativo .....	45
3.1.1.	Diagnóstico de la situación actual.....	45
3.1.2.	Evaluación externa de la maquinaria: .....	45
3.1.3.	Inventario de máquinas: .....	46
3.1.4.	Aspectos importantes previos al desarrollo del plan de Mantenimiento 47	
3.1.5.	Fichas técnicas .....	47
3.1.6.	Cama de Enderezado.....	48

3.1.7. Spotter .....	84
3.1.8. Soldadora MIG.....	112
3.1.9. Cortadora Plasma .....	140
3.1.10. Cabina de Pintura .....	168
3.1.11. Horno de Pintura .....	199
3.1.12. Compresor .....	223
3.1.13. Lámpara de Secado de Pintura .....	252
3.1.14. Pistola de Pintura.....	275
3.1.15. Lijadora .....	299
 CAPÍTULO IV .....	 324
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	 324
4.1. Conclusiones.....	324
4.2. Recomendaciones .....	325
 BIBLIOGRAFÍA.....	 326
 ANEXOS.....	 328

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Esquema global del mantenimiento .....	4
<b>Figura 2.-</b> Evolución del mantenimiento .....	5
<b>Figura 3.-</b> Diagrama del tipo de mantenimiento a considerar .....	7
<b>Figura 4.-</b> Ejemplos de inventario de equipos.....	11
<b>Figura 5.-</b> Parte 1 de matriz AMFE .....	14
<b>Figura 6.-</b> Parte 2 de matriz AMFE .....	14
<b>Figura 7.-</b> Ejemplo de la aplicación de los datos obtenidos en papel de Weibull.....	21
<b>Figura 8.-</b> Ejemplo de la obtención de los parámetros $\beta$ y $P\mu$ .....	22
<b>Figura 9.-</b> Ejemplo de la obtención de los datos de la media (MTBF) .....	23
<b>Figura 10.-</b> Ejemplo de obtención de n estimador .....	24
<b>Figura 11.-</b> Ejemplo de la Curva de la bañera.....	25
<b>Figura 12.-</b> Partes de una cama de Enderezado.....	27
<b>Figura 13.-</b> Partes de un spotter.....	28
<b>Figura 14.-</b> Partes de una soldadora MIG .....	29
<b>Figura 15.-</b> Partes de una soldadora PAW .....	30
<b>Figura 16.-</b> Funcionamiento de la cabina durante la fase de pintado .....	32
<b>Figura 17.-</b> Horno de pintura.....	34
<b>Figura 18.-</b> Quemador diésel.....	34
<b>Figura 19.-</b> Partes que conforman un Compresor .....	35

<b>Figura 20.-</b> Lampara de Secado de pintura.....	37
<b>Figura 21.-</b> Pistolas de Pintura.....	38
<b>Figura 22.-</b> Lijadora.....	39
<b>Figura 23.-</b> Diagrama de Flujo del plan de mantenimiento.....	44
<b>Figura 24.-</b> Gráfica MTBF vs D de la Cama de Enderezado.....	57
<b>Figura 25.-</b> Gráfica MTTR vs D de la Cama de Enderezado.....	57
<b>Figura 26.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Cama de Enderezado.....	70
<b>Figura 27.-</b> Gráfica infiadabilidad vs tiempo de operación de la Cama de Enderezado.....	71
<b>Figura 28.-</b> Papel de Weibull de la Cama de Enderezado.....	73
<b>Figura 29.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación de la Cama de Enderezado.....	75
<b>Figura 30.-</b> Gráfica MTBF vs D del Spotter.....	91
<b>Figura 31.-</b> Gráfica MTTR vs D del Spotter.....	91
<b>Figura 32.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del Spotter.....	101
<b>Figura 33.-</b> Gráfica infiadabilidad vs tiempo de operación del Spotter.....	101
<b>Figura 34.-</b> Papel de Weibull de la Cama de Enderezado.....	103
<b>Figura 35.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación del Spotter.....	105
<b>Figura 36.-</b> Gráfica MTBF vs D de la Soldadora Mig.....	120
<b>Figura 37.-</b> Gráfica MTTR vs D de la Soldadora Mig.....	120
<b>Figura 38.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Soldadora Mig.....	129
<b>Figura 39.-</b> Gráfica infiadabilidad vs tiempo de operación de la Soldadora Mig.....	129
<b>Figura 40.-</b> Papel de Weibull de la Soldadora Mig.....	131
<b>Figura 41.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación de la Soldadora Mig.....	133
<b>Figura 42.-</b> Gráfica MTBF vs D de la Cortadora Plasma.....	148
<b>Figura 43.-</b> Gráfica MTTR vs D de la Cortadora Plasma.....	148
<b>Figura 44.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Cortadora Plasma.....	157
<b>Figura 45.-</b> Gráfica infiadabilidad vs tiempo de operación de la Cortadora Plasma.....	157
<b>Figura 46.-</b> Papel de Weibull de la Cortadora Plasma.....	159
<b>Figura 47.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación de la Soldadora Mig.....	161
<b>Figura 48.-</b> Gráfica MTBF vs D de la Cabina de Pintura.....	176
<b>Figura 49.-</b> Gráfica MTTR vs D de la Cabina de Pintura.....	176
<b>Figura 50.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Cabina de Pintura.....	187
<b>Figura 51.-</b> Gráfica infiadabilidad vs tiempo de operación de la Cabina de Pintura.....	188
<b>Figura 52.-</b> Papel de Weibull de la Cabina de Pintura.....	190
<b>Figura 53.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación de la Cabina de Pintura.....	192
<b>Figura 54.-</b> Gráfica MTBF vs D del Horno de Pintura.....	205
<b>Figura 55.-</b> Gráfica MTTR vs D del Horno de Pintura.....	205
<b>Figura 56.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del Horno de Pintura.....	212
<b>Figura 57.-</b> Gráfica infiadabilidad vs tiempo de operación del Horno de Pintura.....	212
<b>Figura 58.-</b> Papel de Weibull del Horno de Pintura.....	214
<b>Figura 59.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación del Horno de Pintura.....	216
<b>Figura 60.-</b> Gráfica MTBF vs D del Compresor.....	232
<b>Figura 61.-</b> Gráfica MTTR vs D del Compresor.....	232
<b>Figura 62.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del Compresor.....	241
<b>Figura 63.-</b> Gráfica infiadabilidad vs tiempo de operación del Compresor.....	241
<b>Figura 64.-</b> Papel de Weibull del Compresor.....	243
<b>Figura 65.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación del Compresor.....	245
<b>Figura 66.-</b> Gráfica MTBF vs D de la Lámpara de Secado de Pintura.....	258
<b>Figura 67.-</b> Gráfica MTTR vs D de la Lámpara de Secado de Pintura.....	258
<b>Figura 68.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Lámpara de Secado de Pintura.....	264
<b>Figura 69.-</b> Gráfica infiadabilidad vs tiempo de la Lámpara de Secado de Pintura.....	264
<b>Figura 70.-</b> Papel de Weibull de la Lámpara de Secado de Pintura.....	266
<b>Figura 71.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de la Lámpara de Secado de Pintura.....	268
<b>Figura 72.-</b> Gráfica MTBF vs D de la Pistola de Pintura.....	282
<b>Figura 73.-</b> Gráfica MTTR vs D de la Lámpara de Pistola de Pintura.....	282
<b>Figura 74.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Pistola de Pintura.....	288

<b>Figura 75.-</b> Gráfica infiabilidad vs tiempo de la Pistola de Pintura. ....	288
<b>Figura 76.-</b> Papel de Weibull de la Pistola de Pintura. ....	290
<b>Figura 77.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de la Pistola de Pintura.....	292
<b>Figura 78.-</b> Gráfica MTBF vs D de la Lijadora .....	306
<b>Figura 79.-</b> Gráfica MTTR vs D de la Lijadora. ....	306
<b>Figura 80.-</b> Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Lijadora.....	313
<b>Figura 81.-</b> Gráfica infiabilidad vs tiempo de la Lijadora. ....	313
<b>Figura 82.-</b> Papel de Weibull de la Lijadora. ....	315
<b>Figura 83.-</b> Gráfica de fiabilidad vs tiempo de la Lijadora.....	317

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Características del análisis NPR .....	13
<b>Tabla 2.-</b> Valores AMFE considerados de gravedad .....	15
<b>Tabla 3.-</b> Valores AMFE considerados de frecuencia .....	15
<b>Tabla 4.-</b> Valores AMFE considerados de detección .....	16
<b>Tabla 5.-</b> Ejemplo tabla de valores que son usados para el porcentaje de falla .....	19
<b>Tabla 6.-</b> Recursos económicos.....	41
<b>Tabla 7.-</b> Inventario de máquinas del Área de Enderezada y Pintura en la empresa Kia Motors S.A. ....	46
<b>Tabla 8.-</b> Ficha técnica de la Cama de Enderezado.....	48
<b>Tabla 9.-</b> Componentes y funciones de la Cama de Enderezado. ....	49
<b>Tabla 10.-</b> Componentes sustituibles de la Cama de Enderezado.....	50
<b>Tabla 11.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Cama de enderezado .....	52
<b>Tabla 12.-</b> Frecuencias de Operaciones de Limpieza de la Cama de Enderezado .....	53
<b>Tabla 13.-</b> Frecuencias de Operaciones de Lubricación de la Cama de Enderezado .....	53
<b>Tabla 14.-</b> Estadístico de la Cama de Enderezado. ....	55
<b>Tabla 15.-</b> Tabla de valoración para la Matriz AMFE.....	58
<b>Tabla 16.-</b> Matriz AMFE. ....	59
<b>Tabla 17.-</b> Datos estadísticos de la Cama de Enderezado.....	63
<b>Tabla 18.-</b> Datos calculados de la Cama de Enderezado .....	65
<b>Tabla 19.-</b> Parámetros iniciales de la Cama de Enderezado .....	67
<b>Tabla 20.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Cama de Enderezado .....	68
<b>Tabla 21.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.....	71
<b>Tabla 22.-</b> Parámetros de fallas de la Cama de Enderezado .....	73
<b>Tabla 23.-</b> Fiabilidad de Weibull de la Cama de Enderezado por el método gráfico.....	74
<b>Tabla 24.-</b> Técnicas de Mantenimiento Predictivo.....	76
<b>Tabla 25.-</b> Frecuencia de mantenimiento de la Cama de Enderezado.....	77
<b>Tabla 26.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Enero. ....	78
<b>Tabla 27.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Febrero..	78
<b>Tabla 28.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Marzo....	79
<b>Tabla 29.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Abril. ....	79
<b>Tabla 30.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Mayo.....	80
<b>Tabla 31.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Junio. ....	80
<b>Tabla 32.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Julio. ....	81
<b>Tabla 33.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Agosto. .	81
<b>Tabla 34.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Septiembre. ....	82
<b>Tabla 35.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Octubre. ....	82
<b>Tabla 36.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Noviembre. ....	83



<b>Tabla 37.-</b> Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Diciembre.	83
<b>Tabla 38.-</b> Ficha técnica del spotter.....	84
<b>Tabla 39.-</b> Componentes del Spotter. ....	85
<b>Tabla 40.-</b> Componentes Sustituibles del Spotter.....	86
<b>Tabla 41.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento del Spotter .....	88
<b>Tabla 42.-</b> Frecuencias de Operaciones de Limpieza del Spotter .....	88
<b>Tabla 43.-</b> Frecuencias de Operaciones de Lubricación del Spotter .....	88
<b>Tabla 44.-</b> Estadístico del Spotter.....	89
<b>Tabla 45.-</b> Matriz AMFE del Spotter.....	92
<b>Tabla 46.-</b> Datos estadísticos del Spotter.....	98
<b>Tabla 47.-</b> Datos calculados del Spotter .....	99
<b>Tabla 48.-</b> Parámetros iniciales del Spotter .....	99
<b>Tabla 49.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad Del Spotter .....	100
<b>Tabla 50.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.....	102
<b>Tabla 51.-</b> Parámetros de fallas del Spotter .....	104
<b>Tabla 52.-</b> Fiabilidad de Weibull del Spotter por el método gráfico .....	104
<b>Tabla 53.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Enero.....	106
<b>Tabla 54.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Febrero.....	106
<b>Tabla 55.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Marzo.....	107
<b>Tabla 56.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Abril.....	107
<b>Tabla 57.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Mayo.....	108
<b>Tabla 58.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Junio .....	108
<b>Tabla 59.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Julio .....	109
<b>Tabla 60.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Agosto.....	109
<b>Tabla 61.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Septiembre .....	110
<b>Tabla 62.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Octubre .....	110
<b>Tabla 63.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Noviembre .....	111
<b>Tabla 64.-</b> Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Diciembre.....	111
<b>Tabla 65.-</b> Ficha técnica de la Soldadora MIG.....	112
<b>Tabla 66.-</b> Componentes de la Soldadora Mig.....	113
<b>Tabla 67.-</b> Componentes Sustituibles de la Soldadora Mig.....	115
<b>Tabla 68.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Soldadora Mig .....	116
<b>Tabla 69.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Soldadora Mig .....	117
<b>Tabla 70.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Soldadora Mig .....	117
<b>Tabla 71.-</b> Estadístico de la Soldadora Mig. ....	118
<b>Tabla 72.-</b> Matriz AMFE de la Soldadora Mig. ....	121
<b>Tabla 73.-</b> Datos estadísticos de la Soldadora Mig. ....	126
<b>Tabla 74.-</b> Datos calculados de la Soldadora Mig. ....	127
<b>Tabla 75.-</b> Parámetros iniciales de la Soldadora Mig.....	127
<b>Tabla 76.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Soldadora Mig.....	128
<b>Tabla 77.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.....	130
<b>Tabla 78.-</b> Parámetros de Fallas de la Soldadora Mig .....	131
<b>Tabla 79.-</b> Fiabilidad de Weibull de la Soldadora Mig, por el método gráfico .....	132
<b>Tabla 80.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Enero .....	134
<b>Tabla 81.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Febrero .....	134
<b>Tabla 82.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Marzo .....	135
<b>Tabla 83.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Abril .....	135
<b>Tabla 84.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Mayo .....	136
<b>Tabla 85.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Junio.....	136
<b>Tabla 86.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Julio.....	137
<b>Tabla 87.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Agosto .....	137
<b>Tabla 88.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Septiembre....	138
<b>Tabla 89.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Octubre.....	138
<b>Tabla 90.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Noviembre ....	139

<b>Tabla 91.-</b> Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Diciembre .....	139
<b>Tabla 92.-</b> Ficha técnica de la Cortadora Plasma .....	140
<b>Tabla 93.-</b> Componentes de la Cortadora Plasma. ....	141
<b>Tabla 94.-</b> Componentes Sustituibles de la Cortadora Plasma.....	142
<b>Tabla 95.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Cortadora Plasma .....	144
<b>Tabla 96.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Cortadora Plasma . ....	145
<b>Tabla 97.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Cortadora Plasma . ....	145
<b>Tabla 98.-</b> Estadístico de la Cortadora Plasma.....	146
<b>Tabla 99.-</b> Matriz AMFE de la Cortadora Plasma.....	149
<b>Tabla 100.-</b> Datos estadísticos de la Cortadora Plasma. ....	154
<b>Tabla 101.-</b> Datos calculados de la Cortadora Plasma. ....	155
<b>Tabla 102.-</b> Parámetros iniciales de la Cortadora Plasma.....	155
<b>Tabla 103.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Cortadora Plasma. ....	156
<b>Tabla 104.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.....	157
<b>Tabla 105.-</b> Parámetros de fallas de la Cortadora Plasma. ....	160
<b>Tabla 106.-</b> Fiabilidad de Weibull de la Cortadora Plasma, por el método gráfico .....	160
<b>Tabla 107.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Enero.....	162
<b>Tabla 108.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Febrero...	162
<b>Tabla 109.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Marzo.....	163
<b>Tabla 110.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Abril.....	163
<b>Tabla 111.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Mayo.....	164
<b>Tabla 112.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Junio .....	164
<b>Tabla 113.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Julio .....	165
<b>Tabla 114.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Agosto....	165
<b>Tabla 115.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Septiembre .....	166
<b>Tabla 116.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Octubre ..	166
<b>Tabla 117.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Noviembre .....	167
<b>Tabla 118.-</b> Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Diciembre	167
<b>Tabla 119.-</b> Ficha técnica de la Cabina de Pintura .....	168
<b>Tabla 120.-</b> Componentes de la Cabina de Pintura. ....	169
<b>Tabla 121.-</b> Componentes Sustituibles de la Cabina de Pintura.....	170
<b>Tabla 122.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Cabina de Pintura .....	172
<b>Tabla 123.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura . ....	173
<b>Tabla 124.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura . ....	173
<b>Tabla 125.-</b> Estadístico de la Cabina de Pintura.....	174
<b>Tabla 126.-</b> Matriz AMFE de la Cabina de Pintura.....	177
<b>Tabla 127.-</b> Datos estadísticos de la Cabina de Pintura. ....	183
<b>Tabla 128.-</b> Datos calculados de la Cabina de Pintura. ....	184
<b>Tabla 129.-</b> Parámetros iniciales de la Cabina de Pintura. ....	185
<b>Tabla 130.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Cabina de Pintura. ....	186
<b>Tabla 131.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.....	188
<b>Tabla 132.-</b> Parámetros de Fallas de la Cabina de Pintura.....	191
<b>Tabla 133.-</b> Fiabilidad de Weibull de la Cabina de Pintura, por el método gráfico.....	191
<b>Tabla 134.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Enero.....	193
<b>Tabla 135.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Febrero...	193
<b>Tabla 136.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Marzo.....	194
<b>Tabla 137.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Abril.....	194
<b>Tabla 138.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Mayo.....	195
<b>Tabla 139.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Junio .....	195
<b>Tabla 140.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Julio .....	196
<b>Tabla 141.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Agosto....	196
<b>Tabla 142.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Septiembre .....	197

<b>Tabla 143.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Octubre ..	197
<b>Tabla 144.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Noviembre .....	198
<b>Tabla 145.-</b> Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Diciembre .....	198
<b>Tabla 146.-</b> Ficha técnica de la Horno de Pintura .....	199
<b>Tabla 147.-</b> Componentes del Horno de Pintura .....	200
<b>Tabla 148.-</b> Componentes Sustituibles del Horno de Pintura .....	201
<b>Tabla 149.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento del Horno de Pintura .....	202
<b>Tabla 150.-</b> Frecuencias de Operaciones del Horno de Pintura .....	202
<b>Tabla 151.-</b> Frecuencias de Operaciones del Horno de Pintura .....	202
<b>Tabla 152.-</b> Estadístico del Horno de Pintura .....	203
<b>Tabla 153.-</b> Matriz AMFE del Horno de Pintura .....	206
<b>Tabla 154.-</b> Datos estadísticos del Horno de Pintura.....	209
<b>Tabla 155.-</b> Datos calculados del Horno de Pintura .....	210
<b>Tabla 156.-</b> Parámetros iniciales del Horno de Pintura .....	210
<b>Tabla 157.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del Horno de Pintura.....	211
<b>Tabla 158.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.....	213
<b>Tabla 159.-</b> Parámetros del Horno de Pintura .....	215
<b>Tabla 160.-</b> Fiabilidad de Weibull del Horno de Pintura, por el método gráfico.....	215
<b>Tabla 161.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Enero .....	217
<b>Tabla 162.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Febrero.....	217
<b>Tabla 163.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Marzo .....	218
<b>Tabla 164.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Abril .....	218
<b>Tabla 165.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Mayo.....	219
<b>Tabla 166.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Junio .....	219
<b>Tabla 167.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Julio .....	220
<b>Tabla 168.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Agosto .....	220
<b>Tabla 169.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Septiembre ..	221
<b>Tabla 170.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Octubre .....	221
<b>Tabla 171.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Noviembre ..	222
<b>Tabla 172.-</b> Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Diciembre ..	222
<b>Tabla 173.-</b> Ficha técnica del Compresor .....	223
<b>Tabla 174.-</b> Componentes del Compresor.....	224
<b>Tabla 175.-</b> Componentes Sustituibles del Compresor.....	226
<b>Tabla 176.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento del Compresor .....	228
<b>Tabla 177.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura .....	229
<b>Tabla 178.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura .....	229
<b>Tabla 179.-</b> Estadístico del Compresor.....	230
<b>Tabla 180.-</b> Componentes de la Lámpara de Secado de Pintura .....	253
<b>Tabla 181.-</b> Componentes Sustituibles de la Lámpara de Secado de Pintura .....	254
<b>Tabla 182.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Lámpara de secado de Pintura ..	255
<b>Tabla 183.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura .....	255
<b>Tabla 184.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura .....	255
<b>Tabla 185.-</b> Estadístico de la Lámpara de Secado de Pintura .....	256
<b>Tabla 186.-</b> Matriz AMFE de la Lámpara de Secado de Pintura .....	259
<b>Tabla 187.-</b> Datos estadísticos de la Lámpara de Secado de Pintura .....	261
<b>Tabla 188.-</b> Datos calculados de la Lámpara de Secado de Pintura .....	262
<b>Tabla 189.-</b> Parámetros iniciales de la Lámpara de Secado de Pintura .....	262
<b>Tabla 190.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Lámpara de Secado de Pintura.....	263
<b>Tabla 191.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.....	265
<b>Tabla 192.-</b> Parámetros de Fallas de la Lámpara de Secado de Pintura .....	267
<b>Tabla 193.-</b> Fiabilidad de Weibull de la Lámpara de Secado de Pintura.....	267
<b>Tabla 194.-</b> Gama de mantenimiento de la Lámpara de Secado de Pintura, correspondiente al mes de Enero .....	269

<b>Tabla 195.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Febrero	269
<b>Tabla 196.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Marzo	270
<b>Tabla 197.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Abril	270
<b>Tabla 198.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Mayo	271
<b>Tabla 199.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Junio	271
<b>Tabla 200.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Julio	272
<b>Tabla 201.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Agosto	272
<b>Tabla 202.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Septiembre	273
<b>Tabla 203.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Octubre	273
<b>Tabla 204.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Noviembre	274
<b>Tabla 205.-</b> Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Diciembre	274
<b>Tabla 206.-</b> Ficha técnica de la Pistola de Pintura	275
<b>Tabla 207.-</b> Componentes de la Pistola de Pintura	276
<b>Tabla 208.-</b> Componentes Sustituibles de la Pistola de Pintura	277
<b>Tabla 209.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Pistola de Pintura	278
<b>Tabla 210.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Pistola de Pintura	279
<b>Tabla 211.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Pistola de Pintura	279
<b>Tabla 212.-</b> Estadístico de la Pistola de Pintura	280
<b>Tabla 213.-</b> Matriz AMFE de la Pistola de Pintura	283
<b>Tabla 214.-</b> Datos estadísticos de la Pistola de Pintura	285
<b>Tabla 215.-</b> Datos calculados de la Pistola de Pintura	286
<b>Tabla 216.-</b> Parámetros iniciales de la Pistola de Pintura	286
<b>Tabla 217.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Pistola de Pintura	287
<b>Tabla 218.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa	289
<b>Tabla 219.-</b> Parámetros de Fallas de la Pistola de Pintura	291
<b>Tabla 220.-</b> Fiabilidad de Weibull de la Pistola de Pintura	291
<b>Tabla 221.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura, correspondiente al mes de Enero	293
<b>Tabla 222.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Febrero	293
<b>Tabla 223.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Marzo	294
<b>Tabla 224.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Abril	294
<b>Tabla 225.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Mayo	295
<b>Tabla 226.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Junio	295
<b>Tabla 227.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Julio	296
<b>Tabla 228.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Agosto	296
<b>Tabla 229.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Septiembre	296
<b>Tabla 230.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Octubre	297
<b>Tabla 231.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Noviembre	297
<b>Tabla 232.-</b> Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Diciembre	298
<b>Tabla 233.-</b> Ficha técnica de la Lijadora	299
<b>Tabla 234.-</b> Componentes de la Lijadora	300
<b>Tabla 235.-</b> Componentes Sustituibles de la Lijadora	301
<b>Tabla 236.-</b> Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Lijadora	302
<b>Tabla 237.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Lijadora	303
<b>Tabla 238.-</b> Frecuencias de Operaciones de la Lijadora	303
<b>Tabla 239.-</b> Estadístico de la Lijadora	304
<b>Tabla 240.-</b> Matriz AMFE de la Lijadora	307
<b>Tabla 241.-</b> Datos estadísticos de la Lijadora	310
<b>Tabla 242.-</b> Datos calculados de la Lijadora	311
<b>Tabla 243.-</b> Parámetros iniciales de la Lijadora	311
<b>Tabla 244.-</b> Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Lijadora	312

<b>Tabla 245.-</b> Cálculo del porcentaje de falla acumulativa .....	314
<b>Tabla 246.-</b> Parámetros de Fallas de la Lijadora. ....	316
<b>Tabla 247.-</b> Fiabilidad de Weibull de la Lijadora.....	316
<b>Tabla 248.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Enero.....	318
<b>Tabla 249.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Febrero.....	318
<b>Tabla 250.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Marzo.....	319
<b>Tabla 251.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Abril.....	319
<b>Tabla 252.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Mayo.....	320
<b>Tabla 253.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Junio.....	320
<b>Tabla 254.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Julio .....	321
<b>Tabla 255.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Agosto.....	321
<b>Tabla 256.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Septiembre .....	322
<b>Tabla 257.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Octubre .....	322
<b>Tabla 258.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Noviembre .....	323
<b>Tabla 259.-</b> Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Diciembre .....	323

## **RESUMEN**

La constante búsqueda de métodos para alargar la vida útil y de disminuir los paros imprevistos de los componentes de las máquinas, ha permitido crear planes de mantenimiento que son de gran ayuda para las industrias.

Por esta razón, para realizar este proyecto se partió de las especificaciones técnicas y del análisis de la situación actual de cada una de las máquinas, luego se determinaron los componentes de cada una, posteriormente se realizaron los análisis para determinar cuáles son los que llegan a fallar con mayor frecuencia, en este caso se utilizó la matriz AMFE, luego se desarrolló los métodos matemáticos y gráficos de Weibull para cada máquina, en estos métodos intervinieron los datos que se obtuvieron a partir del estadístico de fallas y también de las ecuaciones estadísticas, esto se lo realizó con la finalidad de determinar la fiabilidad que tendrán cada una de las mismas. De esta manera se pudo realizar las gamas de mantenimiento en las cuales constan las fechas en que se deben realizar los mantenimientos tanto preventivo como predictivo, toda esta investigación se realizó basándome en las notas técnicas de prevención NTP 331 y NTP 679.

**PALABRAS CLAVES:** NTP 331, NTP 679, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, AMFE.

## **ABSTRACT**

The constant search for methods to extend the useful life and reduce the unexpected stoppages of the components of the machines, has allowed the creation of maintenance plans that are of great help to the industries.

For this reason, to carry out this project, we started from the technical specifications and the analysis of the current situation of each of the machines, then the components of each one were determined, later the analyzes were carried out to determine which are the ones that reach the fail more frequently, in this case the AMFE matrix was used, then the mathematical methods and Weibull graphs were developed for each machine, in these methods the data obtained from the failure statistic and also from the statistical equations intervened, This was done in order to determine the reliability that each of them will have. In this way, it was possible to carry out the maintenance ranges in which the dates on which both preventive and predictive maintenance must be carried out, all this research was carried out based on the NTP 331 and the NTP 679 prevention technical notes.

**Keywords:** NTP 331, NTP 679, preventive maintenance, predictive maintenance, AMFE.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Tema**

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA EL ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA EN LA EMPRESA KIA MOTORS S.A.**

### **1.2. Antecedentes investigativos**

El mantenimiento es muy importante para el buen desempeño, funcionamiento y eficiencia de las máquinas industriales, ya que estas deben cumplir con requerimientos que son específicos, dependiendo del proceso que realicen cada una de ellas, por lo cual se han elaborado proyectos de investigación acerca de este tema, tanto a nivel nacional como mundial como es el caso de Juan Valdivieso, el cual desarrolló un proyecto de investigación en el que planteó “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA EXTRUPLAS S.A.” basándose específicamente en un análisis estadístico de la vida de los elementos mecánicos y eléctricos de cada una de las máquinas, que permitan estudiar los procedimientos correctos para lograr una estimación adecuada de la función de la confiabilidad, resultado de las acciones del mantenimiento preventivo [1].

Por otro lado Jerson Riera desarrolló un tema de investigación referente a “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LA EMPRESA CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC S.A. EN LA PLANTA ESTHELA” situada en Sangolquí, en el cual determinó que el estudio de la documentación que se obtuvo, permite estimar en gran forma el nivel de conservación y deterioro de las máquinas, por ende se debe considerar a los programas de mantenimiento como herramientas de gestión preventiva y predictiva ya que limitan en gran forma el riesgo de accidentes o averías [2].



Moisés Tamariz por otro lado desarrolló un “DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LOS EQUIPOS MÓVILES Y FIJOS DE LA EMPRESA DE MIRASOL.S.A.” situada en la ciudad de Cuenca, en el cual determinó que el mantenimiento realizado correctamente permite a la empresa una optimización de medios, mejorar el dominio de los costos, tener procedimientos homogéneos, seguimiento de máquinas y averías detalladamente, mejor gestión del personal, delegación de responsabilidad a los Jefes de áreas, una mayor eficacia y mayor rapidez en la ejecución de cada proceso [3].

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Desarrollar un Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo para el área de enderezada y pintura en la empresa “Kia Motors S.A.”

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- **Determinar el estado actual de las máquinas presentes en el área de enderezada y pintura mediante análisis de fallos y modos de fallo AMFE de acuerdo con la NTP 679.**

La Nota Técnica de Prevención NTP 679 se utilizará para hacer la matriz de criterios ponderadas AMFE, mediante esta ficha técnica se podrá detectar la frecuencia y la gravedad con la que ocurren los fallos, esto permitirá elaborar un criterio adecuado de cada uno de ellos para así elaborar una matriz AMFE, en la cual se analizará los componentes que llegan a fallar con mayor frecuencia.

- **Establecer una matriz de criticidad de los componentes de cada una de las máquinas.**

La criticidad de los componentes será establecida en una matriz, esta es una herramienta que permite analizar de una manera rápida las partes o elementos

más críticos de las máquinas, además se facilita el análisis al implementar un sistema de colores.

- **Identificar los parámetros para el mantenimiento preventivo y predictivo utilizando la distribución de Weibull según la NTP 331.**

Los parámetros para el mantenimiento serán identificados a través de un estadístico de fallas, mismo que nos ayudará para determinar los parámetros que llegan a intervenir en la distribución de Weibull mediante la aplicación de la nota técnica de prevención NTP 331. En la mencionada nota técnica se especifica los pasos a seguir para el cálculo de los parámetros que son necesarios para lograr aplicar el método gráfico y matemático de la distribución de Weibull.

- **Determinar la fiabilidad que tendrán las máquinas mediante la distribución de Weibull.**

La fiabilidad que tendrán las máquinas será determinado mediante dos métodos: matemático y gráfico, en estos métodos intervienen los datos que se obtienen a partir del estadístico de fallas y también de las ecuaciones estadísticas, las mismas que nos permitirán determinar los parámetros que se requiere para el método matemático, además se utilizará la tabla de Weibull para determinar dichos parámetros de una forma gráfica, esto será realizado con la finalidad de desarrollar de una forma correcta la ecuación que se encuentra planteada en la nota técnica de prevención NTP 331 correspondiente a la fiabilidad de Weibull.

- **Realizar las Gamas de mantenimiento preventivo para la maquinaria.**

Las gamas de mantenimiento se realizarán una vez culminado el análisis de fiabilidad de cada uno de los componentes de las máquinas, además se va a detallar las actividades diarias, semanales, mensuales, semestrales o anuales que se las deberán realizar con el fin de evitar posibles fallas en los períodos en que las máquinas se encuentren en funcionamiento, además se detallará las

actividades de limpieza y lubricación que se deberá realizar a los componentes de cada máquina para prevenir fallos inesperados.

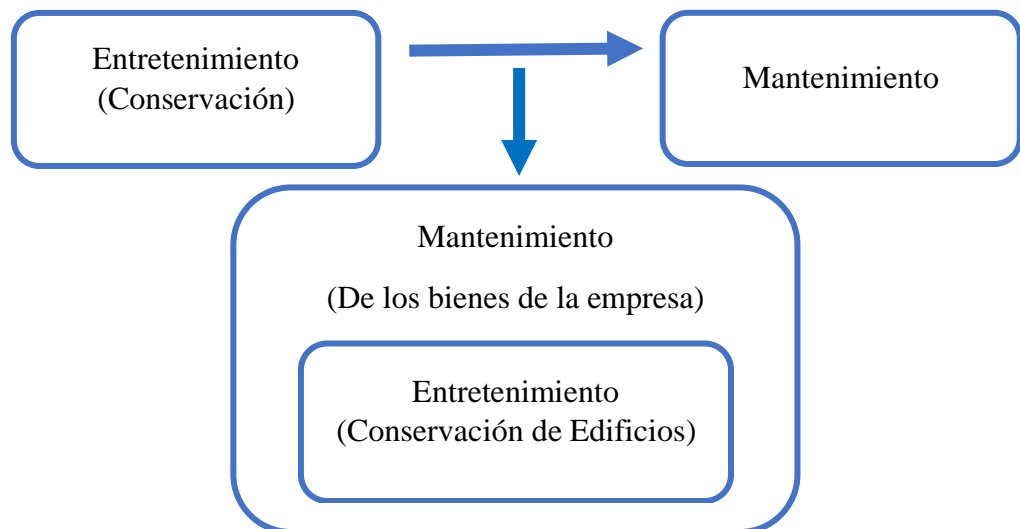
#### 1.4. Fundamentación teórica

##### 1.4.1. Mantenimiento

Son conjuntos de pasos o actividades destinadas a mantener un grupo de sistemas en condiciones operativas que satisfagan las capacidades para las que fueron planificados (figura 1). El mantenimiento también se puede caracterizar como el trabajo empresarial encargado de controlar el estado de las diferentes partes de los equipos, garantizando que todos los recursos sigan cumpliendo las funciones ideales. A medida que el equipo envejece, sus piezas se desgastan, lo que aumenta la recurrencia de las fallas y como resultado, los costos de mantenimiento son más altos, además se debe destacar que el mantenimiento últimamente ha mejorado en sus técnicas (figura 2) [4].

Las misiones del mantenimiento son:

- La vigilancia debe ser permanente o periódica.
- Las acciones preventivas.
- Las acciones correctivas, estas pueden ser las reparaciones.
- El reemplazo de la maquinaria [4].



**Figura 1.**-Esquema global del mantenimiento

## *Evolución de las Técnicas de Mantenimiento*



**Figura 2.-** Evolución del mantenimiento [4].

El mantenimiento a su vez tiene tareas que cubren diferentes necesidades, tales como:

- Mantenimiento de las diferentes partes de los equipos.
- Realización de las técnicas de mejoras en los equipos.
- Especificación, recepción y puesta en marcha en las que son consideradas como nuevas instalaciones.
- Recuperación y nacionalización de repuestos requeridos por los diferentes equipos.
- Ayudas a los procesos que corresponde a la fabricación (cambios de formato, proceso, etc.).
- Provisionamiento de herramientas, repuestos y servicios para los procesos requeridos (subcontratación).
- Participación y Promoción de la mejora continua y también lo que corresponde a la formación del personal.
- Mantener la Seguridad de las diferentes instalaciones a un nivel que sea considerado como riesgo aceptable.
- Mantenimientos que son considerados como generales, estos pueden ser: Jardinería, limpiezas, vehículos, etc. [4].

### **1.4.2. Tipos de mantenimiento**

En el mantenimiento, se pueden utilizar algunos tipos que son utilizados según los requisitos de trabajo (figura 3), tienen sus propias cualidades que varían según el tipo de función que se realiza y la función por la que se inicia. Un plan de mantenimiento apropiado comprende la combinación de varios tipos de recursos. Los mismos que se detallan a continuación: [4].

#### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es una técnica en la que se reservan ocasionalmente las intervenciones de las máquinas para revisar, arreglar o suplantar piezas. Asimismo, intenta prever o anticipar fallas para evadir daños y paros inesperados. Las intervenciones se realizan, en cualquier caso, incluso cuando la máquina funciona correctamente. Este tipo de mantenimiento es programado basándose en evaluaciones de vida útil o tiempo entre fallas [3].

#### **Mantenimiento predictivo**

También llamado "Mantenimiento basado en condiciones CBM", filtra e identifica los parámetros de operación de sistemas, máquinas y equipos. Realiza además un seguimiento de su desgaste para prever el momento en el cual se necesite un cambio o una reparación. Este mantenimiento busca decidir el punto ideal para la ejecución del soporte preventivo en un equipo, es decir, el punto a partir del cual la probabilidad de que el equipo falle y programe mantenimientos en función de la estimación del evento de fallas [3].

En consecuencia, el tiempo muerto del equipo disminuye y la vida útil del componente se amplía. Este método incluye la estimación de diferentes parámetros que tienden a mostrar una relación que se puede predecir con el ciclo de vida del componente. A continuación, se presenta algunos ejemplos: [4].

- Vibración de los cojinetes.
- Temperatura de las diferentes conexiones eléctricas.
- Resistencia del aislamiento de la bobina que está presente en un motor.
- Presencia de fisuras o grietas.
- Oxidación de los diferentes componentes.
- Fricción entre los componentes que son considerados móviles.

### Mantenimiento correctivo

Comúnmente llamado "mantenimiento reactivo", trata de dejar a los equipos o sistemas trabajando sin asistencia o control del estado de éstos, hasta que se produzca una falla en su actividad. Este mantenimiento no tiene ningún costo en función del tiempo, hasta que la unidad llegue a fallar y necesite una reparación urgente, sin posibilidades de planificar ni mucho menos programar. Se describe como un mantenimiento de enormes gastos [3].

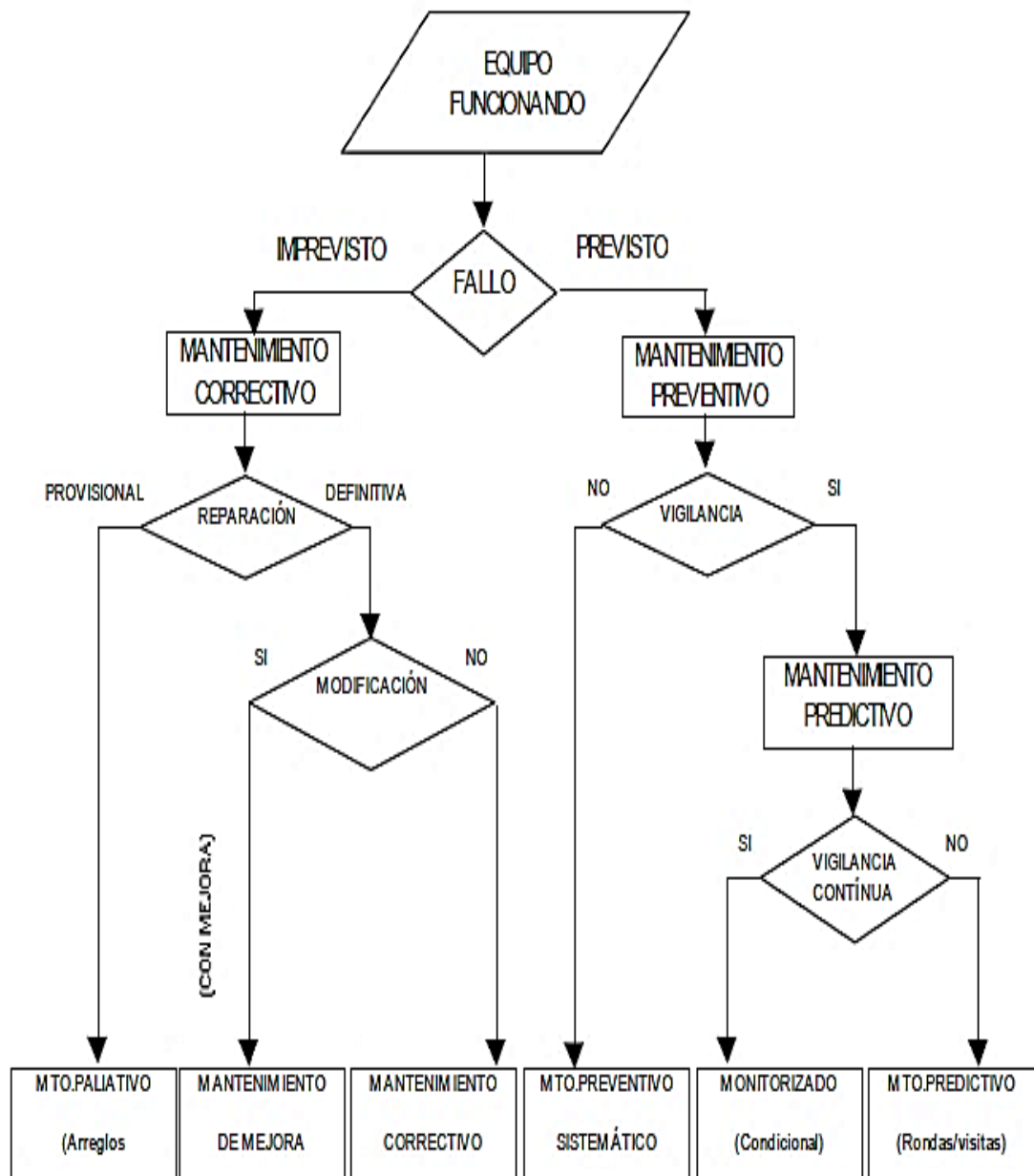


Figura 3.- Diagrama del tipo de mantenimiento a considerar [4].

### **1.4.3. Objetivos del mantenimiento**

- Mejorar persistentemente los equipos hasta su nivel operativo más elevado, ampliando la disponibilidad, efectividad y confiabilidad.
- Aprovechar gran parte de los componentes de los equipos, para reducir los costos de mantenimiento.
- Garantizar el correcto funcionamiento de los equipos, para ampliar la producción.
- Cumplir con todas las normas, tanto de seguridad como las de medio ambiente.
- Incrementar el beneficio considerado como global.

### **1.4.4. Planes de mantenimiento**

Los planes de mantenimiento son considerados como un grupo de tareas de mantenimiento elegidas y orientadas a proteger la capacidad de un recurso, generando una recurrencia de ejecución de estos y del personal que va a realizar dichas tareas [6].

El plan de mantenimiento incorpora tres tipos de tareas:

1. Las tareas de rutina diaria que se realizan de forma coherente y normalmente los completa el grupo de trabajo.
2. Las tareas programadas que deben ser realizadas durante el transcurso del año.
3. Las tareas que deben ser realizadas durante las paradas consideradas como programadas [6].

### **1.4.5. Tipos de plan de mantenimiento**

Existen una gran variedad de los planes de mantenimiento, pero a continuación se presentan los tres más utilizados por su estructura y funcionalidad: [4].

- Plan de mantenimiento basado en fabricantes
- Plan de mantenimiento basado en protocolos
- Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (MCC)

#### **Plan de mantenimiento basado en fabricantes**

El desarrollo de un plan de mantenimiento a un nivel industrial, es decir, determinar el grupo de tareas preventivas que deban realizarse en el establecimiento en función de lo que demuestran los fabricantes en los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de los elementos que conforman una máquina, es el enfoque más agradable y constante para exponer un plan de mantenimiento. Sin embargo, tiene algunas desventajas con respecto a las sugerencias de los proveedores que deben desglosarse antes de elegir armar el plan de apoyo [4].

### **Plan de mantenimiento basado en protocolos**

El grupo de tareas de mantenimiento se conoce como protocolo de soporte programado; si se elaboran los protocolos de soporte para una amplia gama de equipos presentes en una amplia gama de instalaciones industriales y en consecuencia, se elabora un listado con todos los equipos disponibles en la instalación en particular que se está analizando, todo lo que es fundamental es aplicar el protocolo de soporte de cada uno de ellos para tener un listado total de todas las tareas de mantenimiento preventivo que se va a realizar en la instalación [4].

### **Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (MCC)**

El objetivo principal del uso de un mantenimiento centrado en la fiabilidad en una planta industrial es expandir la fiabilidad del establecimiento, es decir, disminuir en gran forma el tiempo de parada de la planta debido a fallas inesperadas que impiden la coherencia con los planes de producción. Los objetivos secundarios, pero igualmente significativos, son ampliar la disponibilidad, es decir, la extensión del tiempo que la planta puede producir y, al mismo tiempo, reducir los costos de mantenimiento, al igual que mejorar el funcionamiento de los equipos, analizar todas las probabilidades de fallos de un sistema y crear sistemas que intentan mantenerse alejados de estos fallos, independientemente de si son creados por actos intrínsecos al mismo equipo o sistema, o también por actos cercanos a la persona [7].

El uso de estas estrategias y enfoques actuales, por ejemplo, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), provoca la disminución de "interrupciones (paradas imprevistas debido a fallas)" que incrementan así la "disponibilidad" de los equipos, descifrándolos en un menor costo por un mantenimiento correctivo indeseable y la



obtención de resultados de gran calidad, que es lo que se necesita en este mundo que es muy competitivo en el ámbito industrial [7].

La herramienta MCC es muy útil ya que proporciona ciertas preguntas respecto al equipo que se debe realizar el mantenimiento:

1. Con respecto a las Funciones: ¿Cuáles son las funciones y los patrones de desempeño del equipo en su operación actual?
2. Con respecto a las Fallas funcionales: ¿De qué forma falla el equipo analizado al cumplir con sus funciones específicas?
3. Con respecto al Modo de falla: ¿Qué es lo que ocasiona cada falla funcional en el equipo?
4. Con respecto a los Efectos de falla: ¿Qué consecuencias genera cada falla en el equipo?
5. Con respecto a la Consecuencia de falla: ¿En qué formas afecta cada falla funcional en el equipo?
6. Con respecto a las Tareas proactivas y frecuencia: ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional en el equipo?
7. Con respecto a las Tareas por omisión: ¿Qué debería hacer si no se puede hallar tareas consideradas como proactivas aplicables en el equipo? [8].

#### **1.4.6. Inventario de equipos**

Un inventario es un registro o una lista de todos los equipos, mismos que deben estar codificados y localizados, con el fin de clasificarlos por grupos, plantas o instalaciones. Al inventario también se le conoce como criterio de criticidad, con el fin de asignar niveles y prioridades de mantenimiento a los diversos tipos de equipos (figura 4). La codificación permite la administración técnica y financiera y es fundamental para el manejo mediante un ordenador [4].



**Figura 4.-** Ejemplos de inventario de equipos [4].

#### 1.4.7. Dossier – Máquina

También llamado dossier técnico-especializado o expediente de mantenimiento, es un registro que permite una información completa sobre los equipos, sin perjuicio de contener documentación, por ejemplo, el expediente del fabricante (planos, manuales, etc.) y registros internos de la máquina (evaluaciones periódicas, directrices, etc.) [4].

#### 1.4.8. Fichero histórico de la máquina

Es la representación ordenada de las mediaciones experimentadas por la máquina que parte de la puesta en marcha de esta. Este archivo debe incorporar todas las intervenciones correctivas y preventivas, sin perjuicio de las que sean por imperativo legal, así como ajustes o verificaciones de instrumentos recordados para el plan de calibración [3] [4].

A continuación, se presenta los análisis que se pueden realizar con estos datos obtenidos previamente:

- a) Se puede realizar un análisis de fiabilidad: Cálculos de la tasa de fallos, MTBF, etc. [4].
- b) Se puede realizar un análisis de disponibilidad: Cálculos de la disponibilidad, mantenibilidad y sus posibles mejoras que se puedan realizar [4].
- c) Se puede realizar un análisis de mejora de métodos: Selección de los llamados puntos débiles y un análisis AMFE [4].
- d) Se puede realizar un análisis de repuestos: Datos de consumos y nivel de existencias óptimas, selección de repuestos a mantener en stock para evitar las paradas prolongadas [4].
- e) Se puede realizar un análisis de la política de mantenimiento de las máquinas existentes [4].

#### **1.4.9. Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE)**

El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) permite identificar las fallas que ocurren en un proceso o ciclo de trabajo, mediante una investigación de su recurrencia, los tipos de detección y el impacto que causan estas fallas, mismas que se posicionan jerárquicamente, y para las fallas que desestabilizan la confiabilidad del producto o a su vez del proceso será importante crear actividades para abordarlas. Es una estrategia inductiva y cualitativa que permite controlar todos los elementos de una instalación o de un sistema, clasificándolos de la siguiente manera: [4].

- Las clases de fallos reales o posibles
- Posibles causas
- Consecuencias de los fallos
- Medios para mantener una distancia estratégica de sus resultados, es decir evitar de alguna manera las consecuencias de los fallos

Dentro de la mejora del AMFE se resuelve insertar el NPR (Número de Prioridad de Riesgo), el cual se da por la multiplicación de tres listas de probabilidad, que son la severidad o gravedad, el grado de evento o de ocurrencia y por la sencillez de reconocimiento, como aparece en la siguiente expresión [4].

$$\text{NPR} = \text{Gravedad (G)} * \text{Frecuencia (F)} * \text{Detección (D)} \text{ Ec.}$$

(1)

La evaluación proporciona una medida matemática de los parámetros que se describen a continuación:

F: Frecuencia. Valoración abstracta o subjetiva del evento del modo de fallo.

G: Gravedad. Evaluación subjetiva de los resultados o consecuencias.

D: Detección. Evaluación subjetiva de la probabilidad de que se identifique o se detecte la posible falla potencial [3] [4].

Estos índices de evaluación se resuelven en escalas del 1 al 10 dependiendo de los atributos o características representados para cada uno de ellos, siendo la puntuación mínima 1 y 10 la más notable para la evaluación y, por lo tanto, la estimación más crítica de un AMFE. como se muestra en la tabla adjunta: [3] [4].

**Tabla 1.-** Características del análisis NPR [4].

NPR > 200	Inaceptable (I)
200 > NPR > 125	Reducción deseable (R)
125 > NPR	Aceptable (A)

La matriz AMFE se compone de grupos multidisciplinarios que establecen una posición ventajosa adicional en el examen o análisis de fallos y las frecuencias de fallos, que son:

- Funciones: describen los detalles o especificaciones (características) y las expectativas de desempeño que se esperan del recurso físico que se está investigando o analizando.
- Fallo funcional: Alude a la falta o al incumplimiento de la función, caracterizándose como la impotencia de un ítem para cumplir un límite de desempeño deseado.

- **Modo de fallo:** La forma en que el dispositivo o a su vez el sistema puede dejar de funcionar o de tener una capacidad inusual.
- **Causa raíz:** Rareza inicial que puede provocar el fallo. Un tipo de fallo similar puede provocar algunas causas.
- **Consecuencia:** Efecto del fallo que esta produce sobre la máquina, la producción, el producto, sobre el entorno inmediato del cual está rodeado [3] [4].

<b>Sección:</b>		<b>Marca:</b>			
<b>Equipo:</b>		<b>Modelo:</b>			
<b>Nº</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modo de fallo</b>	<b>Causa raíz</b>

**Figura 5.-** Modelo 1 de matriz AMFE [4].

<b>Fecha Rea:</b>		<b>Hoja Nº:</b>				
<b>Fecha Rev:</b>		<b>De:</b>				
<b>Efecto</b>	<b>Valoraciones</b>				<b>Recomendaciones</b>	
	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>MPR</b>		

**Figura 6.-** Modelo 2 de matriz AMFE [4].

#### 1.4.10. Criterios AMFE

Los criterios de investigación o de análisis para adquirir el número de prioridad de riesgo se establecen en las tablas adjuntas:

**Tabla 2.-** Valores AMFE considerados de gravedad [4].

<b>Gravedad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine un efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente no se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes que son apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente éste observará un pequeño deterioro en el rendimiento del sistema, sin importancia, es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada Defectos que son 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 o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9-10

**Tabla 3.-** Valores AMFE considerados de frecuencia [4].

<b>Detectabilidad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
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 posterior.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de la 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

**Tabla 4.-** Valores AMFE considerados de detección [4].

<b>Detectabilidad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
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 posterior.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de la 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

#### **1.4.11. Distribución de Weibull**

La distribución de Weibull es la técnica más utilizada para determinar y pronosticar o predecir fallas, en las que el 85% - 95% de toda la información de vida está suficientemente representada con el modelo numérico y el diagrama de probabilidad de Weibull, con la expectativa de proporcionar los datos cuantitativos importantes para tener opciones y por ende tener decisiones sobre el tipo de mantenimiento a realizar [5] [6].

Este examen o análisis permite determinar la probabilidad de fallos y la fiabilidad según lo indicado por un estadístico de mantenimiento realizada con la información adquirida durante la investigación y también mediante la recolección de información [5] [6].

##### **1.4.11.1. Modelo matemático de Weibull:**

Para el modelo numérico o matemático se piensa en la calidad inquebrantable de las funciones de Weibull de confiabilidad y las capacidades de la tasa de fallos propuestas por Waloddi Weibull, que vienen dadas por las siguientes ecuaciones:

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_0 - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right] \quad \text{Ec.}$$

(2)

$$F(t) = 1 - R(t)$$

Ec. (3)

Donde:

R(t) = Representa la Fiabilidad o Confiabilidad

F(t) = Representa la Infiabilidad o Función acumulativa de fallos

$\beta$  = Representa el Parámetro de forma: identifica la pendiente de la recta misma que describe el grado de variación que existe de la tasa de fallos

$\alpha$  = Representa el Parámetro de escala o también denominada vida característica

$\gamma$  = Representa el Parámetro de localización o también llamado vida mínima ( $\gamma = 0$ )

$t_0$  = Representa el Tiempo de operación (h) [5] [6].

Vale la pena mencionar que la vida mínima  $\gamma$  es 0, ya que este límite muestra, como se esperaba, el segundo a partir del cual se produce la distribución de Weibull, por lo tanto, ya que las máquinas no tienen un plan de mantenimiento y es la primera vez que se les va a aplicar a estas máquinas la distribución de Weibull, se considera a la vida mínima o parámetro de localización 0 [5] [6].

Para decidir los parámetros  $\beta$  y  $\alpha$ , es importante calcular las cualidades de la media aritmética ( $\bar{x}$ ), la varianza ( $S^2$ ), la desviación estándar (S), el tiempo considerado de falla de cada uno de los eventos ( $t_i$ ) y la cantidad de eventos o número de datos (n), esto se lo podrá realizar a través del estadístico de cada una de las máquinas, partiendo de las ecuaciones que se presentan a continuación [5] [6].

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_o)}{n}$$

Ec. (4)

$$S^2 = \frac{(\sum \ln(t_o) - \bar{x})^2}{(n-1)}$$

Ec. (5)



$$S = \sqrt{S^2}$$

Ec. (6)

$$\beta = \frac{\pi}{s\sqrt{6}}$$

Ec. (7)

$$\alpha = \exp\left(\bar{x} + \left(\frac{0.5772}{\beta}\right)\right)$$

Ec. (8)

#### 1.4.11.2. Modelo gráfico de Weibull

Para decidir los límites o parámetros adecuados para calcular la distribución de Weibull, se utilizará tablas y gráficos que se encuentran determinados en la nota técnica de prevención NTP 331 (Anexo I), contemplando el papel de Weibull y la información de los estadísticos de cada una de las máquinas [5] [6].

Los pasos a seguir para llegar a determinar la fiabilidad de Weibull mediante la estrategia gráfica son los siguientes: [5] [6].

##### **Paso 1**

Tener un registro de todas las fallas con sus tiempos reunidos en una forma creciente, según el tiempo o momento de la falla; luego se procede a evaluar el porcentaje de fallos acumulados, también conocido como función de la distribución acumulativa  $F(i)$  [5] [6].

##### **Paso 2**

Para calcular el porcentaje o nivel de fallas acumuladas,  $F(i)$  se resuelve a partir de la probabilidad en que llegue a ocurrir la falla utilizando las ecuaciones que se presentan a continuación: [5] [6].

$$F(i) = \frac{\# \text{ de fallas}}{\# \text{ total de fallas}}$$

Ec. (9)

Debido a que el método de Weibull tiene una alta confiabilidad, en los datos obtenidos no es recomendable usar la anterior ecuación, de esta manera y para una

aproximación superior de  $F(i)$  se utilizan las cantidades de rango medio, que se encuentran tabulados y se obtienen a partir de la ecuación que se presenta a continuación: [5] [6].

$$\sum_{r=i}^n \frac{n!}{r!(n-r)!} [F(i)]^r [1 - F(i)]^{n-r} = 0.5$$

Ec. (10)

Donde:

$i$  = Representa el número de orden de la observación, es decir del número de falla

$n$  = Representa el tamaño del ejemplo o de la muestra, es decir el total de fallas [5] [6].

Para los tamaños de muestra mayores a 20, se debe aplicar la fórmula de aproximación de rangos medios que se presenta a continuación:

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

Ec. (11)

Para el caso en el que se presenten tamaños de muestra mayores a 100, se debe utilizar la ecuación que se presenta a continuación:

$$F(i) = \frac{i}{n+1}$$

Ec. (12)

Una vez determinado los parámetros, se elabora una tabla de valores.

**Tabla 5.-** Ejemplo tabla de valores que son usados para el porcentaje de falla [5].

Tiempo de falla	Porcentaje de falla acumulativa F(i)
T1	F (1)
T2	F (2)

Tiempo de falla	Porcentaje de falla acumulativa F(i)
T3	F (3)
T4	F (4)
Tn	F(i)

Cabe señalar que las cantidades calculadas pertenecen a valores con una certeza o confianza del 50%, por lo que es concebible incrementar el valor y la confianza a través de métodos gráficos sobre el papel de Weibull, con la información tabulada con anterioridad [5] [6].

**Paso 3:**

En el papel de Weibull, las estimaciones del tiempo de falla se grafican en el eje x y en el eje y se grafica la distribución acumulativa, obteniendo de esta forma una secuencia de puntos en los que se dibuja una línea, misma que contiene una cantidad mayor de datos como se presenta en la figura 7 [5] [6].

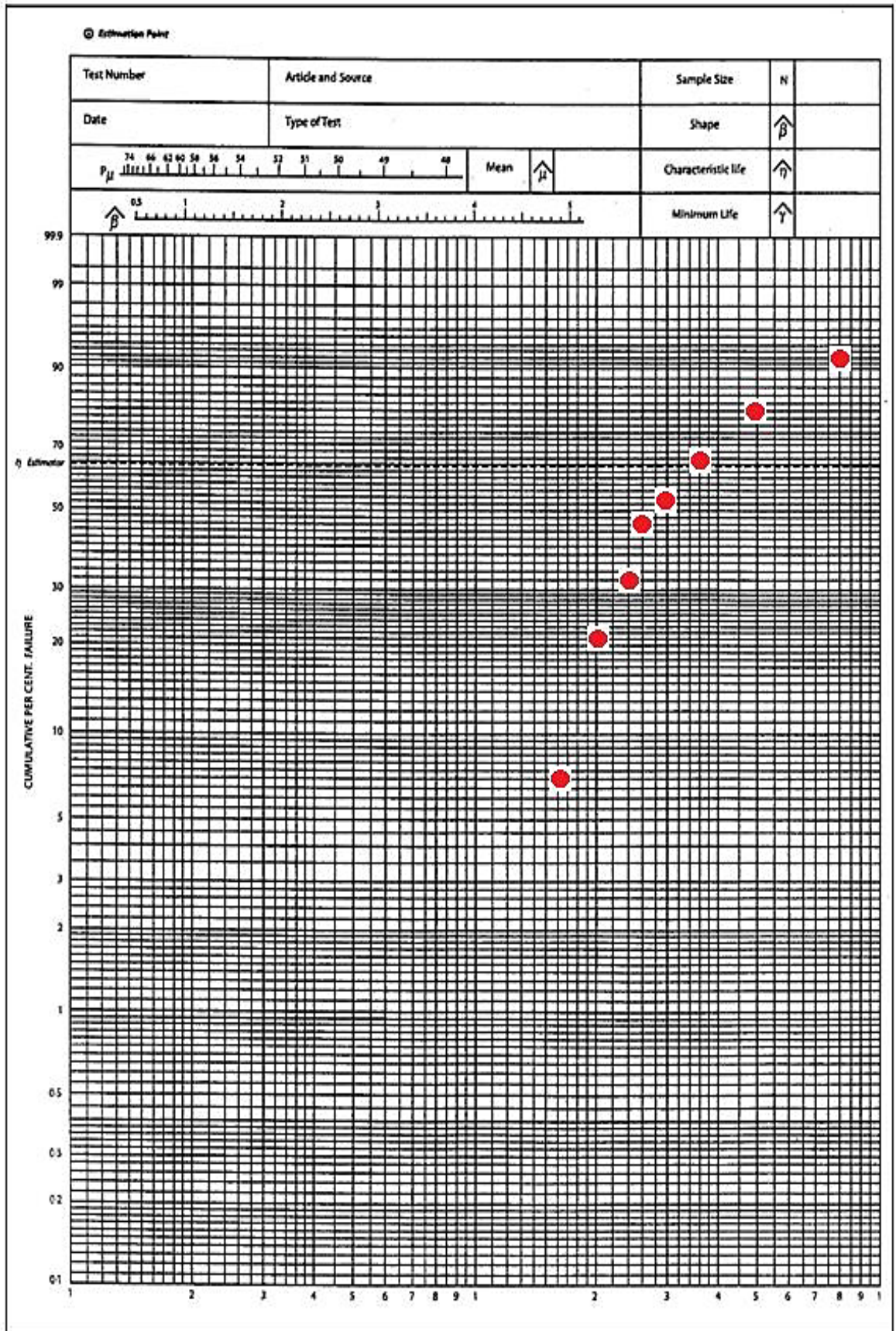
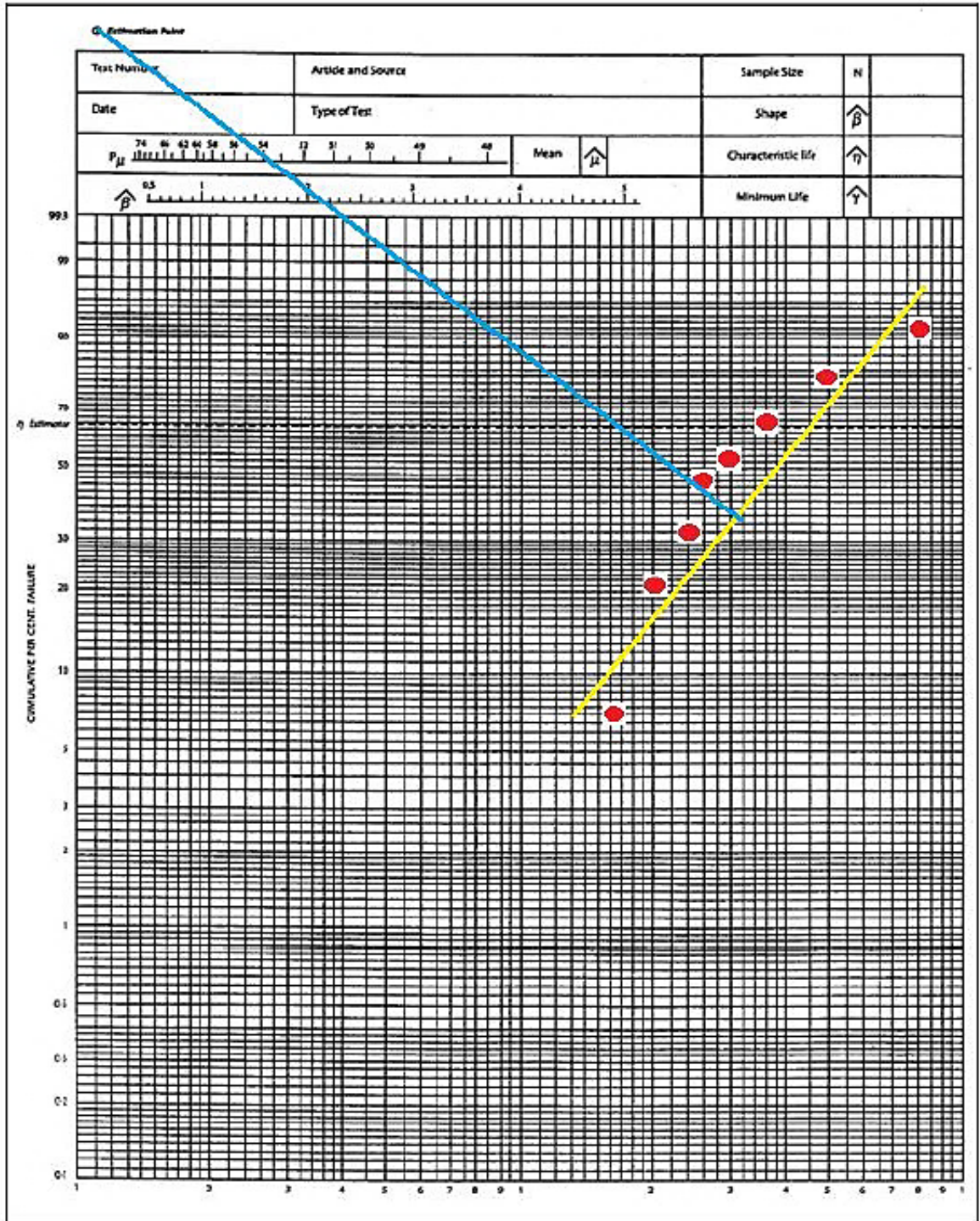


Figura 7.- Ejemplo de la aplicación de los datos obtenidos en papel de Weibull [5].



**Paso 4:**

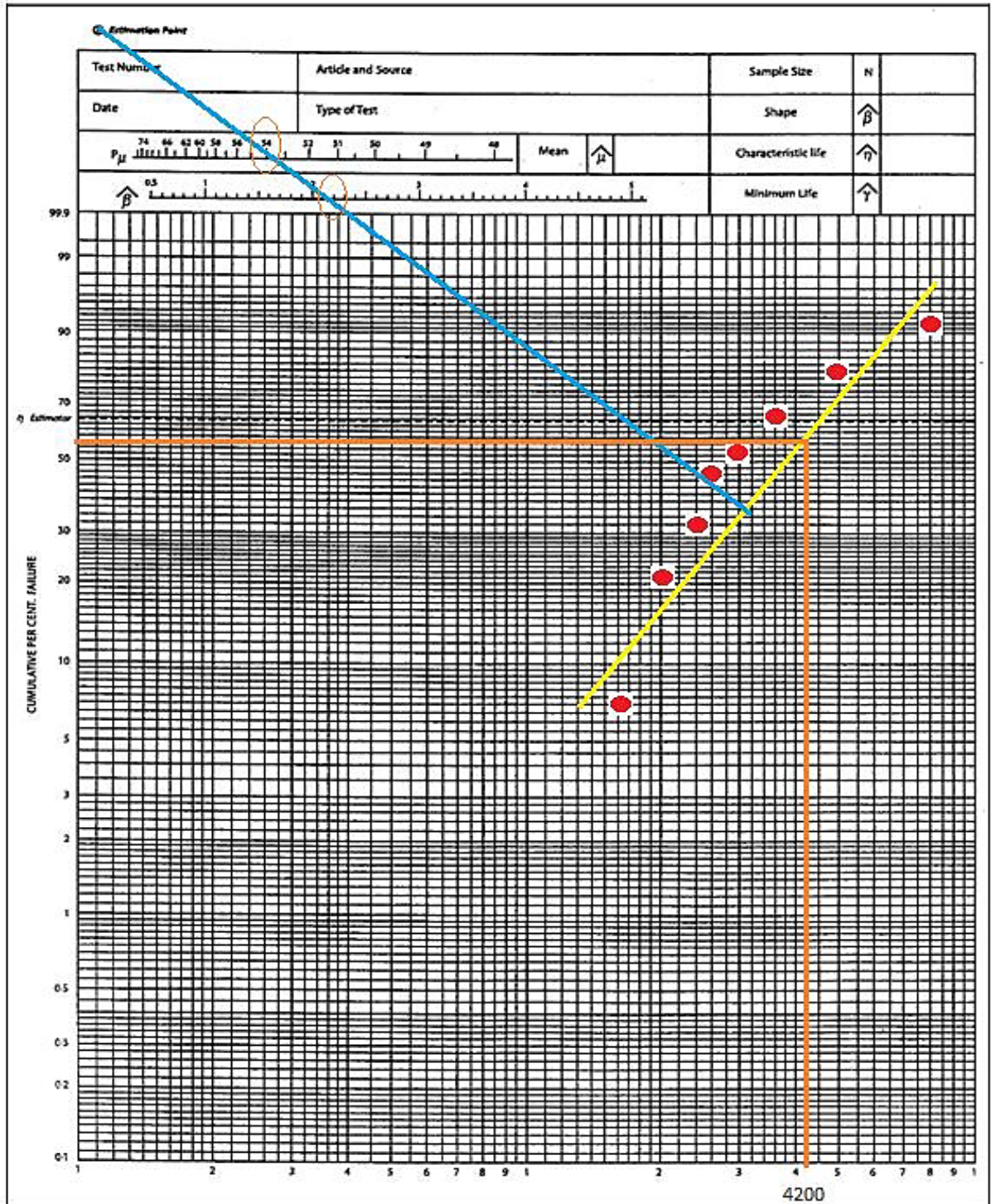
Para obtener los parámetros  $\beta$  y  $P\mu$ , primero se realiza una recta perpendicular a la recta que anteriormente fue graficada, esta línea es trazada desde el punto de referencia, es decir desde el punto de estimación situado en la parte superior izquierda del papel de Weibull como se presenta en la figura 8 [5] [6].



**Figura 8.-** Ejemplo de la obtención de los parámetros  $\beta$  y  $P\mu$  [5].

**Paso 5:**

Con el parámetro  $P_{\mu}$  obtenido, se traza desde el eje y, una línea horizontal hasta ubicar la línea de tendencia trazada, en ese punto se proyecta la misma línea hasta ubicar el eje x (figura 7), de esta forma se obtiene la media (MTBF), misma que debe ser multiplicada por 100 [5] [6].

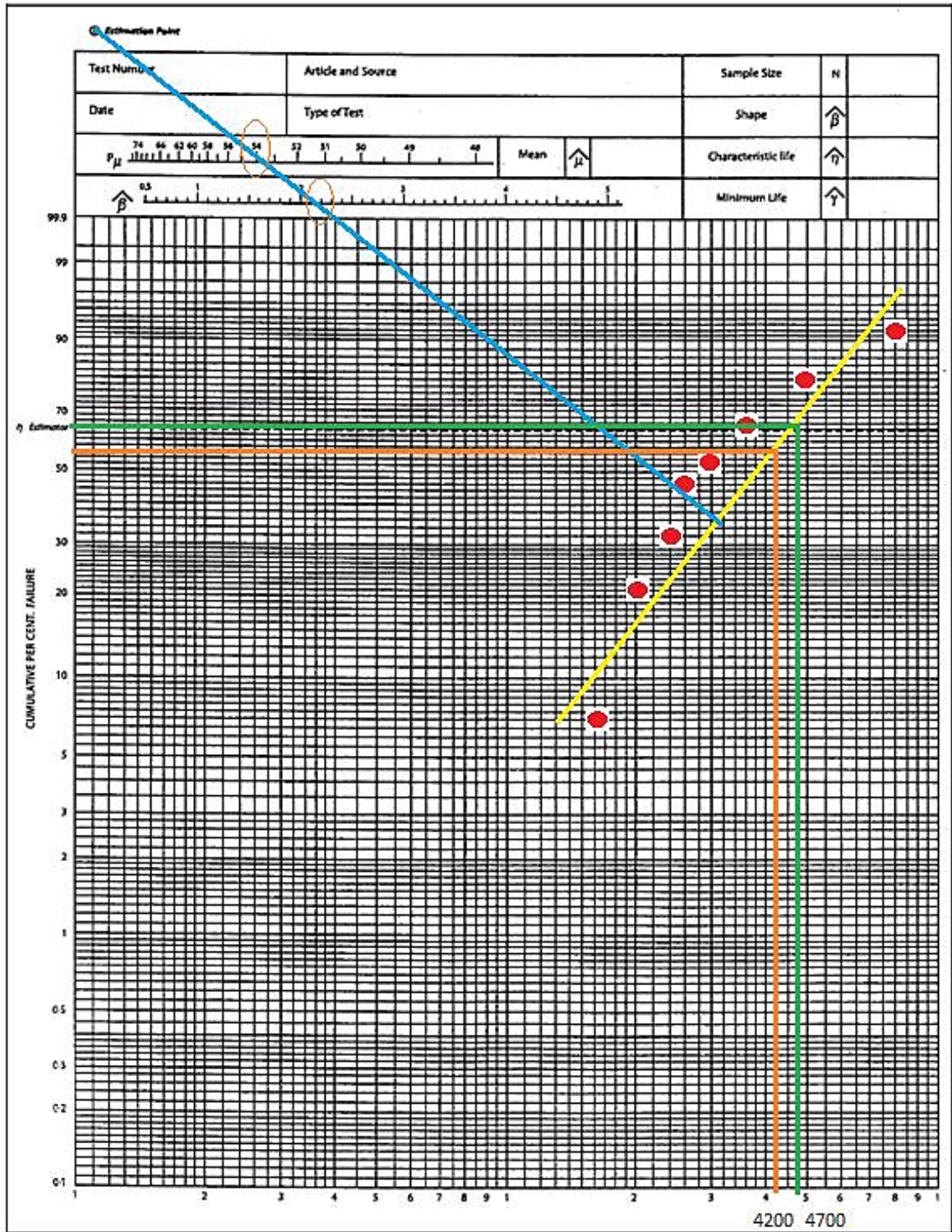


**Figura 9.-** Ejemplo de la obtención de los datos de la media (MTBF) [5].



**Paso 6:**

Finalmente se dibuja una recta horizontal desde el punto de referencia "n estimador" de tal forma que llegue a la línea de tendencia y luego se proyecta hacia el eje x, tal y como aparece la línea verde en la figura 10 [5] [6].



**Figura 10.-** Ejemplo de obtención de n estimador [5].

En la siguiente ecuación se reemplaza los parametros obtenidos con anterioridad.

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

Ec. (13)

Donde:

$t_0$  = Representa el Tiempo de operación (h)

$\beta$  = Representa el Parámetro de forma: representa la pendiente de la recta describiendo en gran parte el grado de variación que se encuentra en la tasa de fallos

$\gamma$  = Representa el Parámetro de localización, es decir la vida mínima ( $\gamma = 0$ )

$n$  = Representa el Parámetro calculado de papel de Weibull [5] [6].

Existe una curva denominada como curva típica de fallos, conocida comunmente como curva de la bañera, que trata de representar los diversos tipos de falla que algún componente de un equipo o un equipo en sí, sufre desde su inicio hasta el final de su valioso ciclo de vida útil. En la Figura 11 se muestra la curva que representa los tres componentes que estructuran la curva típica de fallos o curva de la bañera [6].

#### 1.4.12. Normativas legales:

##### 1.4.12.1. NTP 331 - Fiabilidad: la distribución de Weibull

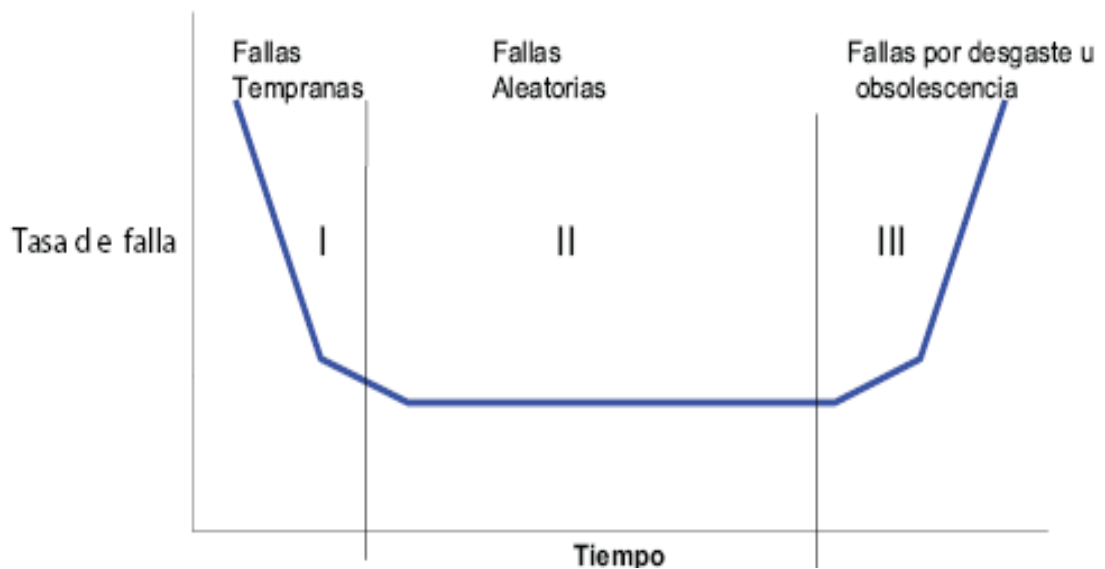


Figura 11.- Ejemplo de la Curva de la bañera [6].



Para valores de  $\beta < 1$  se debe comparar con una zona de fallas tempranas, conocida como zona de mortalidad infantil, en la cual se procede a realizar un mantenimiento denominado predictivo; consecuentemente para valores de  $\beta > 1$  se debe comparar con una zona de fallas por desgaste o también llamada zona de envejecimiento, por lo cual se procede a realizar un mantenimiento denominado preventivo [6].

Esta nota técnica especializada permite descubrir una especie de distribución estadística que se aplica en las investigaciones de la fiabilidad en cuestiones identificadas con la fatiga y la vida útil de piezas y materiales. Utilizando la distribución de Weibull, que fue realizada por un especialista sueco; esta distribución se describe considerando la tasa variable de fallos, además posee la característica de ser flexible y cambiante de acuerdo con una amplia variedad de funciones de componentes y sistemas [10].

#### **1.4.12.2. NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE**

La nota técnica especializada de prevención 679 (Anexo II), se utiliza para demostrar el análisis modal de fallos y efectos de elementos que son una parte fundamental en los procesos o productos, además de ser una estrategia cualitativa que por sus cualidades es útil para la completa prevención de riesgos, incluidos también los riesgos laborales [11].

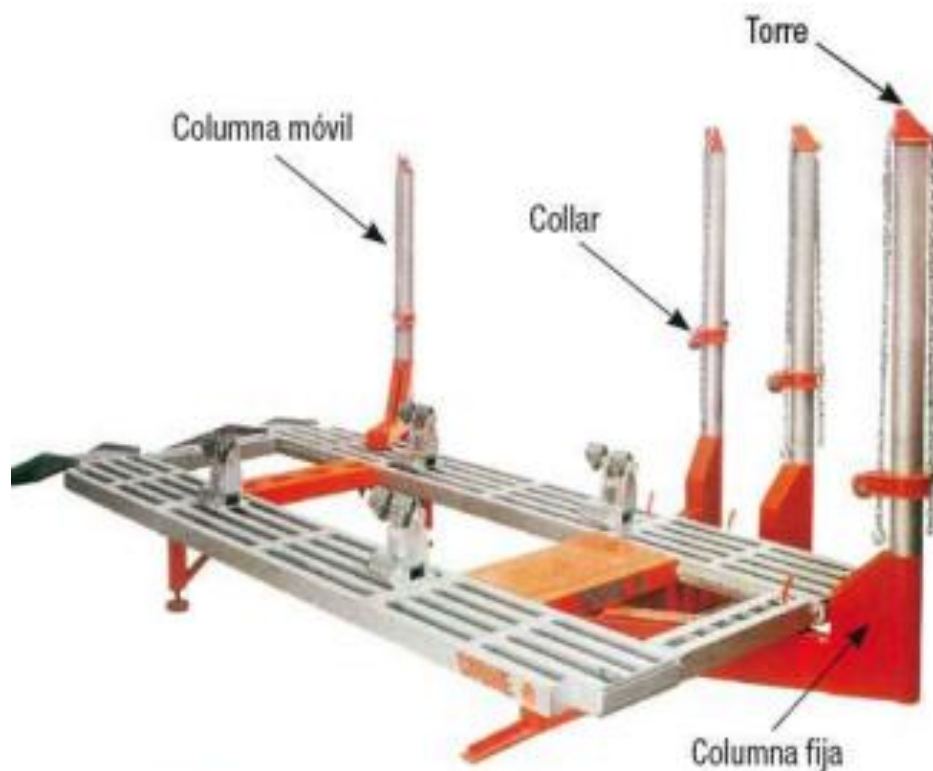
#### **1.4.13. Cama de Enderezado.**

La cama de enderezado o también llamada banco de estiraje, es un equipo imprescindible en talleres comprometidos con la reparación de carrocerías.

Se utiliza para recuperar las primeras medidas en aquellos vehículos cuya estructura soportó los resultados de un percance. Nos ayuda en gran forma a recuperar las medidas originales del vehículo y restablecer la apariencia estética y funcional, para que el vehículo tenga la opción de estar nuevamente operativo y con las mismas configuraciones y condiciones originales de fábrica [12].

Una cama de enderezado se compone de una serie de travesaños, largueros, cadenas, portos y rodamientos que se organizan longitudinalmente a lo largo de la cama de enderezado, mismos que permiten que el vehículo sea corregido sin riesgo de desniveles o desviaciones a la hora de estirarlo.

Los accesorios y herramientas de la cama de enderezado pueden variar según el fabricante y según las necesidades de cada taller [12].



**Figura 12.-** Partes de una cama de Enderezado [12].

Las características físicas y técnicas son las que llegan a diferenciar a estos equipos, brindando mayor apertura al operador o cambiando de acuerdo con el espacio físico donde se desea colocar la máquina. Existen 4 tipos de camas de enderezado, que se presentan a continuación:

- Bancadas de control positivo
- Bancadas universales
- Bancadas de sistema óptico de medición
- Bancadas de sujeción al piso

#### **1.4.14. Spotter**

El spotter es quizás la innovación más reciente en cuanto a enderezado se refiere, se trata de un equipo de disparo electrónico de alta precisión que tiene algunos accesorios que se utilizan para enderezar láminas y superficies, con este equipo se asegura un trabajo fantástico ya que los ataques realizados en la superficie casi no dejan marca [13].

Esta máquina está equipada y preparada para reparar cualquier tipo de daño existente en las láminas de un vehículo, sin necesidad de golpear, lijar o rayar el vehículo ya que cuenta con un control avanzado en el que se puede regular el tiempo y la potencia de absorción [13].



**Figura 13.-** Partes de un spotter [13].

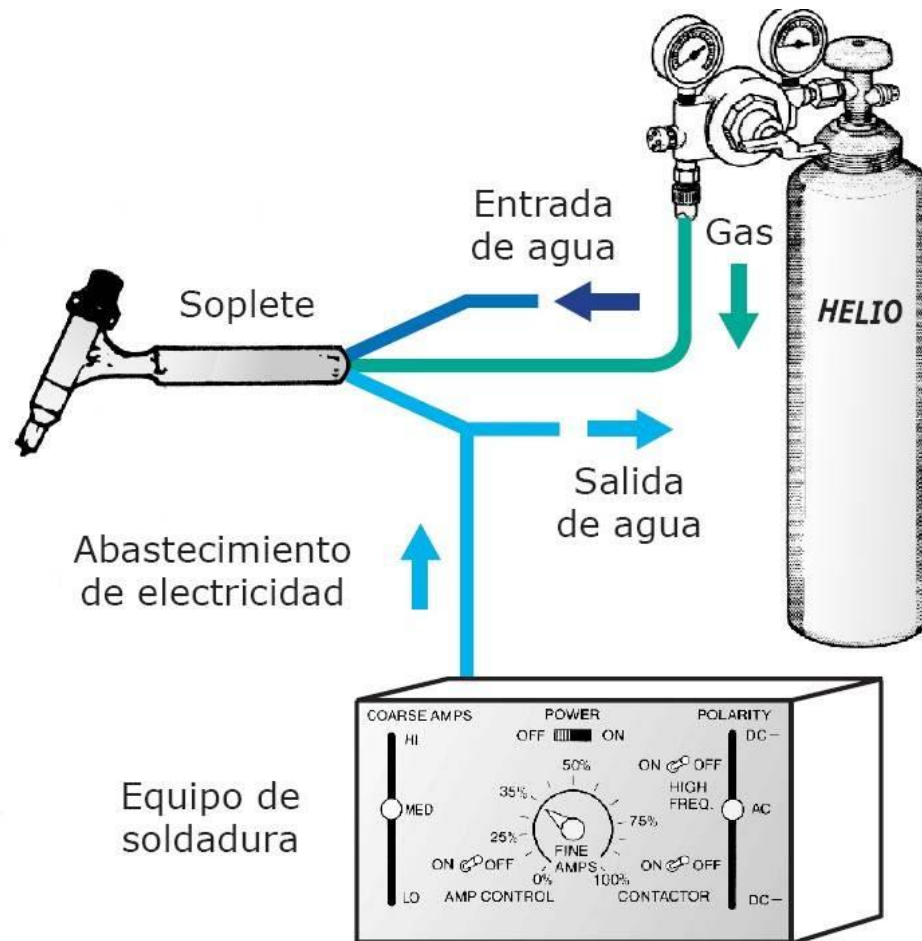
#### **1.4.15. Soldadora MIG**

Es una máquina que se utiliza para soldar o unir diferentes tipos de láminas metálicas de varios espesores y de diferentes materiales que utiliza un electrodo conformado por un alambre continuo y además consta de una atmosfera protectora de un gas inerte, provisto de forma remota y externa, en su mayor parte helio, argón o una combinación de ambos. La razón del gas protector es desplazar el aire con la finalidad de eliminar la posibilidad de que la soldadura se contamine con el oxígeno y el nitrógeno presentes en el medio ambiente [14].

La eficiencia que representa este tipo de soldadura es del 80% - 95%, es un proceso considerado como versátil ya que tiene la opción de almacenar el metal rápidamente y en todas las posiciones. Este sistema se utiliza ampliamente en espesores pequeños y medianos específicamente en estructuras de acero y también es utilizado para aleaciones de aluminio, particularmente donde se requiere mucho trabajo manual. La

presentación de alambres tubulares es especialmente positiva para la creación de estructuras pesadas donde se requiere una alta resistencia de la soldadura [14].

Esta máquina utiliza un electrodo metálico que se usa como material de relleno para soldar, por lo cual es consumible. La soldadura MIG se creó para metales no ferrosos, sin embargo, tiende a aplicarse al acero [14].



**Figura 14.-** Partes de una soldadora MIG [14].

Las principales ventajas que se obtienen al utilizar una soldadora MIG se presentan a continuación: [14].

- Se puede soldar en cualquier posición ya que es una máquina muy versátil.
- Presenta un buen acabado final ya que produce pocos salpicados al momento de soldar.
- Produce muy poca formación o acumulación de gases contaminantes y tóxicos.
- Se puede soldar láminas con espesores de 0,7 a 6 mm sin preparación de bordes.

- Es un proceso semiautomático o automático, el cual ya no depende tanto de la habilidad que posea el operador.
- Alta productividad o tasa de metal adicionado, es decir con la ayuda de esta máquina se puede depositar grandes cantidades de metal, en comparación con el proceso de electrodo revestido se puede decir que la soldadora MIG deposita tres veces más y además presenta buena calidad en el trabajo final.

#### 1.4.16. Soldadora PAW (Plasma Arc Welding)

Es una máquina que se utiliza principalmente para soldar o unir materiales de excelentes calidades, por ejemplo, los requeridos en el desarrollo de la industria aeroespacial y en la industria petrolera. El tipo de soldadura creada por esta máquina no degrada el metal base, no produce escoria y puede utilizarse para soldar los mismos materiales que se sueldan con la soldadora TIG y otros compuestos y materiales excepcionalmente delgados. La soldadura por plasma llega a una densidad energética y a unas temperaturas muy superiores a la TIG, puede alcanzar una temperatura entre los 20.000 y los 28.000°C. y además se debe tener en cuenta que el arco eléctrico se forma entre el electrodo y la pieza a soldar [15].

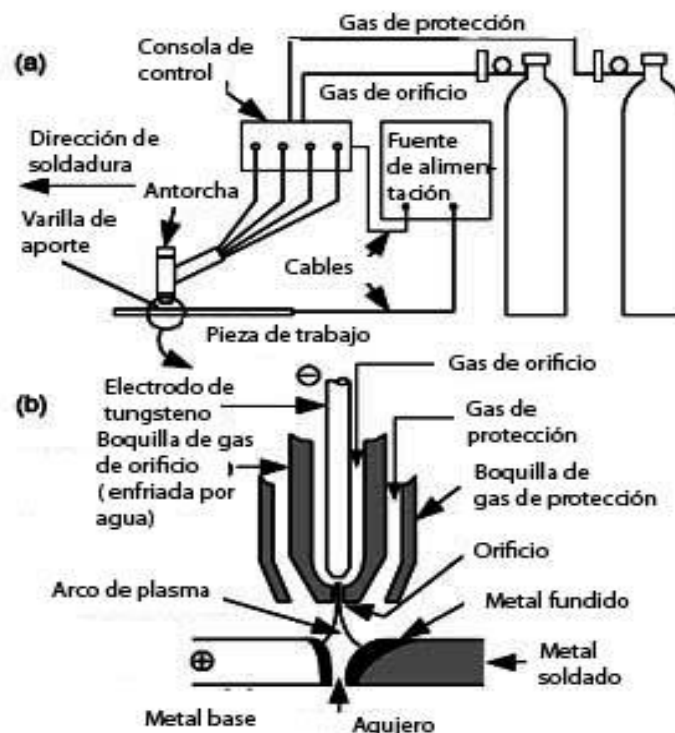


Figura 15.- Partes de una soldadora PAW [15].

La energía para lograr la ionización se logra mediante el arco eléctrico que se estructura entre el electrodo y el metal a soldar. En la soldadura por plasma se utiliza un gas, en su mayor parte argón puro, que pasa a un estado de plasma a través de un orificio de disminución que estrangula la sección por donde circula el gas, acelerando consecuentemente la velocidad del mismo, guiándolo hacia el metal que se desea soldar. La corriente de gas de plasma no protege al arco, al baño de fusión ni mucho menos al material que está expuesto al calentamiento que produce la atmósfera, por lo que en este caso se utiliza un segundo gas protector para asegurar todo el conjunto antes mencionado. Los electrodos que se utilizan para este tipo de soldadura por plasma se producen generalmente con tungsteno sinterizado [15].

#### **1.4.17. Cabina de Pintura**

Una cabina de pintura es un local totalmente cerrado, se puede decir que tiene un cierto nivel de hermeticidad, por el que pasa aire caliente a una velocidad específica para tener la opción de pintar y secar la pintura aplicada a un vehículo en el menor tiempo. La cabina de pintura está compuesta por: cabina o cámara, filtros y controladores electrónicos [16].

#### **Funcionamiento durante la fase de pintado**

Durante la aplicación de la pintura, las turbinas de impulsión y extracción realizan una circulación interna de aire con características puras, a partir de la admisión (nº 1), matando las partículas residuales cuando el aire pasa por los canales o filtros principales (nº 2), en ese punto el aire se envía al punto más alto del techo de la cabina. Este aire, que ha sido previamente filtrado por los canales de algodón, fluye hacia abajo desde la parte superior y se libera fuera de la cabina a través de las rejas del piso (nº 3) y se dirige hacia el basamento (nº 4). Durante el ciclo, dentro de la cabina se mantendrá una sobrepresión constante, con la finalidad de que no ingrese polvo [16].

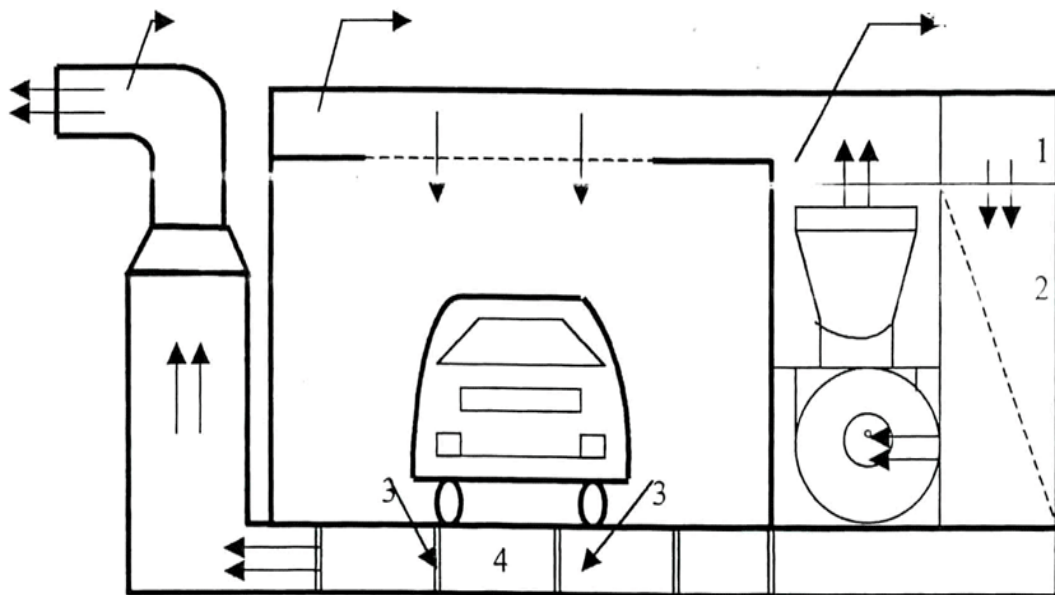


Figura 16.- Funcionamiento de la cabina durante la fase de pintado [16].

### Paneles de la cabina

Los paneles o paredes de la cabina están fabricados con chapa metálica de espesor entre 0,376 mm y 0,426 mm, aislado mediante poliestireno extruido. La acción protectora del poliestireno ofrece una resistencia térmica que disminuye los grados de temperatura de la salida al exterior de la temperatura transmitida por el grupo generador, superior a otros tipos de aislantes [16].

Las ventajas que ofrece el poliestireno extruido son las que se presenta a continuación:

- Retarda la acción del fuego
- Es absolutamente ecológico y no afecta a la salud.
- Ofrece una notable protección frente a la presión del aire

### Filtros y Prefiltros

La manta filtrante del techo está hecha de fibra de poliéster en capas unidas entre sí por un aglomerante plástico, diseñado para filtrar hasta la molécula más pequeña de polvo. El tramo inferior del filtro se fortifica con una malla protectora [16].

El filtro del piso es muy especial ya que está hecho de fibra de vidrio para filtrar hasta la molécula más pequeña de polvo, con una característica muy importante, la cual es que este filtro no es inflamable [16].

### **Turbo ventilador de arranque directo**

La cabina de pintura de automóviles utiliza ventiladores centrífugos con palas invertidas de alta presión. La principal característica de este ventilador es su gran caudal de aire y sobre todo poder mantener el caudal a pesar de todas las pérdidas debido a los filtros, tuberías de salida, etc., por ello están diseñadas para instalaciones industriales y cabinas de pintura para los automóviles. Además, el acoplamiento sin correas ni poleas, es decir un acople directo con el motor, elimina dispersiones de potencia hasta en un 20%, cabeceo. Las principales características que posee este ventilador se presentan a continuación: [16].

- Flujo de aire constante, incluso si aumenta la suciedad en los filtros del techo.
- Mayor duración de los filtros, manteniendo la velocidad de paso del aire.
- Menor coste de mantenimiento con respecto a la sustitución de correas, ruidos, desequilibrios, etc.

#### **1.4.18. Horno de Pintura**

Durante la utilización del intercambiador de calor y mediante el controlador del quemador, se puede aumentar o disminuir la temperatura de los 2 ventiladores principales, de esta manera mejora la circulación interna del aire “frío”, que luego se calentará al pasar por el intercambiador de calor. En ese momento, el 80% del aire estará recirculando, lo que se traduce en un considerable ahorro de energía. Una vez alcanzada la temperatura deseada e indicada en el panel de control, el quemador se detiene para seguir dejando recircular el aire caliente. Una vez alcanzado el tiempo indicado para la fase de calentamiento, se mantiene la impulsión de aire frío durante unos 10 minutos con la finalidad de conseguir el contraste de lo que es la fase de secado [16].





**Figura 17.-** Horno de pintura [16].

El quemador generalmente tiene un límite de calor de 130.000 Kc / h. es más, es de aire impulsado, es decir el aire y, en ocasiones también el gas-oil, son proporcionados mediante métodos de ventilación forzada. El ciclo de trabajo es visto como un tiempo de precalentamiento de la cámara de combustión, el servomotor acciona la mariposa de aire dejándola completamente abierta. Durante este período, la válvula solenoide de gasoil se cierra. Después de esta progresión, con la mariposa de aire y la mariposa de gasóleo situadas al mínimo, se activa la electroválvula. Ahora, aparece la chispa del electrodo, se inicia el servomotor que crea la mezcla de aire / combustible y se enciende el fuego.



**Figura 18.-** Quemador diésel [16].

Pasado el tiempo configurado a la fuerza más extrema, el quemador procede en estas condiciones de trabajo hasta llegar a la temperatura del termostato o regulador interior, en ese punto a través del servomotor, se establece la utilización base o consumo mínimo, hasta que exista un interés más prominente de calor por parte del generador. También se puede usar el gas natural en lugar del gas-oil [16].

#### 1.4.19. Compresor

Un compresor es un motor de calor destinado a aumentar la presión de tipos específicos de líquidos llamados compresibles, por ejemplo, gases y vapores. El aumento de presión se lo realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el líquido, en el que el trabajo realizado por el compresor se traslada al líquido o fluido, ampliando su factor de presión y la energía cinética, conduciéndolo a fluir [17].

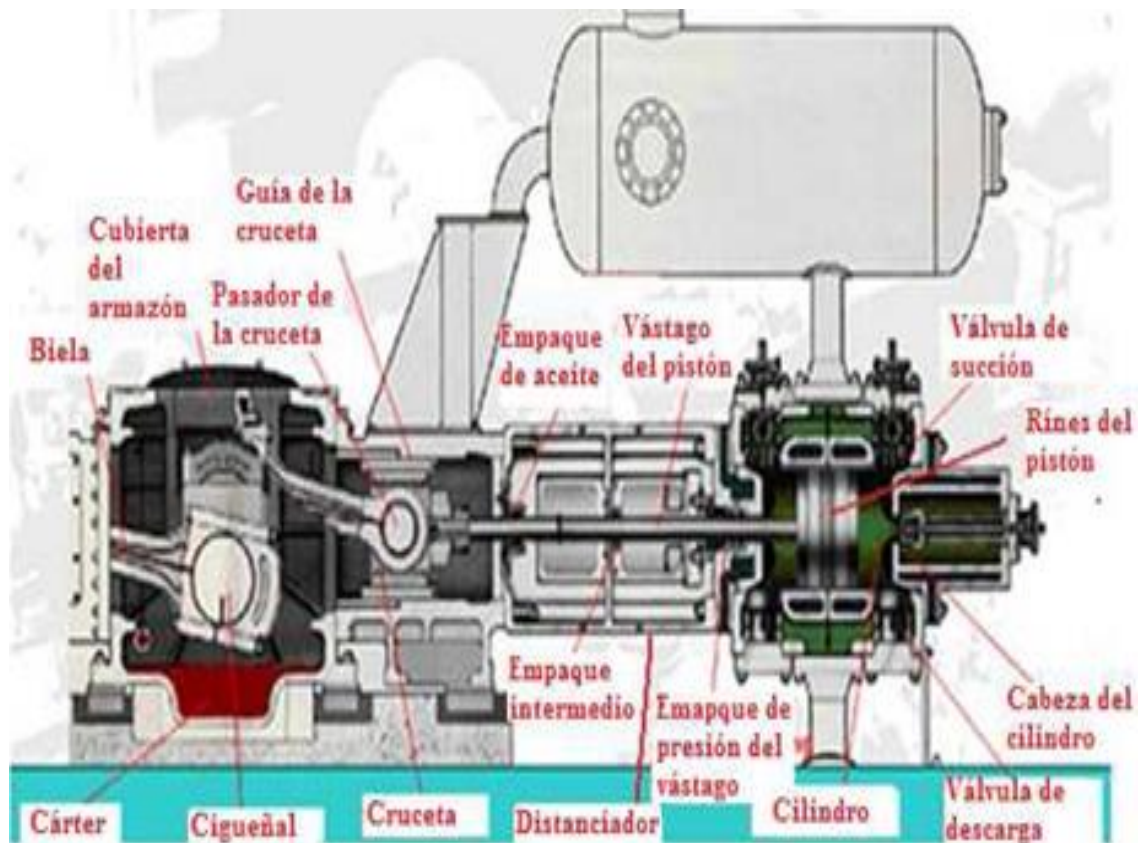


Figura 19.- Partes que conforman un Compresor [17].

Al igual que las bombas, los compresores además mueven líquidos o fluidos, pero estas son máquinas térmicas ya que utilizan un líquido o fluido compresible y pasan por un aparente cambio de densidad y, en su mayor parte, también de temperatura, mientras que las bombas son consideradas máquinas hidráulicas [17].

Los compresores están organizados o clasificados según la técnica de intercambio de energía. Hay varios tipos de compresores atmosféricos, sin embargo, todos hacen un trabajo similar: toman aire de la atmosfera, lo comprimen en gran forma para gestionar o realizar el trabajo y lo devuelven para ser reutilizado [17].

Los diferentes tipos de compresores existentes se los presenta a continuación:

- Compresor de desplazamiento positivo
- Compresor de émbolo
- Compresor de pistón
- Compresor de doble etapa
- Compresor de tornillo (caracol)
- Compresor con sistema pendular Taurozzi
- Compresor alternativo o reciprocante
- Compresor de espiral (orbital, scroll).
- Compresor rotativo de paletas
- Compresor rotativo-helicoidal (tornillo, screw)
- Compresor rotodinámico o turbomáquina

#### **1.4.20. Lámpara de Secado de Pintura**

El equipo de radiación infrarroja proporciona secado de partes o piezas de adentro hacia afuera. Esta maravilla tiene su explicación<sup>1</sup>: cuando la superficie productora de radiación (pantalla o lámpara) se centra alrededor de la pieza y en una separación específica de ella, la radiación pasa por el aire sin calentar la película aplicada, más tarde se consume y después llega a todo el espesor de la pieza, que eleva su temperatura y la envía a la pintura por conducción [18].

Su utilización está actualmente más dispuesta al secado de pinturas de fondo, es decir los masillados, esto es debido a su secado rápido, que tarda entre 15 - 20 minutos aprox. La temperatura llega a un nivel en la superficie de 60 – 70°C [18].

Al contrastar la radiación infrarroja frente al secado en el ambiente, se presenta una disminución de tiempos en el rango de 67 y 75%. La introducción de este tipo de tecnología en el ciclo de secado en el pintado de vehículos es absolutamente viable. A pesar del hecho de que el gasto del equipo puede ser de vez en cuando un poco alto, la

inversión se recupera inmediatamente debido a la disminución de tiempos muertos de todo el proceso [18].



**Figura 20.-** Lampara de Secado de pintura [18].

#### **1.4.21. Pistola de pintura**

La pistola de pintura es una herramienta que funciona debido a una corriente de aire comprimido que, debido a la directriz del tubo Venturi, atomiza el fluido o líquido contenido en un tanque, por esta razón a lo largo de estas líneas, el fluido se atomiza y permite que se aplique en cualquier superficie de una manera uniforme, logrando así un increíble acabado [18].

Las partes por las que se encuentra conformada una pistola de pintura son: un cuerpo metálico grande y por allí, un gatillo, una tobera donde va enroscada la boquilla, un compartimiento para poner la pintura y una manguera para distribuir el aire comprimido, en algunos modelos de alto nivel incorporan un manómetro para revisar la presión de aire y así poder regularla [18].

Al apretar el gatillo se abre una válvula interna que dirige la sección de aire comprimido, así como también su flujo, lo que permite gestionar o regular la velocidad de distribución de la pintura, así como también su cantidad [18].



**Figura 21.-Pistolas de Pintura [18].**

### **Tipos de pistolas de pintura**

Existen varios tipos de pistolas de pintura, las mismas que se presentan a continuación [18].

- Pistolas neumáticas
- Pistolas HVLP (alto volumen, baja presión)
- Pistolas LVLP (bajo volumen, baja presión)
- Pistolas con recipientes de depósito fijos
- Pistolas con recipientes de depósito con regulador de posición
- Pistolas de pintar electrostáticas



### 1.4.22. Lijadora

Es una máquina que, mediante el montaje de un papel de lija o tela de lija, permite completar el proceso hacia el lijado de una superficie, por y madera grande, tiende a ser utilizada para lijar varios materiales y se le conoce también como un instrumento semiautomático. Hay lijadoras manuales y lijadoras fijas, que por lo tanto pueden ser cinturón, orbital o de contacto [18].



**Figura 22.-** Lijadora [18].

Existen tres tipos de lijadoras, las mismas que se presentan a continuación: [18].

- Lijadora manual
- Lijadora de banda
- Lijadora orbital o vibratoria

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. Materiales y Recursos**

##### **2.1.1. Recursos Humanos**

- Estudiante de la Universidad Técnica de Ambato.
- Jefe de Taller de la empresa “Kia Motors S.A.”
- Tutor del proyecto de investigación.
- Miembros de la unidad de titulación de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

##### **2.1.2. Recursos Institucionales**

- Biblioteca virtual de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Instalaciones de la empresa “Kia Motors S.A.”

##### **2.1.3. Recursos materiales**

- Laptop Dell Inspiron Intel Core i7
- Material de oficina
- Calculadora Casio fx-570
- Nota Técnica de Prevención NTP 331
- Nota Técnica de Prevención NTP 679

##### **2.1.4. Recursos económicos**

Para la elaboración del proyecto técnico son necesarios varios recursos económicos, mismos que son descritos en la tabla 6, en ella se detalla el recurso, la cantidad, el costo de cada uno y el costo total. Estos recursos económicos pueden variar durante la elaboración del proyecto.

**Tabla 6.- Recursos económicos**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Adquisición de Notas Técnicas de prevención	1	\$ 320
Trasporte	1	\$ 70
Material de oficina	1	\$ 100
Uso de internet	1	\$ 70
Calculadora	1	\$ 15
Computador portátil	1	\$ 500
Bibliografías	1	\$ 40
Costos varios (Alimentación, imprevistos)	1	\$ 50
	<b>TOTAL</b>	\$ 1165

## **2.2. Métodos**

Para la elaboración del proyecto de investigación, primero procederé a identificar los parámetros de mantenimiento preventivo y predictivo para el área de enderezada y pintura, luego los analizaré con la distribución de Weibull, utilizando la nota técnica de prevención NTP 331 la cual permitirá determinar la tasa de fallos de los componentes de cada una de las máquinas.

Para identificar de cierta manera el estado actual de las máquinas, se continuará examinando por observación y obtención de información, así como también por métodos estadísticos, se reconocerán las diversas tareas de mantenimiento que se realiza, y posteriormente se realizará una matriz de criterios ponderados AMFE, permitiendo de esta manera evaluar las tasas o ritmos de fallo y las causas y efectos que producen la falla en cada una de las máquinas, todo esto se lo realizará tal y como lo indica en el análisis modal utilizando la nota técnica de prevención NTP 639.

Para determinar la fiabilidad que tendrán cada una de estas máquinas, se usará la nota técnica de prevención NTP 331, misma que detalla los parámetros para realizar la



distribución de Weibull, sin perjuicio de realizar una investigación en forma cuantitativa de los fallos y efectos que han ocurrido en las máquinas.

Para elaborar el plan de mantenimiento se contemplarán las metodologías arriba descritas, así como también sus componentes y funciones, lo que permitirá hacer un registro de mantenimiento para asegurar la organización del plan de mantenimiento.

### **2.3.Modalidad de la investigación**

#### **2.3.1. Investigación aplicada**

En este proyecto se utilizará la información y conocimientos obtenidos durante el transcurso de la carrera universitaria, con el objetivo de construir un plan de mantenimiento enfocado en la disponibilidad y confiabilidad para las máquinas del área de enderezado y pintura de la empresa "Kia Motors S.A.", para mejorar las funciones de cada una de ellas y reducir en gran forma las paradas intempestivas, aumentando y profundizando la información obtenida.

#### **2.3.2. Bibliográfica documental**

La búsqueda de la información necesaria para el desarrollo del proyecto será profunda en: libros, normas, artículos científicos, proyectos de investigación y en notas técnicas respecto a prevención, todas obtenidas de internet; con la intención de distinguir las diferentes metodologías, hipótesis y análisis de distintos escritores, datos de extrema significancia para determinar las técnicas adecuadas para elaborar la metodología de la investigación.

#### **2.3.3. Investigación de campo**

Esta investigación será realizada para examinar las fallas en el lugar en el que ocurren, de esta forma se adquiere contacto con la verdad sobre el estado de las máquinas en la empresa "Kia Motors S.A.", logrando ejecutar un estudio mediante la observación directa de las mismas, adquiriendo en consecuencia los datos e información necesaria para realizar el proyecto.

#### **2.3.4. Recolección de la información**

Para la recolección de los datos e información se utilizarán las estrategias descritas anteriormente, las cuales serán llevadas a cabo a través de la observación directa,

análisis estadísticos, información bibliográfica, trabajos científicos y proyectos de titulación.

Se realizará observación directa de los sistemas de cada una de las máquinas, usando registros y fichas técnicas para reportar las causas y efectos de las fallas, incluyendo a los antecedentes de mantenimiento de estas.

### **2.3.5. Desarrollo del proyecto**

- Definición del contexto operacional de cada una de las máquinas que conforman el área de enderezado y pintura.
- Identificación de los diferentes sistemas que componen cada una de las máquinas
- Elaboración del análisis de criticidad y jerarquización de los sistemas que componen cada una de las máquinas.
- Elaboración del análisis de modos y efectos de fallas de los sistemas que componen cada una de las máquinas
- Ejecución de un plan de mantenimiento para los sistemas críticos de cada una de las máquinas
- Elaboración del informe final

En el diagrama de flujo que se presenta a continuación, detalla el proceso para la elaboración del trabajo técnico, acatando las especificaciones mencionadas anteriormente.

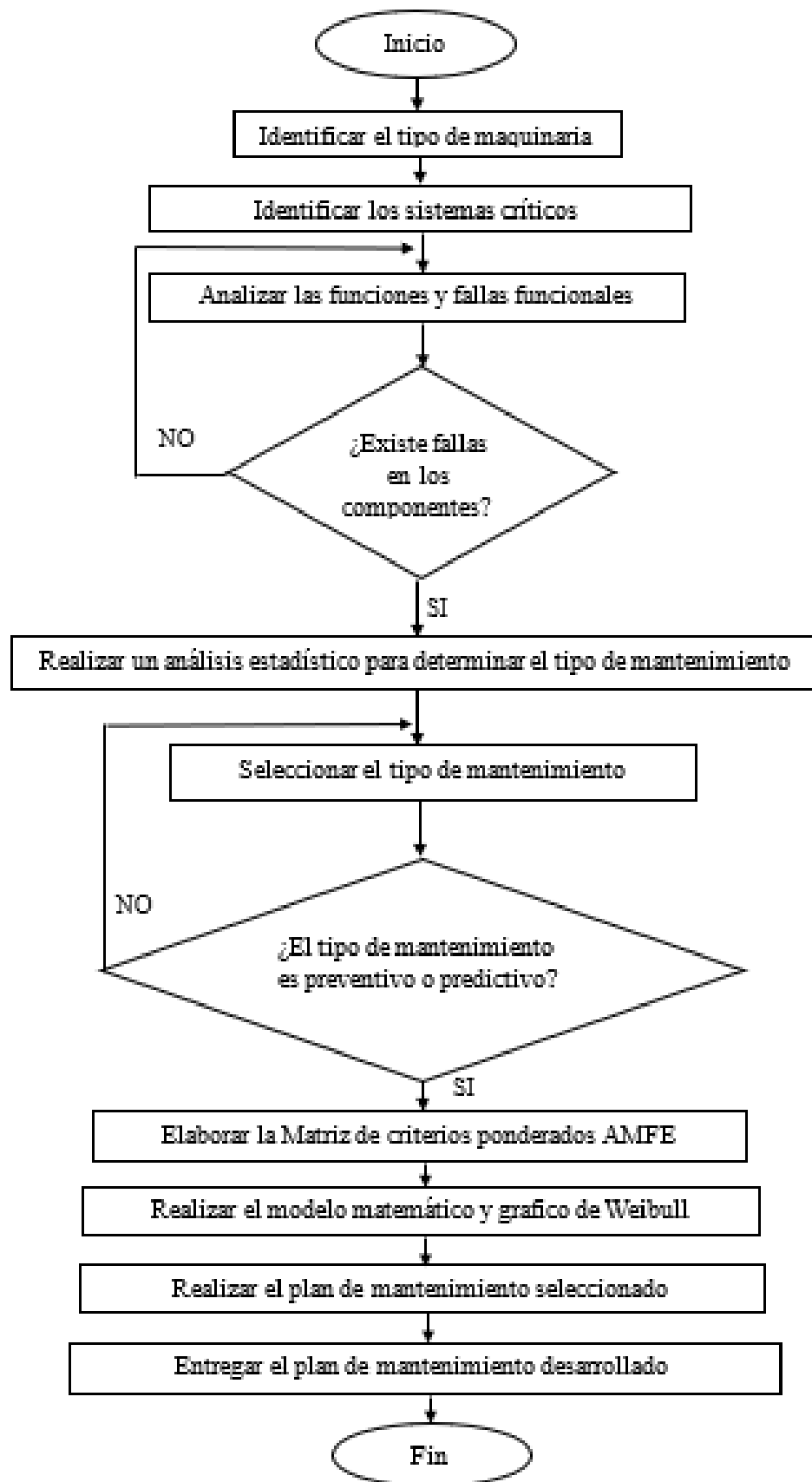


Figura 23.- Diagrama de Flujo del plan de mantenimiento

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1. Modelo operativo**

##### **3.1.1. Diagnóstico de la situación actual**

Para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo y predictivo de las máquinas del área de enderezado y pintura, se inicia a partir de la investigación y análisis de las funciones que realizan cada uno de los componentes y también de los sistemas por los cuales están compuestas, en el que se constata que a las máquinas se les realiza un mantenimiento correctivo cuando éstas tienen una parada inesperada, también se evidencia que existen registros de dichos mantenimientos.

Las perspectivas que se consideran para la elaboración del plan de mantenimiento son: el tiempo de funcionamiento y las condiciones ambientales a las cuales están sometidas las máquinas, así como también la seguridad que brinda cada una de las mismas, entre otros, estos puntos de vista son importantes para realizar las matrices necesarias para el mantenimiento preventivo y predictivo.

##### **3.1.2. Evaluación externa de la maquinaria:**

Las máquinas presentes en el área de enderezado y pintura son de procedencia americana, por lo que cuentan con normas de calidad y planos de diseño, mismos que permiten la valoración de los componentes de cada una de las máquinas, sin necesidad de desarmarlas.

Se debe tener en cuenta el aspecto físico de cada máquina, es decir fijarse en la presencia de suciedad o presencia de oxidación ya que éstas pueden afectar el funcionamiento de las mismas.

Otra perspectiva a tener en consideración es con respecto a la lubricación, es decir verificar que las máquinas tengan la cantidad mínima de lubricante para que éstas puedan funcionar sin ningún problema.

Es fundamental evaluar los sistemas eléctricos, en los cuales se debe constatar que no existan cables sueltos o que se encuentren en mal estado, con el fin de evitar los cortocircuitos en las mismas.

### 3.1.3. Inventario de máquinas:

El inventario permite enlistar las máquinas de una forma organizada, logrando de esta forma tener un control de cada elemento de la empresa y clasificarlo por áreas de trabajo mediante códigos.

**Tabla 7.-** Inventario de máquinas del Área de Enderezada y Pintura en la empresa Kia Motors S.A.

<b>KIA MOTORS S.A.</b>					
 <b>KIA MOTORS</b> <i>The Power to Surprise™</i>	<b>INVENTARIO DE LA MAQUINARIA</b>				
	<b>ELABORADO POR:</b> Carlos Lozada		<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b> 3/02/2021		<b>CÓDIGO</b> IM-KM-01
	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Christian Castro		<b>FECHA DE REVISIÓN</b> 17/02/2021		<b>VERSIÓN</b> 01
	<b>ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA</b>				
#	Código	Nombre o Descripción de la Máquina	Cantidad	Marca	Modelo
1	CE01	Cama de Enderezado	1	Termomeccanica	Master Bench 4500
2	SP01	Spotter	1	Tecna	2013
3	SP02	Spotter	1	Tecna	2013
4	SM01	Soldadora MIG	1	Cebora	Evo 250T
5	SM02	Soldadora MIG	1	Cebora	Evo 250T
6	CPL01	Cortadora Plasma	1	Prowar Elite	Air Plasma Lg 60
7	CP01	Cabina de Pintura	1	Termomeccanica	Prep
8	HP01	Horno de Pintura	1	Termomeccanica	GL2
9	COM01	Compresor	1	Sommar	Mam 200
10	LP01	Lámpara de Secado de Pintura	1	Infratech	Sru 1615
11	LP02	Lámpara de Secado de Pintura	1	Infratech	Sru 1615
12	PP01	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
13	PP02	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
14	PP03	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
15	PP04	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
16	PP05	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
17	PP06	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
18	PP07	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
19	PP08	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
20	PP09	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
21	PP010	Pistola de Pintura	1	Ani	F 150
22	LI01	Lijadora	1	3M	28516
23	LI02	Lijadora	1	3M	28516
24	LI03	Lijadora	1	3M	28516

#### **3.1.4. Aspectos importantes previos al desarrollo del plan de Mantenimiento**

Los planos respectivos de cada máquina se encuentran en los archivos de la empresa conjuntamente con los manuales, a los cuales se accedió para poder detallar todos los componentes de las mismas, por situaciones de confidencialidad que maneja la empresa, no permiten reproducirlos.

La Nota Técnica de Prevención NTP 679 establece que se considere críticos a los fallos con un índice de prioridad de riesgo (IPR) mayores a 100 o también sugiere que se considere críticos a los fallos con IPR mayores al promedio general de IPR, es por esta razón que se realizó una reunión con el jefe de taller de la empresa KIA MOTORS S.A., en la cual se acordó considerar como fallos críticos a todos aquellos que tengan un IPR mayor a 100, ya que manifestó que por la situación lamentable de la pandemia, la empresa no se encuentra en condiciones de realizar gastos excesivos.

El área de enderezado y pintura tiene en total 24 máquinas, estas son: 1 cama de enderezado, 2 spotters, 2 soldadoras MIG, 1 cortadora plasma, 1 cabina de pintura, 1 horno de pintura, 1 compresor, 2 lámparas de secado de pintura, 10 pistolas de pintura y 3 lijadoras, se evidenció que varias máquinas son de la misma clase, marca y modelo, llegando a tener en total 10 clases diferentes de máquinas, por esta razón se optó por realizar 10 planes de mantenimiento.

#### **3.1.5. Fichas técnicas**

Las fichas técnicas permiten detallar de gran forma los parámetros y especificaciones de funcionamiento de los componentes de cada una de las máquinas, con el fin de verificar el funcionamiento de los mismos y por ende realizar un mantenimiento adecuado.

A continuación, se presenta el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo y predictivo por máquina, los pasos correspondientes se los detalla solamente en la primera, ya que son pasos similares para todas.

### 3.1.6. Cama de Enderezado

Tabla 8.- Ficha técnica de la Cama de Enderezado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA	X	EQUIPO	HERRAMIENTA
			
	CÓDIGO:		CE01
	Cama de Enderezado		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
MARCA:	Termomeccanica	CAPACIDAD DE CARGA:	10 ton
MODELO:	Master Bench 4500	ALTURA MAXIMA DE ELEVACION:	1 m
AÑO:	2013	CAPACIDAD DE LEVANTAMIENTO:	10 ton
PROCEDENCIA:	Americana	REQUERIMIENTO DE AIRE:	116 psi
TIPO:	Horizontal	PESO TOTAL:	10000 kg
TORRES DE TEMPLADO:	2	DIMENSIONES:	2100 x 5900 (mm)
COMPONENTES			
Estructura		Pernos de Sujeción	
Torres de Templado		Cadenas	
Armario eléctrico		Cilindros neumáticos	
Botoneras		Ganchos	
Anclajes		Cables de Conexión	
Válvulas		Resortes	
<b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para reparar o enderezar vehículos con chasis y compactos, con el objetivo de regresarlos a las medidas de fábrica.			
<b>OBSERVACIONES:</b> La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se la puede observar en el anexo III.			

Las características principales, las condiciones de servicio, los componentes, componentes sustituibles, instrucciones de funcionamiento y normas de seguridad se las detalla a continuación:

### **Características de la Máquina**

- Capacidad de Carga: 10 Ton
- Altura máxima de elevación: 1 m
- Capacidad de Levantamiento: 10 Ton
- Requerimiento de Aire: 116 psi
- Peso total: 10000 kg
- Dimensiones: 2100 x 5900 (mm)

### **Condiciones de Servicio**

- Temperatura de trabajo: (0 – 40) °C
- Tipo de instalación: horizontal
- Tiempo de Funcionamiento: 24 horas consecutivas
- Número de operadores requeridos: 2

### **Componentes**

**Tabla 9.-** Componentes y funciones de la Cama de Enderezado.

<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>
1	Estructura	Sujetar los componentes de la máquina y elevarla.
2	Mordazas	Sujetar el vehículo de una forma correcta.
3	Anclajes	Sujetar las mordazas colocadas en la carrocería del vehículo.
4	Torres de Templado	Tener un punto de apoyo muy resistente para templar la parte afectada.
5	Armario eléctrico	Brindar seguridad para los botones de accionamiento.



<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>
6	Botoneras	Encender o apagar las diferentes funciones de la máquina.
7	Pernos de Sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.
8	Cadenas	Estirar la parte afectada de un vehículo sin temor a que se tiendan a romper.
9	Cilindros neumáticos	Transformar la energía potencial del aire comprimido en energía cinética.
10	Ganchos	Conectar las cadenas con los anclajes y con las torres de templado.
11	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.
12	Mangueras de conexión	Permitir el paso del aire hacia los cilindros neumáticos.
13	Válvulas	Dirigir y regular el aire comprimido.
14	Resortes	Distribuir y compensar las fuerzas que actúan sobre los mismos.

### **Componentes Sustituibles**

**Tabla 10.-** Componentes sustituibles de la Cama de Enderezado.

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Armario eléctrico	1	Acero inoxidable.
Botoneras	5	Plástico reforzado y con recubrimiento a prueba de derrame de líquidos.

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Pernos de Sujeción	40	Pernos cabeza Allen de acero inoxidable
Cilindros neumáticos	2	Cilindros de doble efecto
Cables de conexión	4	Calibre 10
Mangueras de conexión	4	Mangueras de Nylon
Válvulas	4	Direccionales
Resortes	6	Resortes para Tracción y Compresión

### **Instrucciones de Funcionamiento**

- Verificar que la instalación eléctrica se encuentre en buen estado
- Verificar que la instalación neumática se encuentre en buen estado
- Subir el vehículo a la máquina.
- Subir el vehículo a la máquina.
- Colocar las mordazas en la carrocería del vehículo.
- Colocar las cadenas con los anclajes a las mordazas y a las torres de templado
- Encender la máquina.
- Presionar los botones que accionan las válvulas neumáticas de acuerdo al tipo de templado que se requiera realizar.
- Repetir los dos últimos pasos antes mencionados, las veces que sean necesarias hasta conseguir un templado aceptable.

### **Normas de Seguridad**

- La máquina debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- Verificar que la máquina tenga una buena estabilidad al momento de colocarla en la zona de trabajo.

- En caso de que se produzca una ruptura de las mangueras neumáticas, percatarse de que no existan personas por debajo de la cama de enderezado, o a su vez colocar rótulos de peligro.
- Por ningún motivo se debe acceder a las partes internas de la máquina cuando ésta se encuentre encendida.
- Utilizar los elementos de protección personal, estos son: guantes, mandil u overol, zapatos industriales y gafas de seguridad.

### **Instrucciones de mantenimiento**

Las instrucciones o recomendaciones que presenta el fabricante en el respectivo manual son muy importantes, en ellas se encuentran descritas las actividades que permiten realizar un mantenimiento periódico.

Para el caso del mantenimiento ordinario, se debe tomar en cuenta las inspecciones y controles, con el fin de prevenir las averías, y esto se lo debe realizar con la ayuda de intervenciones sistemáticas tanto de la condición mecánica de la máquina, así como también del estado de lubricación de la misma. Para el caso del mantenimiento extraordinario se lo debe realizar cuando la máquina necesite la sustitución de algún componente de la misma.

En las tablas a continuación se presentan las frecuencias con las cuales se debe realizar las operaciones de mantenimiento, de limpieza y de lubricación.

**Tabla 11.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Cama de enderezado [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control de ajuste de los pernos.					X	
Control de las conexiones eléctricas.				X		
Control de accionamiento de las válvulas.		X				

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control de las condiciones de las mangueras.		X				

**Tabla 12.-** Frecuencias de Operaciones de Limpieza de la Cama de Enderezado [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina			X			
Limpieza de las válvulas.				X		
Limpieza de los cilindros neumáticos.					X	
Limpieza de las mordazas.	X					
Limpieza de los ganchos.		X				
Limpieza de los anclajes.		X				
Limpieza de las cadenas.					X	

**Tabla 13.-** Frecuencias de Operaciones de Lubricación de la Cama de Enderezado [16].

<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Engrase de las guías.				X		
Engrase de los resortes.					X	

### **Parámetros utilizados**

#### **Estadístico de mantenimiento anual**

En el presente estadístico se encuentra detallado las actividades realizadas para el mantenimiento de la cama de enderezado durante el año 2019, no se consideraron los

fines de semana ni los días feriados, además se desarrolló los cálculos de los parámetros necesarios, sabiendo que el tiempo de operación de la máquina es de 8 horas, correspondiente a la jornada diaria que se realiza en la empresa Kia Motors S.A.

A continuación, se presenta las fórmulas de los parámetros que se requieren calcular:

$$MTBF = \frac{To_1 + To_2 + To_n}{\sum n}$$

**MTBF:** Tiempo medio entre fallos sucesivos.  
**To:** Tiempo de operación en horas (De acuerdo al uso de la máquina).  
**n:** número de datos. Ec. (14)

$$MTTR = \frac{TR_1 + TR_2 + TR_n}{\sum n}$$

**MTTR:** Tiempo medio de reparación.  
**TR:** Tiempo de reparación en horas (A criterio del personal que se encarga del mantenimiento).  
**n:** número de datos. Ec. (15)

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

**λ:** Tasa de fallos.  
**MTBF:** Tiempo medio entre fallos sucesivos. Ec. (16)

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

**μ:** Tasa de reparación  
**MTTR:** Tiempo medio de reparación. Ec. (17)

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

**D:** Disponibilidad, es la eficacia de un ítem para desarrollar sus funciones durante un cierto período de tiempo.  
**MTBF:** Tiempo medio entre fallos sucesivos.  
**MTTR:** Tiempo medio de reparación. Ec. (18)

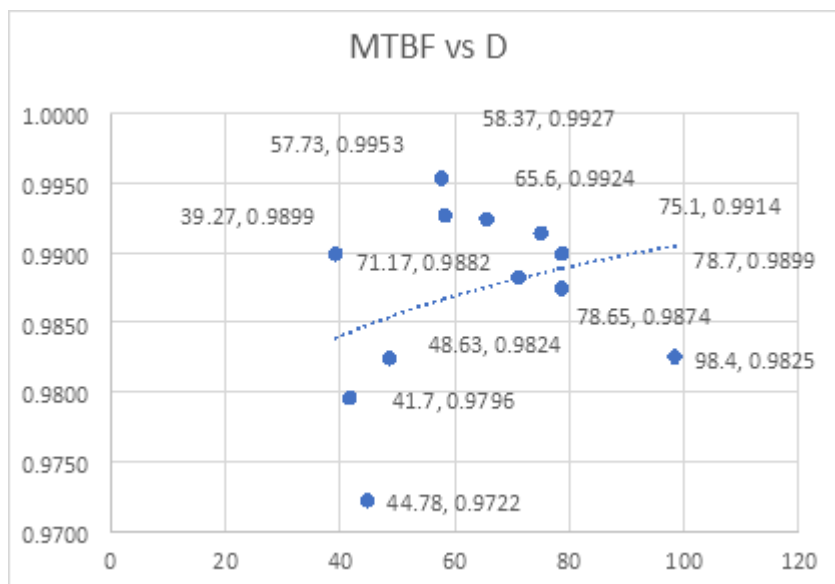
$$TP = TR + TM$$

**TP:** Tiempo de paro en horas.  
**TR:** Tiempo de reparación en horas (A criterio del personal que se encarga del mantenimiento).  
**TM:** Tiempo muerto en horas (A criterio del personal que se encarga del mantenimiento). Ec. (19)

**Tabla 14.- Estadístico de la Cama de Enderezado.**

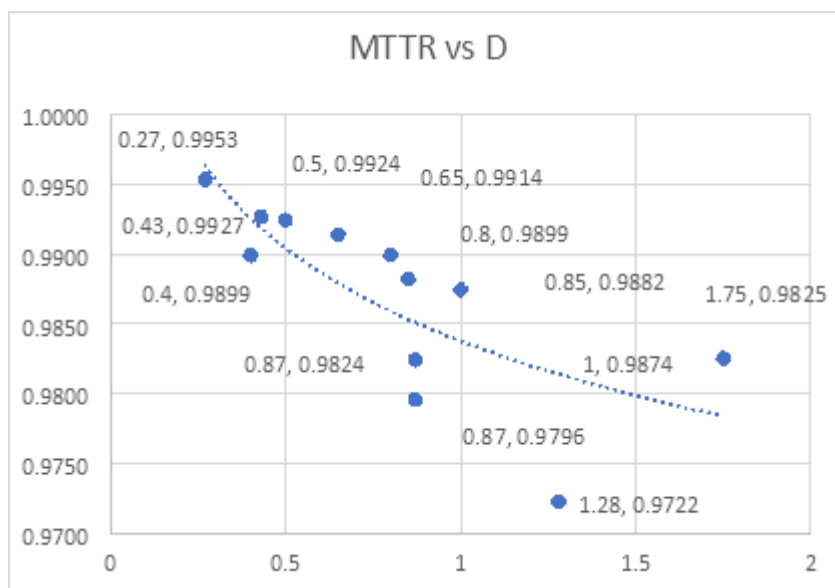
MÁQUINA	CAMA DE ENDEREZADO										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
<b>ENERO</b>	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					39,27	0,0255	0,4	2,5	98,99%
	Control de accionamiento de las válvulas.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,8	1	1	2					
	Control de las condiciones de las mangueras.	21/1/2019	62	0,1	0,1	0,2					
<b>FEBRERO</b>	Limpieza de las válvulas.	4/2/2019	63,8	2	0,5	2,5	44,78	0,0223	1,28	0,7813	97,22%
	Engrase de las guías.	11/2/2019	37,5	1,5	0,5	2					
	Control de las condiciones de las mangueras.	18/2/2019	38	0,1	0,1	0,2					
	Engrase de las guías.	25/2/2019	39,8	1,5	0,5	2					
<b>MARZO</b>	Control de las conexiones eléctricas.	4/3/2019	38	0,5	0,1	0,6	57,73	0,0173	0,27	3,7037	99,53%
	Control de accionamiento de las válvulas.	20/3/2019	95,4	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza de los ganchos	25/3/2019	39,8	0,2	1	1,2					
<b>ABRIL</b>	Control de las condiciones de las mangueras.	1/4/2019	30,8	0,1	0,1	0,2	41,7	0,024	0,87	1,1494	97,96%
	Engrase de las guías.	8/4/2019	39,8	1	0,5	1,5					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	54,5	1,5	0,2	1,7					
<b>MAYO</b>	Control de las condiciones de las mangueras.	6/5/2019	102,3	0,2	0,1	0,3	65,6	0,0152	0,5	2	99,24%
	Limpieza de los anclajes.	13/5/2019	39,7	1	0,2	1,2					
	Engrase de los resortes.	24/5/2019	54,8	0,3	0,1	0,4					
<b>JUNIO</b>	Engrase de las guías.	3/6/2019	55,6	0,2	0,1	0,3	58,37	0,0171	0,43	2,3256	99,27%
	Control de las condiciones de las mangueras.	10/6/2019	39,7	0,1	0,1	0,2					

MÁQUINA	CAMA DE ENDEREZADO										
HORAS DE TRABAJO	8										
	Engrase de las guías.	24/6/2019	79,8	1	0,3	1,3					
JULIO	Limpieza de los cilindros neumáticos.	8/7/2019	78,7	1,5	0,4	1,9	98,4	0,0102	1,75	0,5714	98,25%
	Control de ajuste de los pernos.	29/7/2019	118,1	2	1	3					
AGOSTO	Engrase de los resortes.	5/8/2019	37	0,8	0,3	1,1	48,63	0,0206	0,87	1,1494	98,24%
	Limpieza general de la máquina	23/8/2019	94,9	1,6	0,4	2					
	Control de las condiciones de las mangueras.	26/8/2019	14	0,2	0,1	0,3					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,7	1,3	1	2,3	78,7	0,0127	0,8	1,25	98,99%
	Control de las condiciones de las mangueras.	23/9/2019	101,7	0,3	0,1	0,4					
OCTUBRE	Engrase de las guías.	7/10/2019	79,6	1,8	0,5	2,3	78,65	0,0127	1	1	98,74%
	Control de las condiciones de las mangueras.	21/10/2019	77,7	0,2	0,1	0,3					
NOVIEMBRE	Limpieza general de la máquina.	8/11/2019	87,7	1,1	0,4	1,5	75,1	0,0133	0,65	1,5385	99,14%
	Control de las condiciones de las mangueras.	18/11/2019	62,5	0,2	0,1	0,3					
DICIEMBRE	Engrase de las guías.	9/12/2019	119,7	1,4	0,4	1,8	71,17	0,0141	0,85	1,1765	98,82%
	Control de las condiciones de las mangueras.	16/12/2019	38,2	0,3	0,1	0,4					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,6	1,6	0,5	2,1					
<b>TOTALES</b>			<b>1932,6</b>	<b>25,2</b>	<b>10,6</b>	<b>35,8</b>	<b>1932,6</b>	<b>0,001</b>	<b>25,2</b>	<b>0,04</b>	<b>98,71%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,25</b>	<b>0,81</b>	<b>0,34</b>	<b>1,15</b>	<b>60,25</b>	<b>0,017</b>	<b>0,81</b>	<b>1,235</b>	<b>98,67%</b>



**Figura 24.-** Gráfica MTBF vs D de la Cama de Enderezado.

En la figura 24 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9953 (MTBF= 57,73 h) y un mínimo de 0,9722 (MTBF= 44,78 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 98,4 h (D=0,9825) y el mínimo de 39,27 h (D=0,9899). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 25.-** Gráfica MTTR vs D de la Cama de Enderezado.

En la figura 25 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9953 (MTBF= 0,27 h) y un mínimo de 0,9722 (MTBF= 1,28 h), además se observa que el



tiempo medio de reparación máximo es de 1,75 h (D=0,9825) y el mínimo de 0,27 h (D=0,9953). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.

### Matriz AMFE

La matriz de criterios ponderados AMFE nos permite identificar las fallas que ocurren en un proceso o ciclo de trabajo, mediante una investigación de su recurrencia, detallando los modos de fallos y sus causas raíz, con el objetivo de tener un control adecuado de los mismos.

Para los índices de frecuencia, detección y de gravedad se procedió a realizar una tabla de valoración, misma que se presenta a continuación en la tabla 15.

**Tabla 15.-** Tabla de valoración para la Matriz AMFE.

<b>TABLA DE VALORACION</b>	
<b>Frecuencia (F) (1-10)</b>	
Imposible	(1-2)
Remoto	(3-4)
Ocasional	(5-6)
frecuente	(7-8)
Muy frecuente	(9-10)
<b>Gravedad (G) (1-10)</b>	
Insignificante	(1-2)
Moderado	(3-4)
Importante	(5-6)
Crítico	(7-8)
Catastrófico	(9-10)
<b>Detección (D) (1-10)</b>	
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)

Según la nota técnica de prevención NTP 679 los riesgos son considerados críticos cuando el Índice de Prioridad de Riesgo supera el valor de 100, de llegar a darse este caso se los representa con el color rojo.

IPR > 100	Riesgos críticos
-----------	------------------

Tabla 16.- Matriz AMFE.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	25/2/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cama de Enderezado		<b>Modelo:</b>	Master Bench 4500		<b>Fecha Rev:</b>	3/3/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Estructura	Sujetar los componentes de la máquina y elevarla.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la estructura	2	3	3	18	Recubrir con pintura de las partes expuestas
2	Mordazas	Sujetar el vehículo de una forma correcta.	Rotura de los dientes de las mordazas	Desgaste	Sobrepresión de ajuste	Anclas inservibles	1	5	5	25	Ajustar las mordazas hasta un nivel moderado
3	Anclajes	Sujetar las mordazas colocadas en la carrocería del vehículo.	Rotura de las anclas	Desgaste	Tensión muy fuerte	Anclas inservibles	1	5	5	25	Llevar una limpieza adecuada en los anclajes
4	Torres de Templado	Tener un punto de apoyo muy resistente para templar la parte afectada.	Fisuras y oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de las torres de templado	2	3	3	18	Limpieza de las torres de templado con materiales adecuados

### Matriz AMFE

<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	25/2/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cama de Enderezado		<b>Modelo:</b>	Master Bench 4500		<b>Fecha Rev:</b>	3/3/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
5	Armario eléctrico	Brindar seguridad para los botones de accionamiento.	Visagras desalineadas	Desgaste	Fricción	Puerta atascada	1	3	5	15	Lubricar las visagras
6	Botoneras	Encender o apagar las diferentes funciones de la máquina.	Rotura de los botones	Rotura	Incorrecta manipulación	Fuga del fluido	5	7	3	105	Llevar una manipulación adecuada de las botoneras
7	Pernos de Sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.	Estructura inestable	Desajuste	Movimiento constante	Inestabilidad de la estructura de la máquina	6	5	5	150	Verificar periódicamente el ajuste de los pernos
8	Cadenas	Estirar la parte afectada de un vehículo sin temor a que se tiendan a romper.	Fisuras y oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de las cadenas	2	3	3	18	Limpiar de las cadenas con materiales adecuados

**Matriz AMFE**

<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura	<b>Marca:</b>	Termomeccanica	<b>Fecha Rea:</b>	25/2/2021	<b>Hoja N°:</b>	1				
<b>Equipo:</b>	Cama de Enderezado	<b>Modelo:</b>	Master Bench 4500	<b>Fecha Rev:</b>	3/3/2021	<b>De:</b>	1				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
9	Cilindros neumáticos	Transformar la energía potencial del aire comprimido en energía cinética.	Rotura del pistón	Desgaste	Fricción	Impide el movimiento	1	4	8	32	Utilizar una presión de aire moderada
10	Ganchos	Conectar las cadenas con los anclajes y con las torres de templado.	Fisuras y oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de los ganchos	2	3	3	18	Limpieza de los ganchos con materiales adecuados
11	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.	Rotura	Desgaste del cable	No existe el paso de corriente	No permite el paso de corriente	3	7	5	105	Limpieza de los cables y de todo el sistema
12	Mangueras de conexión	Permitir el paso del aire hacia los cilindros neumáticos.	Rotura de las mangueras	Rotura	Incorrecta manipulación	Fuga del fluido	5	8	3	120	Verificar que las mangueras no se encuentren dobladas o debajo de objetos pesados

**Matriz AMFE**

<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura	<b>Marca:</b>	Termomeccanica	<b>Fecha Rea:</b>	25/2/2021	<b>Hoja N°:</b>	1				
<b>Equipo:</b>	Cama de Enderezado	<b>Modelo:</b>	Master Bench 4500	<b>Fecha Rev:</b>	3/3/2021	<b>De:</b>	1				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
13	Válvulas	Dirigir y regular el aire comprimido.	Deja circular el fluido sin control	Desajuste	Mala manipulación	No queda sebadado el sistema	3	2	2	12	Llevar una manipulación adecuada de las válvulas
14	Resortes	Distribuir y compensar las fuerzas que actúan sobre los mismos.	Rotura de los resortes	Rotura	Exceso de carga	La estructura no retorna a su posición original	2	3	3	18	Lubricar los resortes
PROMEDIO										47,9	

## Determinación de la Fiabilidad de la Cama de Enderezado mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.

### Modelo Matemático de Weibull de la Cama de Enderezado

En base a las actividades que se encuentran detalladas en el estadístico y teniendo en cuenta que se encontró una falla por cada actividad, se procede a determinar los parámetros requeridos para obtener la fiabilidad y la infiabilidad de la cama de enderezado, utilizando las ecuaciones: 4, 5, 6, 7 y 8.

**Tabla 17.-**Datos estadísticos de la Cama de Enderezado

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln (to)</b>
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	62,0	4,1271
4	1	63,8	4,1558
5	1	37,5	3,6243
6	1	38,0	3,6376
7	1	39,8	3,6839
8	1	38,0	3,6376
9	1	95,4	4,5581
10	1	39,8	3,6839
11	1	30,8	3,4275
12	1	39,8	3,6839
13	1	54,5	3,9982
14	1	102,3	4,6279
15	1	39,7	3,6814
16	1	54,8	4,0037

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln (to)</b>
17	1	55,6	4,0182
18	1	39,7	3,6814
19	1	79,8	4,3795
20	1	78,7	4,3656
21	1	118,1	4,7715
22	1	37,0	3,6109
23	1	94,9	4,5528
24	1	14,0	2,6391
25	1	55,7	4,02
26	1	101,7	4,622
27	1	79,6	4,377
28	1	77,7	4,3529
29	1	87,7	4,4739
30	1	62,5	4,1352
31	1	119,7	4,785
32	1	38,2	3,6428
33	1	55,6	4,0182
	<b>33</b>		<b>131,6145</b>

Con la ayuda de esta tabla se puede calcular el valor de la media, previamente obteniendo la sumatoria del ln (to).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln (t_o)}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{131,6145}{33}$$

$$\bar{x} = 3,9883$$

En la tabla 18 se presenta el cálculo de la varianza, esto lo realiza con la ayuda de los datos anteriormente obtenidos.

**Tabla 18.-**Datos calculados de la Cama de Enderezado

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) <sup>2</sup>
1	1	24,0	3,1781	0,6564
2	1	31,8	3,4595	0,2796
3	1	62,0	4,1271	0,0193
4	1	63,8	4,1558	0,0281
5	1	37,5	3,6243	0,1325
6	1	38,0	3,6376	0,123
7	1	39,8	3,6839	0,0927
8	1	38,0	3,6376	0,123
9	1	95,4	4,5581	0,3247
10	1	39,8	3,6839	0,0927
11	1	30,8	3,4275	0,3145
12	1	39,8	3,6839	0,0927
13	1	54,5	3,9982	0,0001
14	1	102,3	4,6279	0,4091
15	1	39,7	3,6814	0,0942
16	1	54,8	4,0037	0,0002
17	1	55,6	4,0182	0,0009



Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) <sup>2</sup>
18	1	39,7	3,6814	0,0942
19	1	79,8	4,3795	0,153
20	1	78,7	4,3656	0,1424
21	1	118,1	4,7715	0,6134
22	1	37,0	3,6109	0,1424
23	1	94,9	4,5528	0,3187
24	1	14,0	2,6391	1,8203
25	1	55,7	4,02	0,001
26	1	101,7	4,622	0,4016
27	1	79,6	4,377	0,1511
28	1	77,7	4,3529	0,1329
29	1	87,7	4,4739	0,2358
30	1	62,5	4,1352	0,0216
31	1	119,7	4,785	0,6347
32	1	38,2	3,6428	0,1194
33	1	55,6	4,0182	0,0009
	<b>33</b>		<b>131,6145</b>	<b>7,7671</b>

$$S^2 = \frac{(\sum \ln(t_o) - \bar{x})^2}{(n - 1)}$$

$$S^2 = \frac{7,7671}{(33 - 1)}$$

$$S^2 = 1,8852$$

Luego con el valor de la varianza ya obtenido, se procede a calcular la desviación.

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = \sqrt{1,8852^2}$$

$$S = 1,373$$

A continuación, se calcula los parámetros requeridos para la ecuación de Weibull.

$$\beta = \frac{\pi}{S\sqrt{6}}$$

$$\beta = \frac{\pi}{1,373\sqrt{6}}$$

$$\beta = 0,9341$$

$$\alpha = \exp\left(\bar{x} + \left(\frac{0,5772}{\beta}\right)\right)$$

$$\alpha = \exp\left(3,9883 + \left(\frac{0,5772}{0,9341}\right)\right)$$

$$\alpha = 100,1051$$

**Tabla 19.-Parámetros iniciales de la Cama de Enderezado**

<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	3,9883
<b>VARIANZA S<sup>2</sup></b>	1,8852
<b>DESVIACION S</b>	1,373
<b>BETTA β</b>	0,9341
<b>ALPHA α</b>	100,1051
<b>GAMA γ</b>	0

Una vez obtenidos los parámetros iniciales, se procede a calcular la fiabilidad y la in fiabilidad de Weibull con la utilización de las ecuaciones 1 y 2 respectivamente.

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_0 - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{24 - 0}{100,1051} \right)^{0,9341} \right]$$

$$R(t) = 0,8051 = 80,51 \%$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$F(t) = 1 - 0,8051$$

$$F(t) = 0,1949 = 19,49 \%$$

La fiabilidad e in fiabilidad calculadas pertenecen al primer dato de la tabla 20, debido a que son 33 datos se utilizó un programa de cálculo para determinar los restantes, mismos que se los presentan a continuación.

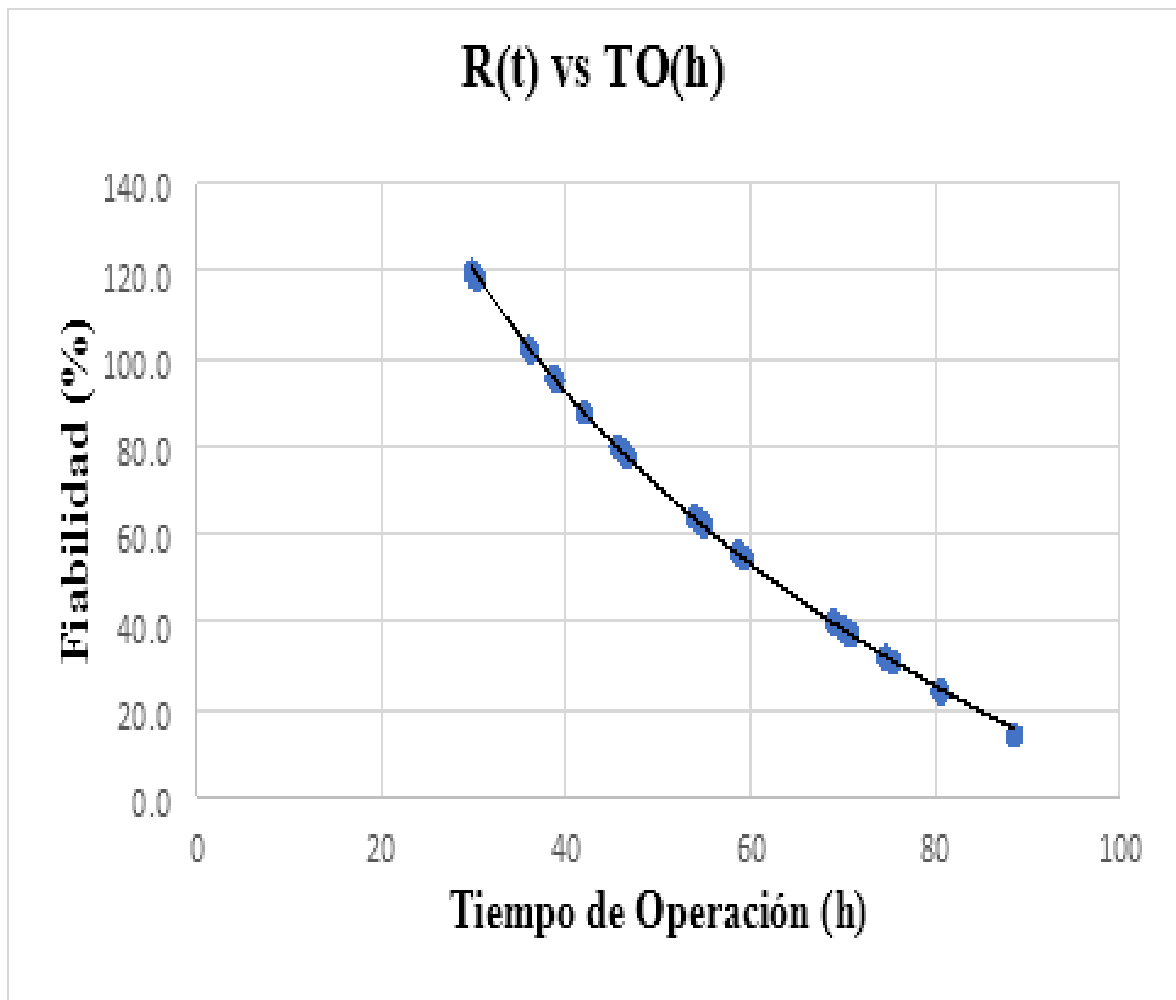
**Tabla 20.-** Cálculo de la Fiabilidad e In fiabilidad de la Cama de Enderezado

<b>Cama de Enderezado</b>								
<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>	<b>R(t)</b>	<b>R(t) %</b>	<b>F(t)</b>	<b>F(t) %</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6564	0,8051	80,51	0,1949	19,49
2	1	31,8	3,4595	0,2796	0,746	74,6	0,254	25,4
3	1	62,0	4,1271	0,0193	0,5495	54,95	0,4505	45,05
4	1	63,8	4,1558	0,0281	0,5393	53,93	0,4607	46,07
5	1	37,5	3,6243	0,1325	0,705	70,5	0,295	29,5
6	1	38,0	3,6376	0,123	0,7015	70,15	0,2985	29,85
7	1	39,8	3,6839	0,0927	0,689	68,9	0,311	31,1
8	1	38,0	3,6376	0,123	0,7015	70,15	0,2985	29,85

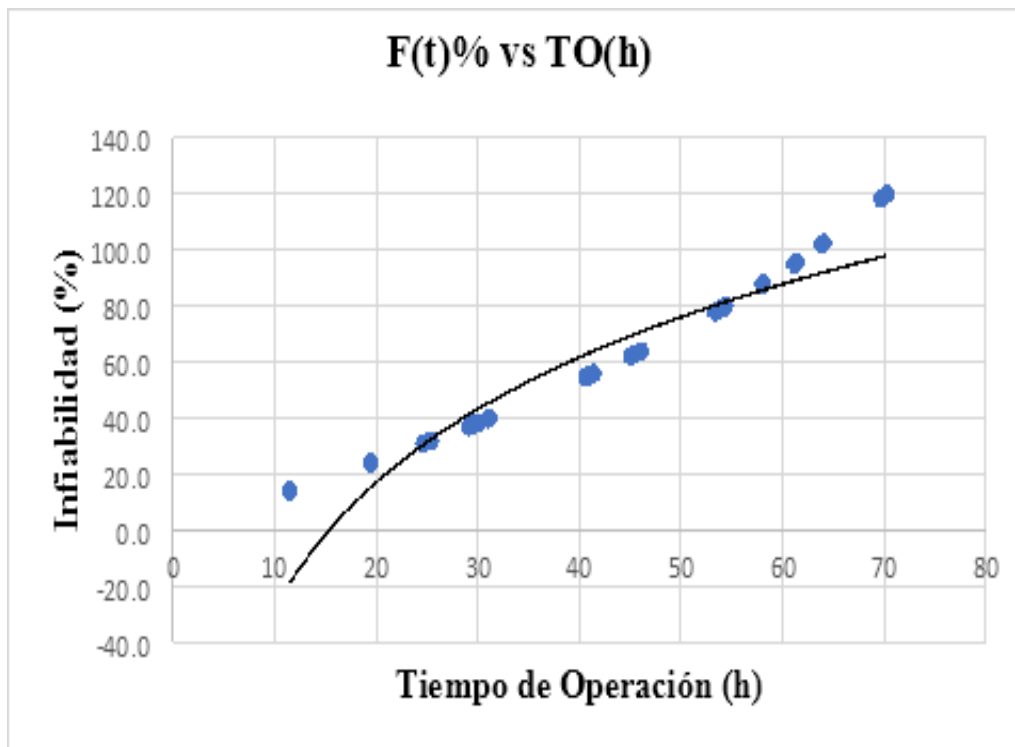
Cama de Enderezado								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
9	1	95,4	4,5581	0,3247	0,3868	38,68	0,6132	61,32
10	1	39,8	3,6839	0,0927	0,689	68,9	0,311	31,1
11	1	30,8	3,4275	0,3145	0,7534	75,34	0,2466	24,66
12	1	39,8	3,6839	0,0927	0,689	68,9	0,311	31,1
13	1	54,5	3,9982	0,0001	0,5936	59,36	0,4064	40,64
14	1	102,3	4,6279	0,4091	0,3593	35,93	0,6407	64,07
15	1	39,7	3,6814	0,0942	0,6897	68,97	0,3103	31,03
16	1	54,8	4,0037	0,0002	0,5918	59,18	0,4082	40,82
17	1	55,6	4,0182	0,0009	0,5869	58,69	0,4131	41,31
18	1	39,7	3,6814	0,0942	0,6897	68,97	0,3103	31,03
19	1	79,8	4,3795	0,153	0,4563	45,63	0,5437	54,37
20	1	78,7	4,3656	0,1424	0,4617	46,17	0,5383	53,83
21	1	118,1	4,7715	0,6134	0,3031	30,31	0,6969	69,69
22	1	37,0	3,6109	0,1424	0,7085	70,85	0,2915	29,15
23	1	94,9	4,5528	0,3187	0,3889	38,89	0,6111	61,11
24	1	14,0	2,6391	1,8203	0,8854	88,54	0,1146	11,46
25	1	55,7	4,02	0,001	0,5863	58,63	0,4137	41,37
26	1	101,7	4,622	0,4016	0,3617	36,17	0,6383	63,83
27	1	79,6	4,377	0,1511	0,4573	45,73	0,5427	54,27
28	1	77,7	4,3529	0,1329	0,4665	46,65	0,5335	53,35
29	1	87,7	4,4739	0,2358	0,4198	41,98	0,5802	58,02

Cama de Enderezado								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
30	1	62,5	4,1352	0,0216	0,5467	54,67	0,4533	45,33
31	1	119,7	4,785	0,6347	0,2979	29,79	0,7021	70,21
32	1	38,2	3,6428	0,1194	0,7001	70,01	0,2999	29,99
33	1	55,6	4,0182	0,0009	0,5869	58,69	0,4131	41,31

Con los datos calculados se realiza la gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación y también la gráfica de in fiabilidad vs tiempo de operación.



**Figura 26.-** Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Cama de Enderezado.



**Figura 27.-** Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación de la Cama de Enderezado.

En la figura 27 se puede identificar lo siguiente:

- Los datos se encuentran correlacionados de forma que describen una trayectoria o tendencia logarítmica.
- A un mayor tiempo de operación la fiabilidad es menor, esto se debe al desgaste y fallas que se pueden presentar en los componentes.
- La cama de enderezado se encuentra en la zona correspondiente al mantenimiento infantil, ya que aquí se presenta una tasa de fallos decreciente.

### Modelo Gráfico de Weibull de la Cama de Enderezado

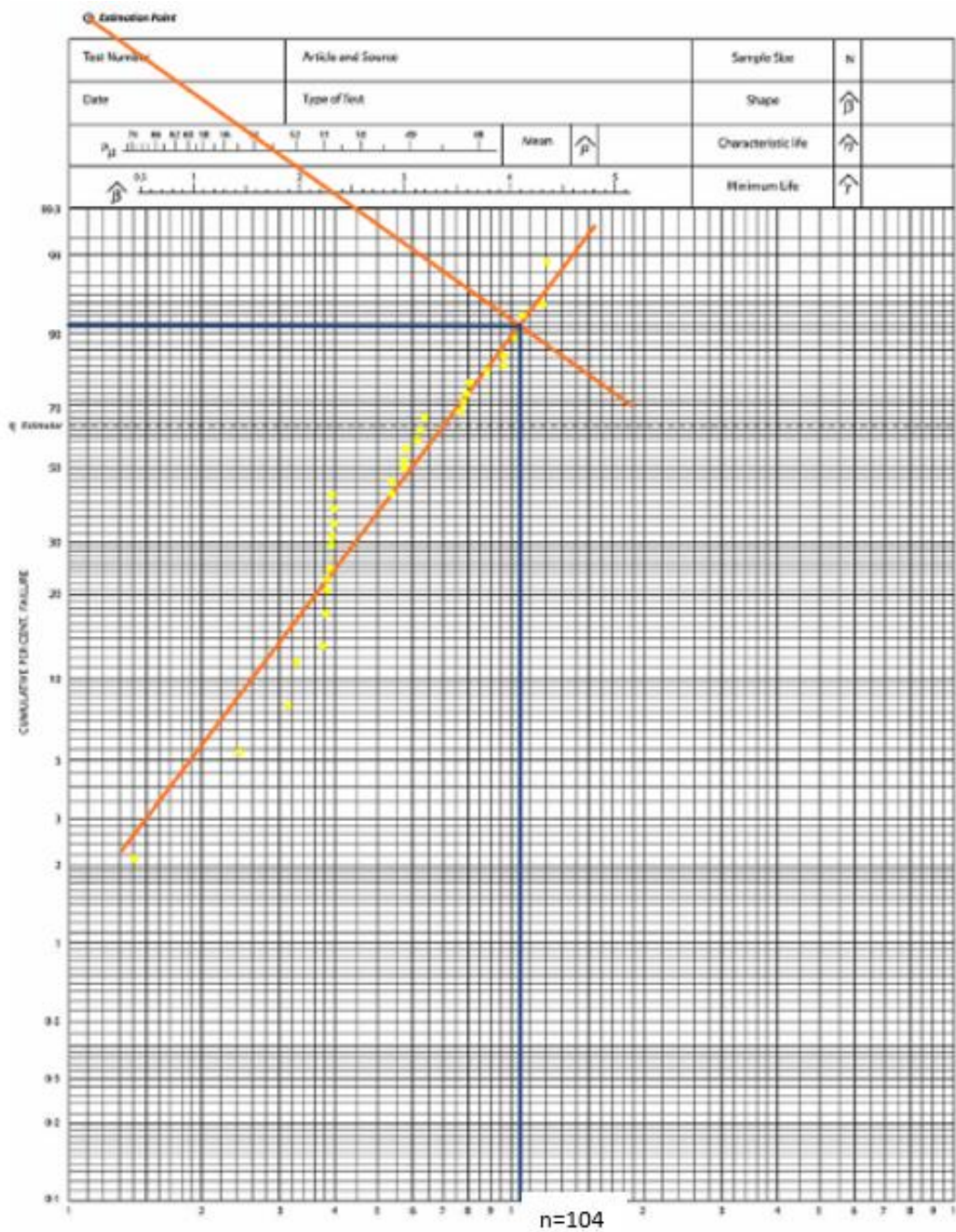
$$F(i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

**Tabla 21.-** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)
1	14	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	30,8	0,0808	8,08
4	31,8	0,1108	11,08

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
5	37	0,1407	14,07
6	37,5	0,1707	17,07
7	38	0,2006	20,06
8	38	0,2305	23,05
9	38,2	0,2605	26,05
10	39,7	0,2904	29,04
11	39,7	0,3204	32,04
12	39,8	0,3503	35,03
13	39,8	0,3802	38,02
14	39,8	0,4102	41,02
15	54,5	0,4401	44,01
16	54,8	0,4701	47,01
17	55,6	0,5	50
18	55,6	0,5299	52,99
19	55,7	0,5599	55,99
20	62	0,5898	58,98
21	62,5	0,6198	61,98
22	63,8	0,6497	64,97
23	77,7	0,6796	67,96
24	78,7	0,7096	70,96
25	79,6	0,7395	73,95
26	79,8	0,7695	76,95
27	87,7	0,7994	79,94
28	94,9	0,8293	82,93
29	95,4	0,8593	85,93
30	101,7	0,8892	88,92
31	102,3	0,9192	91,92
32	118,1	0,9491	94,91
33	119,7	0,979	97,9

A continuación, se procede a graficar los puntos y demás parámetros, considerando que en el eje x se encuentra el tiempo de operación, mientras que en el eje y se encuentra el rango medio expresado en porcentaje.



**Figura 28.-** Papel de Weibull de la Cama de Enderezado.

Los datos que se obtienen del papel de Weibull se los presenta en la tabla 22 descrita a continuación:

**Tabla 22.-** Parámetros de fallas de la Cama de Enderezado

$P\mu$	53
$\beta$	2,3
n	104



Se reemplaza los datos obtenidos del papel de Weibull en la fórmula de confiabilidad se obtiene lo siguiente:

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

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{28 - 0}{104} \right)^{2,3} \right]$$

$$R(t) = 0,9878 = 98,78 \%$$

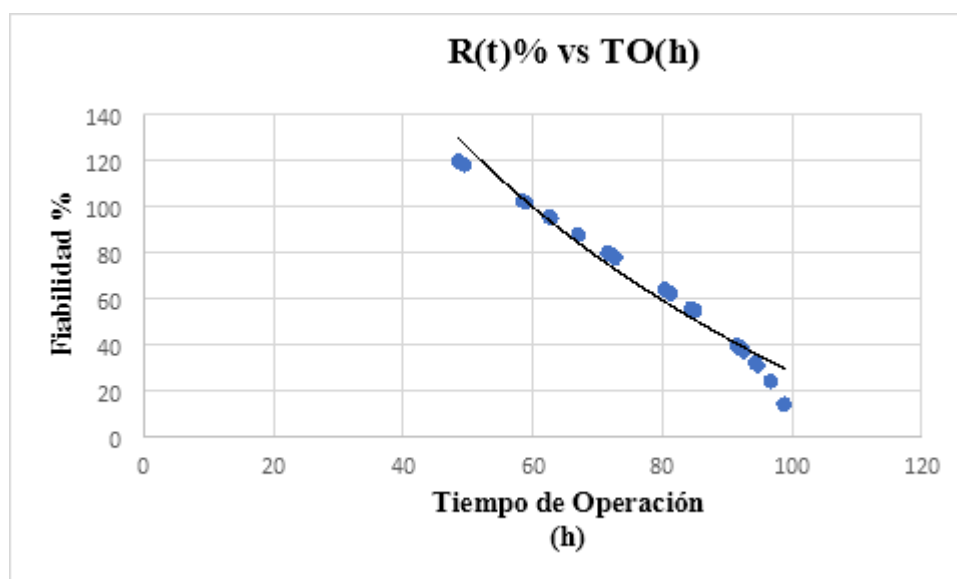
Debido a la cantidad de datos se procede a obtener la confiabilidad por cada falla con la ayuda de un programa de cálculo, obteniendo la siguiente tabla de resultados:

**Tabla 23.-** Fiabilidad de Weibull de la Cama de Enderezado por el método gráfico

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>	<b>R (t)</b>	<b>R (t) (%)</b>
1	14	0,021	2,1	0,9878	98,78
2	24	0,0509	5,09	0,9665	96,65
3	30,8	0,0808	8,08	0,9467	94,67
4	31,8	0,1108	11,08	0,9434	94,34
5	37	0,1407	14,07	0,9253	92,53
6	37,5	0,1707	17,07	0,9234	92,34
7	38	0,2006	20,06	0,9215	92,15
8	38	0,2305	23,05	0,9215	92,15
9	38,2	0,2605	26,05	0,9208	92,08
10	39,7	0,2904	29,04	0,915	91,5
11	39,7	0,3204	32,04	0,915	91,5
12	39,8	0,3503	35,03	0,9147	91,47
13	39,8	0,3802	38,02	0,9147	91,47
14	39,8	0,4102	41,02	0,9147	91,47
15	54,5	0,4401	44,01	0,8503	85,03
16	54,8	0,4701	47,01	0,8489	84,89
17	55,6	0,5	50	0,845	84,5
18	55,6	0,5299	52,99	0,845	84,5
19	55,7	0,5599	55,99	0,8445	84,45
20	62	0,5898	58,98	0,8129	81,29
21	62,5	0,6198	61,98	0,8103	81,03
22	63,8	0,6497	64,97	0,8036	80,36
23	77,7	0,6796	67,96	0,7276	72,76
24	78,7	0,7096	70,96	0,7219	72,19

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
25	79,6	0,7395	73,95	0,7168	71,68
26	79,8	0,7695	76,95	0,7157	71,57
27	87,7	0,7994	79,94	0,6701	67,01
28	94,9	0,8293	82,93	0,6281	62,81
29	95,4	0,8593	85,93	0,6252	62,52
30	101,7	0,8892	88,92	0,5884	58,84
31	102,3	0,9192	91,92	0,5849	58,49
32	118,1	0,9491	94,91	0,4943	49,43
33	119,7	0,979	97,9	0,4854	48,54

Con los datos calculados se realiza la gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación.



**Figura 29.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación de la Cama de Enderezado.

En la figura 29 se puede identificar lo siguiente:

- Los datos se encuentran correlacionados de forma que describen una trayectoria o tendencia logarítmica.
- A un mayor tiempo de operación la fiabilidad es menor, esto se debe al desgaste y fallas que se pueden presentar en los componentes.
- La cama de enderezado se encuentra en la zona correspondiente al mantenimiento infantil, debido a que la tasa de fallos es decreciente.

- El coeficiente de correlación múltiple del método gráfico es muy similar al del método matemático lo que nos quiere decir que se ha realizado los cálculos correctamente.

### **Desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo de la Cama de Enderezado**

El plan de mantenimiento preventivo y predictivo es de gran importancia llevarlo a cabo para mejorar el funcionamiento y desempeño de la máquina, para lo cual se debe realizar una bitácora de mantenimiento, en la cual debe constar las actividades que se le debe realizar en fechas ya establecidas, esto se lo realiza de acuerdo con las curvas de fiabilidad de Weibull.

El mantenimiento predictivo se lo realiza como una sugerencia a la empresa Kia Motors S.A. ya que estas técnicas tienen costos elevados por lo que la ejecución de dichas técnicas queda a criterio de los encargados de la Empresa.

En la tabla 24 se presenta un cuadro con las técnicas de mantenimiento predictivo y el alcance de cada una de las mismas, estas técnicas se encuentran incluidas en las gamas de mantenimiento, de acuerdo a la necesidad y función de cada máquina.

**Tabla 24.-** Técnicas de Mantenimiento Predictivo

<b>TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>	<b>ALCANCE</b>
Inspección Visual.	Detectar grietas, fisuras, desgaste, soltura de elementos de fijación, cambios de color, etc. Se aplica a zonas que se puedan observar directamente.
Inspección por medio de Líquidos penetrantes.	Detectar fisuras superficiales o fallos internos del material que presentan alguna apertura en la superficie.
Inspección por medio de Partículas magnéticas.	Detectar fisuras superficiales.
Inspección radiográfica.	Detectar grietas, burbujas o impurezas internas, muy utilizado para uniones soldadas.
Inspección por medio de Ultrasonido.	Detectar grietas, fisuras por fatiga, corrosión o defectos de fabricación del material.
Análisis de lubricantes.	Detectar la disminución de la película de lubricante interpuesto entre los elementos mecánicos dotados de movimiento relativo entre sí.
Análisis de vibraciones.	Detectar desequilibrios mecánicos, rozamientos, desalineación, cojinetes defectuosos, etc.

<b>TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>	<b>ALCANCE</b>
Análisis de presión.	Detectar cavitación, condensación de vapores o existencia de golpes de ariete.
Análisis de temperatura.	Detectar sobrecargas, defectos de aislamiento y problemas en el sistema de refrigeración y de combustión.
Análisis Termográfico.	Detectar zonas calientes anómalas en dispositivos electromecánicos.
Análisis de Impulsos de choque.	Detectar el nivel de desgaste de los rodamientos mediante la medida de los impulsos de choque.

### **Bitácora de mantenimiento de la Cama de Enderezado**

La bitácora de mantenimiento se la desarrolló a partir de las estimaciones estadísticas de confiabilidad de Weibull, en las que se encuentran detalladas las diferentes actividades que debe realizar a cada máquina, con la finalidad de evitar fallos inesperados de los componentes de las mismas, por lo cual se procedió a realizar la tabla 25 que representa la frecuencia con la que se debe realizar cada actividad, acorde a un código de colores.

**Tabla 25.-** Frecuencia de mantenimiento de la Cama de Enderezado.

<b>COLOR</b>	<b>FRECUENCIA</b>
	Diaria
	Semanal
	Mensual
	Semestral
	Anual

### **Gamas de Mantenimiento**

Las gamas de mantenimiento son la representación mensual de las actividades que se debe realizar a la máquina para el mantenimiento preventivo y predictivo de la misma, las gamas están elaboradas acorde a un código de colores que representa la frecuencia diaria, semanal, mensual, semestral y anual, según lo amerite cada actividad, como se presenta a continuación.

Gamas de Mantenimiento

Tabla 26.- Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Enero.

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																																
			Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do		
			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		
<b>CAMA DE ENDEREZADO</b>	PREVENTIVO	Control de ajuste de los pernos.																																	
		Control de las conexiones eléctricas.																																	
		Control de accionamiento de las válvulas.																																	
		Control de las condiciones de las mangueras.																																	
		Limpieza general de la maquina.																																	
		Limpieza de las válvulas.																																	
		Limpieza de los cilindros neumáticos.																																	
		Limpieza de las mordazas.																																	
		Limpieza de los ganchos.																																	
		Limpieza de los anclajes.																																	
		Engrase de las guías.																																	
		Engrase de los resortes.																																	
		Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.																																	
		Limpieza de las cadenas																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																	
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																	
		Análisis de presión.																																	
Análisis de Impulsos de choque.																																			

Tabla 27.- Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Febrero.

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																																
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do					
			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					
<b>CAMA DE ENDEREZADO</b>	PREVENTIVO	Control de ajuste de los pernos.																																	
		Control de las conexiones eléctricas.																																	
		Control de accionamiento de las válvulas.																																	
		Control de las condiciones de las mangueras.																																	
		Limpieza general de la maquina.																																	
		Limpieza de las válvulas.																																	
		Limpieza de los cilindros neumáticos.																																	
		Limpieza de las mordazas.																																	
		Limpieza de los ganchos.																																	
		Limpieza de los anclajes.																																	
		Engrase de las guías.																																	
		Engrase de los resortes.																																	
		Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.																																	
		Limpieza de las cadenas																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																	
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																	
		Análisis de presión.																																	
Análisis de Impulsos de choque.																																			

**Tabla 28.-** Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Marzo.

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	MARZO																																		
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié				
			nes	rte	rcos	ves	nes	ado	min	nes	rte	rcos	ves	nes	ado	min	go	nes	rte	rcos	ves	nes	ado	min	go	nes	rte	rcos	ves	nes	ado	min	go	nes	rte	rcos	
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							
<b>CAMA DE ENDEREZADO</b>	PREVENTIVO	Control de ajuste de los pernos.	■																																		
		Control de las conexiones eléctricas.	■						■							■																					
		Control de accionamiento de las válvulas.	■																																		
		Control de las condiciones de las mangueras.	■																																		
		Limpieza general de la maquina.																																			
		Limpieza de las válvulas.	■																																		
		Limpieza de los cilindros neumáticos.																																			
		Limpieza de las mordazas.																																			
		Limpieza de los ganchos.	■																																		
		Limpieza de los anclajes.	■																																		
		Engrase de las guías.	■																																		
		Engrase de los resortes.																																			
		Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.																																			
		Limpieza de las cadenas																																			
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																			
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																			
Análisis de presión.		■																																			
Análisis de Impulsos de choque.																																					

**Tabla 29.-** Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Abril.

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ABRIL																																		
			Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Vie	Sáb	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie						
			ves	nes	ado	min	nes	rte	rcos	ves	nes	ado	min	go	nes	rte	rcos	ves	nes	ado	min	go	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ingo	nes	tes	rcos	ves	nes			
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								
<b>CAMA DE ENDEREZADO</b>	PREVENTIVO	Control de ajuste de los pernos.					■																														
		Control de las conexiones eléctricas.																																			
		Control de accionamiento de las válvulas.																																			
		Control de las condiciones de las mangueras.																																			
		Limpieza general de la maquina.																																			
		Limpieza de las válvulas.																																			
		Limpieza de los cilindros neumáticos.																																			
		Limpieza de las mordazas.																																			
		Limpieza de los ganchos.																																			
		Limpieza de los anclajes.																																			
		Engrase de las guías.																																			
		Engrase de los resortes.																																			
		Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.																																			
		Limpieza de las cadenas																																			
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																			
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																			
Análisis de presión.																																					
Análisis de Impulsos de choque.																																					







**Tabla 34.- Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Septiembre.**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																																	
			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				
<b>CAMA DE ENDEREZADO</b>	PREVENTIVO	Control de ajuste de los pernos.																																		
		Control de las conexiones eléctricas.																																		
		Control de accionamiento de las válvulas.																																		
		Control de las condiciones de las mangueras.																																		
		Limpieza general de la maquina.																																		
		Limpieza de las válvulas.																																		
		Limpieza de los cilindros neumáticos.																																		
		Limpieza de las mordazas.																																		
		Limpieza de los ganchos.																																		
		Limpieza de los anclajes.																																		
		Engrase de las guías.																																		
		Engrase de los resortes.																																		
		Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.																																		
		Limpieza de las cadenas																																		
		PREDICTIVO	Inspección Visual.																																	
Inspección por medio de Ultrasonido.																																				
Análisis de presión.																																				
Análisis de Impulsos de choque.																																				

**Tabla 35.- Gama de mantenimiento de la Cama de Enderezado correspondiente al mes de Octubre.**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	OCTUBRE																																		
			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				
<b>CAMA DE ENDEREZADO</b>	PREVENTIVO	Control de ajuste de los pernos.																																			
		Control de las conexiones eléctricas.																																			
		Control de accionamiento de las válvulas.																																			
		Control de las condiciones de las mangueras.																																			
		Limpieza general de la maquina.																																			
		Limpieza de las válvulas.																																			
		Limpieza de los cilindros neumáticos.																																			
		Limpieza de las mordazas.																																			
		Limpieza de los ganchos.																																			
		Limpieza de los anclajes.																																			
		Engrase de las guías.																																			
		Engrase de los resortes.																																			
		Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.																																			
		Limpieza de las cadenas																																			
		PREDICTIVO	Inspección Visual.																																		
Inspección por medio de Ultrasonido.																																					
Análisis de presión.																																					
Análisis de Impulsos de choque.																																					



### 3.1.7. Spotter

Tabla 38.- Ficha técnica del spotter

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA	X	EQUIPO	HERRAMIENTA
			
		<b>CÓDIGO:</b>	SP01, SP02
		SPOTTER	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>MARCA:</b>	Tecna	<b>TENSION DE RED:</b>	230 V
<b>MODELO:</b>	-	<b>FRECUENCIA:</b>	50 - 60 Hz
<b>AÑO:</b>	2013	<b>POTENCIA:</b>	27 – 57 kW
<b>PROCEDENCIA:</b>	Americana	<b>PESO TOTAL:</b>	32 kg
<b>TIPO:</b>	Multifunción	<b>DIMENSIONES:</b>	300 x 340 x 680 (mm)
COMPONENTES			
Pistola multifunción		Accesorios consumibles	
Cable de tierra		Pistola de soldadura de punto	
Botoneras		Instalación eléctrica	
Carcasa		Pantalla led	
<b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para enderezar láminas y superficies metálicas, sin dejar marcas.			
<b>OBSERVACIONES:</b> La presente ficha técnica hace mención a dos Spotters con sus respectivos códigos SP01 y SP02, ya que son de la misma marca, modelo y presentan las mismas características. La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se la puede observar en el anexo IV.			

## Características de la Máquina

- Tensión de Red: 230 V
- Frecuencia: 50 – 60 Hz
- Potencia: 27 – 57 KW
- Peso total: 32 kg
- Dimensiones: 300 x 340 x 680 (mm)
- Longitud del cable de masa: 3 m

## Condiciones de Servicio

- Temperatura de trabajo: (0 – 40) °C
- Tipo de instalación eléctrica: monofásica
- Tiempo de Funcionamiento: 12 horas consecutivas
- Número de operadores requeridos: 1

## Componentes

Tabla 399.- Componentes del Spotter.

Nº	Componente	Función
1	Carro o estructura transportadora	Sujetar la máquina y trasladarla a cualquier sitio.
2	Manilla posterior	Sujetar la máquina de una forma correcta.
3	Sujeta cable	Sujetar el cable para el traslado adecuado de la máquina.
4	Soporte de la pinza	Sujetar la pinza para el traslado adecuado de la máquina.
5	Porta utensilios	Colocar los utensilios para la correcta utilización de cada uno de ellos.
6	Bandejas	Colocar diferentes objetos para la correcta utilización de cada uno de ellos.
7	Ruedas	Permitir la movilidad de la máquina.
8	Tornillos de sujeción	Permitir que todos los componentes de la estructura de la máquina se encuentren fijos.
9	Cable de alimentación	Permitir el paso de la energía hacia la máquina.
10	Tarjeta micro digital	Controlar las funciones de la máquina.
11	Transformador	Aumentar el voltaje de la máquina.

<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>
12	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.
13	Bobina	Transformar la corriente normal en una de alto voltaje.
14	Diodo	Actuar como un interruptor de clase unidireccional para la corriente.
15	Interruptor de encendido	Permitir el paso de corriente hacia la máquina.
16	Carcasa	Contener a los componentes de la máquina.
17	Pinza de masa	Conducir la corriente.
18	Pistola	Permitir el paso de corriente y por ende funde la punta del electrodo a la lámina metálica.
19	Electrodo	Unir la pistola con la lámina metálica
20	Martillo extractor	Enderezar la parte afectada mediante un ligero deslizamiento hacia afuera.
21	Soporte de la pistola	Sujetar la pistola para el traslado adecuado de la máquina.
22	Ventilador	Enfriar la parte interna de la máquina.

### Componentes Sustituibles

**Tabla 40.-** Componentes Sustituibles del Spotter.

<b>Repuestos</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Características</b>
Ruedas	4	Ruedas con base giratoria
Pernos de sujeción	30	Pernos de 1 pulgada
Cable de alimentación	2	Calibre 6
Cables de conexión	2	Calibre 10
Interruptor de encendido	1	Material plástico o cerámico
Electrodo	1	Punta redondeada
Ventilador	1	Ventilador de 7 aspas

## **Instrucciones de Funcionamiento**

- Verificar que la instalación eléctrica se encuentre en buen estado
- Verificar que los electrodos estén incrustados y correctamente sujetos en la punta de la pistola.
- Colocar todos los parámetros del tipo y calidad de la lámina metálica a enderezar.
- Insertar el valor del amperaje a utilizar.
- Encender el interruptor de la máquina.
- Colocar la pinza o pistola sobre la lámina metálica que se desea enderezar.
- Accionar el pulsador que se encuentra en la pistola.
- Deslizar hacia atrás el martillo extractor con la fuerza que se requiera para enderezar la lámina metálica.
- Repetir el paso antes mencionado las veces que sean necesarias hasta conseguir un enderezado aceptable.

## **Normas de Seguridad**

- La máquina debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- Verificar que la máquina tenga una buena estabilidad al momento de colocarla en la zona de trabajo.
- En caso de que se produzca un incendio en la máquina, se debe utilizar extintores de polvo.
- Por ningún motivo se debe acceder a las partes internas de la máquina cuando ésta se encuentre encendida.
- No utilizar esta máquina en los lugares donde exista materiales inflamables
- Utilizar los elementos de protección personal, estos son: guantes de cuero, máscara con gafas de protección, mandil u overol, zapatos de cuero.

## **Instrucciones de mantenimiento**

En la tabla 41 descrita a continuación se presentan las frecuencias con las cuales se debe realizar las operaciones de mantenimiento, de limpieza y de lubricación.

**Tabla 41.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento del Spotter [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control del nivel de desgaste del electrodo.	X					
Control de las conexiones eléctricas.			X			
Control de accionamiento de los interruptores.					X	
Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.					X	

**Tabla 42.-** Frecuencias de Operaciones de Limpieza del Spotter [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina				X		
Limpieza del electrodo.	X					
Limpieza de las ruedas.					X	
Limpieza de las bandejas.	X					
Limpieza de la carcasa.		X				

**Tabla 43.-** Frecuencias de Operaciones de Lubricación del Spotter [16].

<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Engrase de las ruedas.					X	
Engrase del martillo extractor.			X			

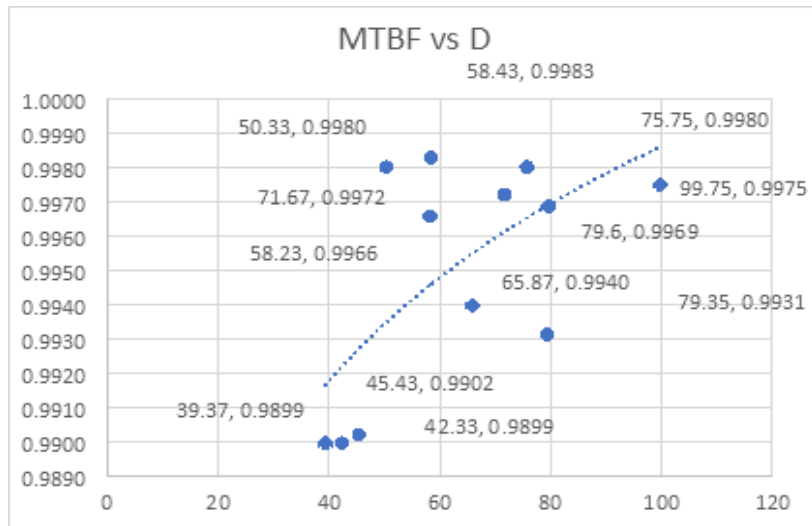
## Estadístico de mantenimiento anual

**Tabla 44.-** Estadístico del Spotter.

MÁQUINA	SPOTTER										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
<b>ENERO</b>	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					39,37	0,0254	0,4	2,5	98,99%
	Control de accionamiento de los interruptores.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,8	0,8	0,9	1,7					
	Control de las conexiones eléctricas.	21/1/2019	62,3	0,3	0,1	0,4					
<b>FEBRERO</b>	limpieza de la carcasa.	4/2/2019	63,6	0,1	0,1	0,2	45,43	0,022	0,45	2,2222	99,02%
	Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.	11/2/2019	39,8	1	0,5	1,5					
	Control del nivel de desgaste del electrodo	18/2/2019	38,5	0,1	0,1	0,2					
	Engrase de las ruedas.	25/2/2019	39,8	0,6	0,1	0,7					
<b>MARZO</b>	Control de las conexiones eléctricas.	4/3/2019	39,3	0,3	0,1	0,4	58,23	0,0172	0,2	5	99,66%
	Control del nivel de desgaste del electrodo	20/3/2019	95,6	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza de las bandejas	25/3/2019	39,8	0,2	0,2	0,4					
<b>ABRIL</b>	Control de las conexiones eléctricas.	1/4/2019	31,6	0,3	0,1	0,4	42,33	0,0236	0,43	2,3256	98,99%
	Control del nivel de desgaste del electrodo	8/4/2019	39,6	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	55,8	0,9	0,2	1,1					
<b>MAYO</b>	Control de las conexiones eléctricas.	6/5/2019	102,9	0,3	0,1	0,4	65,87	0,0152	0,4	2,5	99,40%
	Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.	13/5/2019	39,6	0,7	0,2	0,9					
	Control del nivel de desgaste del electrodo	24/5/2019	55,1	0,2	0,1	0,3					
<b>JUNIO</b>	Engrase del martillo extractor	3/6/2019	55,7	0,1	0,1	0,2	58,43	0,0171	0,1	10	99,83%
	Control de las conexiones eléctricas.	10/6/2019	39,8	0,1	0,1	0,2					
	Control del nivel de desgaste del electrodo	24/6/2019	79,8	0,1	0,1	0,2					

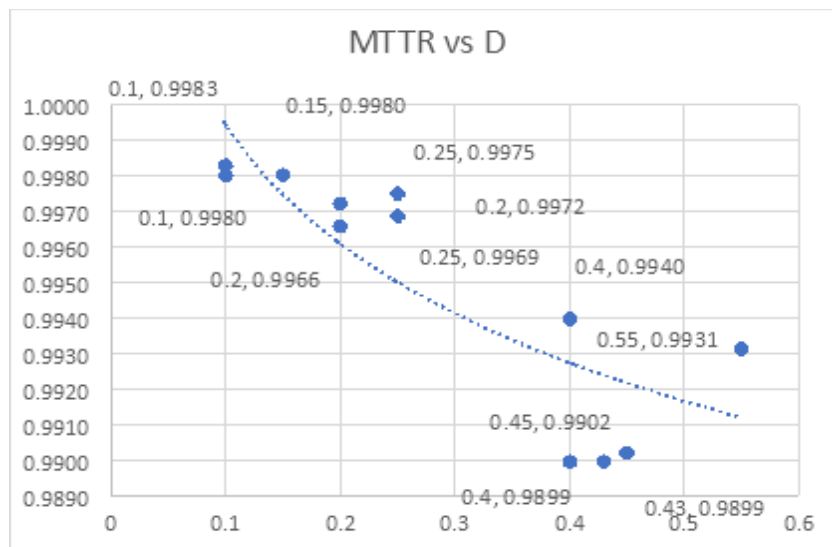


MÁQUINA	SPOTTER										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
JULIO	Control de accionamiento de los interruptores.	8/7/2019	79,8	0,2	0,1	0,3	99,75	0,01	0,25	4	99,75%
	Control de las conexiones eléctricas.	29/7/2019	119,7	0,3	0,1	0,4					
AGOSTO	Control del nivel de desgaste del electrodo	5/8/2019	39,6	0,1	0,3	0,4	50,33	0,0199	0,1	10	99,80%
	Engrase del martillo extractor	23/8/2019	95,6	0,1	0,1	0,2					
	Control de las conexiones eléctricas.	26/8/2019	15,8	0,1	0,1	0,2					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,8	0,8	0,3	1,1	79,35	0,0126	0,55	1,8182	99,31%
	Control de las conexiones eléctricas.	23/9/2019	102,9	0,3	0,1	0,4					
OCTUBRE	Engrase de las ruedas.	7/10/2019	79,6	0,3	0,1	0,4	79,6	0,0126	0,25	4	99,69%
	Control del nivel de desgaste del electrodo	21/10/2019	79,6	0,2	0,1	0,3					
NOVIEMBRE	Limpieza del electrodo.	8/11/2019	87,7	0,1	0,1	0,2	75,75	0,0132	0,15	6,6667	99,80%
	Control de las conexiones eléctricas.	18/11/2019	63,8	0,2	0,1	0,3					
DICIEMBRE	Control del nivel de desgaste del electrodo	9/12/2019	119,7	0,2	0,1	0,3	71,67	0,014	0,2	5	99,72%
	Control de las conexiones eléctricas.	16/12/2019	39,7	0,2	0,2	0,4					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,6	0,9	0,3	1,2					
<b>TOTALES</b>			<b>1953,7</b>	<b>9,5</b>	<b>5,2</b>	<b>14,7</b>	<b>1953,7</b>	<b>0,001</b>	<b>9,5</b>	<b>0,105</b>	<b>99,52%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,89</b>	<b>0,32</b>	<b>0,17</b>	<b>0,48</b>	<b>60,89</b>	<b>0,016</b>	<b>0,32</b>	<b>3,125</b>	<b>99,48%</b>



**Figura 30.-** Gráfica MTBF vs D del Spotter.

En la figura 30 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9983 (MTBF= 58,43 h) y un mínimo de 0,9899 (MTBF= 39,37 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 99,75 h (D=0,9975) y el mínimo de 39,37 h (D=0,9899). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 31.-** Gráfica MTTR vs D del Spotter.

En la figura 31 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9983 (MTBF= 0,1 h) y un mínimo de 0,9899 (MTBF= 0,4 h), además se observa que el tiempo medio de reparación máximo es de 0,55 h (D=0,9931) y el mínimo de 0,1 h (D=0,9980).

**Matriz AMFE**

**Tabla 45.-** Matriz AMFE del Spotter.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Tecna		<b>Fecha Rea:</b>	9/3/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Spotter		<b>Modelo:</b>	-		<b>Fecha Rev:</b>	10/3/2021		<b>De:</b>	1	
<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modo de fallo</b>	<b>Causa Raíz</b>	<b>Efecto</b>	<b>Valoraciones</b>				<b>Recomendaciones</b>
							<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>IPR</b>	
1	Carro estructura transportadora	Sujetar los componentes de la máquina y transportarla.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la estructura	5	3	2	30	Recubrir con pintura las partes expuestas
2	Manilla posterior	Sujetar la máquina de una forma correcta.	Rotura de la manilla	Rotura	Sobrepresión	Manilla inservible	7	3	1	21	Ejercer una presión moderada sobre la manilla.
3	Gancho Sujeta cable	Sujetar el cable para el traslado adecuado de la máquina.	Rotura del gancho	Rotura	Sobrepresión	Gancho inservible	3	3	1	9	Ejercer una presión moderada sobre el gancho.
4	Soporte de la pinza	Sujetar la pinza para el traslado adecuado de la máquina.	Rotura del gancho	Rotura	Sobrepresión	Soporte inservible	3	3	2	18	Ejercer una presión moderada sobre el soporte.

### Matriz AMFE

Área:	Enderezado y Pintura		Marca:	Tecna		Fecha Rea:	9/3/2021				Hoja N°:	1
Equipo:	Spotter		Modelo:	-		Fecha Rev:	10/3/2021				De:	1
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones	
							F	G	D	IPR		
5	Porta utensilios	Colocar los utensilios para la correcta utilización de cada uno de ellos.	Rotura del Porta utensilios	Rotura	Sobrepeso	Porta utensilios inservibles	4	3	2	24	Colocar en el porta utensilios solamente lo necesario.	
6	Bandejas	Colocar diferentes objetos para la correcta utilización de cada uno de ellos.	Rotura de las bandejas	Rotura	Sobrepeso	Bandejas inservibles	3	2	2	12	Colocar en las bandejas solamente lo necesario.	
7	Ruedas	Permitir la movilidad de la máquina.	Atascamiento de las ruedas	Atascamiento	Impurezas incrustadas en los ejes de las ruedas	Ruedas atascadas	5	5	2	50	Limpiar adecuadamente el área de trabajo.	

Matriz AMFE											
Área:	Enderezado y Pintura		Marca:	Tecna		Fecha Rea:	9/3/2021		Hoja N°:	1	
Equipo:	Spotter		Modelo:	-		Fecha Rev:	10/3/2021		De:	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
8	Tornillos de sujeción	Permitir que todos los componentes de la estructura de la máquina se encuentren fijos.	Oxidación de los tornillos	Desgaste	Corrosión	Inestabilidad en la estructura de la máquina	6	5	5	150	Limpieza adecuada de los pernos para evitar oxidación
9	Cable de alimentación	Permitir el paso de la energía hacia la máquina.	Rotura del cable	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	6	6	5	180	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
10	Tarjeta micro digital	Controlar las funciones de la máquina.	Rotura de las líneas de conexión	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	2	5	5	50	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
11	Transformador	Aumentar el voltaje de la máquina.	Rotura del devanado	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	7	4	112	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Tecna		<b>Fecha Rea:</b>	9/3/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Spotter		<b>Modelo:</b>	-		<b>Fecha Rev:</b>	10/3/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
12	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.	Rotura de los cables	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	5	5	75	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
13	Bobina	Transformar la corriente normal en una de alto voltaje.	Rotura del devanado	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	3	6	72	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
14	Diodo	Actuar como un interruptor de clase unidireccional para la corriente.	Rotura del diodo	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	2	4	7	56	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Tecna		<b>Fecha Rea:</b>	9/3/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Spotter		<b>Modelo:</b>	-		<b>Fecha Rev:</b>	10/3/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
15	Interruptor de encendido	Permitir el paso de corriente hacia la máquina.	Rotura del interruptor	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	5	5	2	50	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el interruptor.
16	Carcasa	Contener a los componentes de la máquina.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la carcasa	1	3	2	6	Mantener la máquina en un lugar fresco y seco.
17	Pinza de masa	Conducir la corriente.	Desgaste de los dientes de la pinza	Desgaste	Fricción	Agarre deficiente	3	3	1	9	Abrir correctamente la pinza para colocarla o quitarla del metal.
18	Pistola	Permitir el paso de corriente y por ende funde la punta del electrodo a la lámina metálica.	Rotura de la pistola	Rotura	Sobrepresión	Parada del Proceso	4	7	2	56	Utilizar una fuerza moderada para accionar la pistola.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Tecna		<b>Fecha Rea:</b>	9/3/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Spotter		<b>Modelo:</b>	-		<b>Fecha Rev:</b>	10/3/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
19	Electrodo	Unir la pistola con la lámina metálica	Desgaste de la punta	Desgaste	Fusión de la punta con el metal	Puntos de contacto muy grandes	9	5	2	90	Disminuir el amperaje de la máquina.
20	Martillo extractor	Enderezar la parte afectada mediante un ligero deslizamiento hacia afuera.	Atascamiento del martillo	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el eje	Parada del proceso	7	5	1	35	Limpiar adecuadamente el área de trabajo.
21	Soporte de la pistola	Sujetar la pistola para el traslado adecuado de la máquina.	Rotura del soporte	Rotura	Sobrepresión	Soporte inservible	4	3	1	12	Ejercer una presión moderada sobre el soporte.
22	Ventilador	Enfriar la parte interna de la máquina.	Rotura de las aspas	Rotura	Incrustación de objetos	Recalentamiento de la máquina	2	8	3	48	Mantener libre de objetos la parte donde se encuentra el ventilador.
PROMEDIO										53	



## Modelo Matemático de Weibull del Spotter

Tabla 46.-Datos estadísticos del Spotter

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(t)
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	62,3	4,132
4	1	63,6	4,1526
5	1	39,8	3,6839
6	1	38,5	3,6507
7	1	39,8	3,6839
8	1	39,3	3,6712
9	1	95,6	4,5602
10	1	39,8	3,6839
11	1	31,6	3,4532
12	1	39,6	3,6788
13	1	55,8	4,0218
14	1	102,9	4,6338
15	1	39,6	3,6788
16	1	55,1	4,0091
17	1	55,7	4,02
18	1	39,8	3,6839
19	1	79,8	4,3795
20	1	79,8	4,3795
21	1	119,7	4,785
22	1	39,6	3,6788
23	1	95,6	4,5602
24	1	15,8	2,76
25	1	55,8	4,0218
26	1	102,9	4,6338
27	1	79,6	4,377
28	1	79,6	4,377
29	1	87,7	4,4739
30	1	63,8	4,1558
31	1	119,7	4,785
32	1	39,7	3,6814
33	1	55,6	4,0182
	<b>33</b>		<b>132,1023</b>

**Tabla 47.-** Datos calculados del Spotter

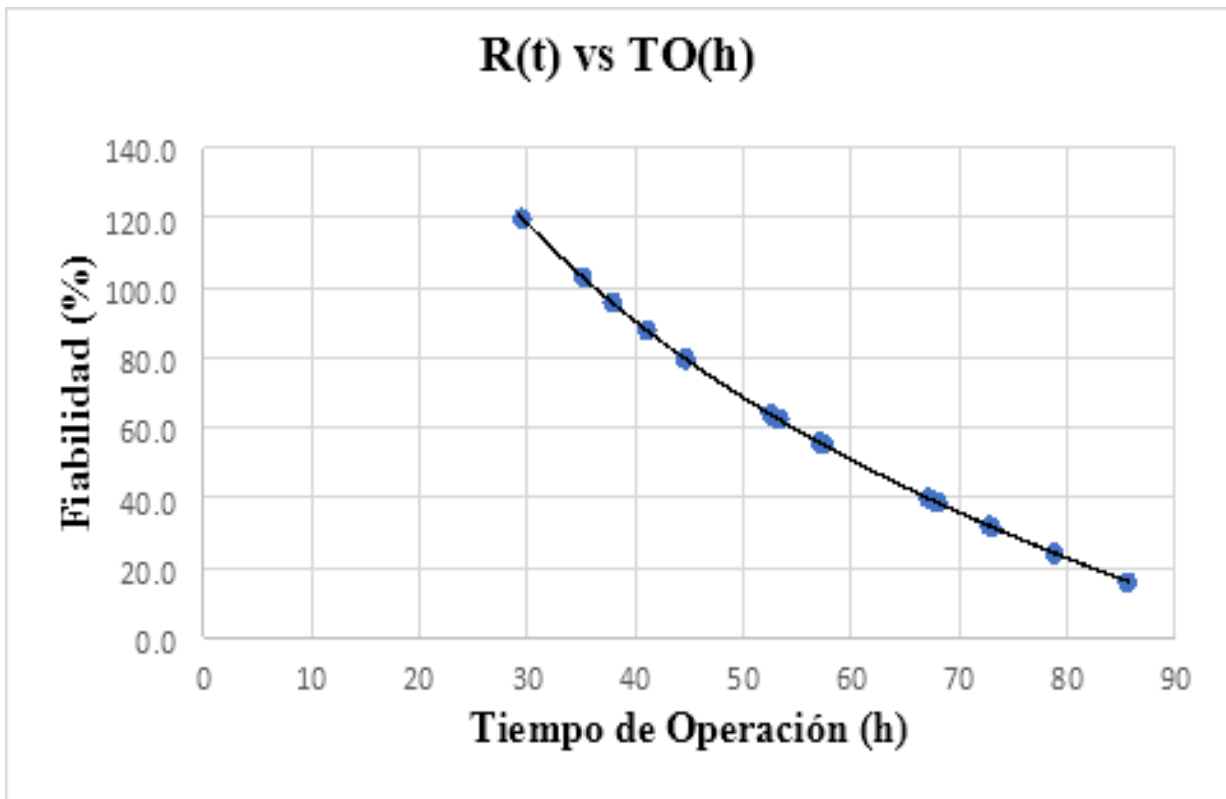
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2
1	1	24,0	3,1781	0,6806
2	1	31,8	3,4595	0,2955
3	1	62,3	4,132	0,0166
4	1	63,6	4,1526	0,0224
5	1	39,8	3,6839	0,1019
6	1	38,5	3,6507	0,1242
7	1	39,8	3,6839	0,1019
8	1	39,3	3,6712	0,1102
9	1	95,6	4,5602	0,3104
10	1	39,8	3,6839	0,1019
11	1	31,6	3,4532	0,3024
12	1	39,6	3,6788	0,1052
13	1	55,8	4,0218	0,0003
14	1	102,9	4,6338	0,3978
15	1	39,6	3,6788	0,1052
16	1	55,1	4,0091	0
17	1	55,7	4,02	0,0003
18	1	39,8	3,6839	0,1019
19	1	79,8	4,3795	0,1417
20	1	79,8	4,3795	0,1417
21	1	119,7	4,785	0,6114
22	1	39,6	3,6788	0,1052
23	1	95,6	4,5602	0,3104
24	1	15,8	2,76	1,5453
25	1	55,8	4,0218	0,0003
26	1	102,9	4,6338	0,3978
27	1	79,6	4,377	0,1398
28	1	79,6	4,377	0,1398
29	1	87,7	4,4739	0,2217
30	1	63,8	4,1558	0,0233
31	1	119,7	4,785	0,6114
32	1	39,7	3,6814	0,1035
33	1	55,6	4,0182	0,0002
	<b>33</b>		<b>132,1023</b>	<b>7,3722</b>

**Tabla 48.-** Parámetros iniciales del Spotter

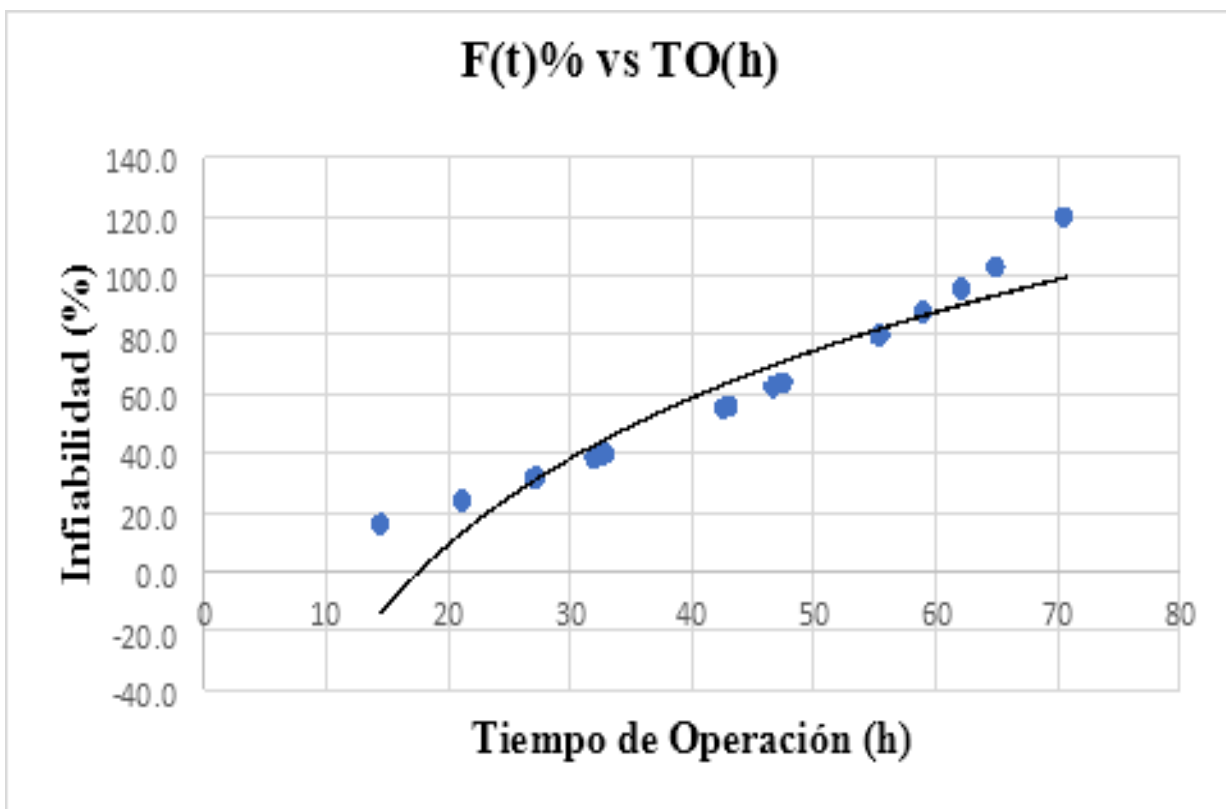
<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	4,0031
<b>VARIANZA S^2</b>	1,6984
<b>DESVIACION S</b>	1,3032
<b>BETTA β</b>	0,9842
<b>ALPHA α</b>	98,4517

**Tabla 49.- Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad Del Spotter**

Spotter								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
1	1	24,0	3,1781	0,6806	0,788	78,8	0,212	21,2
2	1	31,8	3,4595	0,2955	0,7282	72,82	0,2718	27,18
3	1	62,3	4,132	0,0166	0,5336	53,36	0,4664	46,64
4	1	63,6	4,1526	0,0224	0,5265	52,65	0,4735	47,35
5	1	39,8	3,6839	0,1019	0,6714	67,14	0,3286	32,86
6	1	38,5	3,6507	0,1242	0,6803	68,03	0,3197	31,97
7	1	39,8	3,6839	0,1019	0,6714	67,14	0,3286	32,86
8	1	39,3	3,6712	0,1102	0,6748	67,48	0,3252	32,52
9	1	95,6	4,5602	0,3104	0,3789	37,89	0,6211	62,11
10	1	39,8	3,6839	0,1019	0,6714	67,14	0,3286	32,86
11	1	31,6	3,4532	0,3024	0,7297	72,97	0,2703	27,03
12	1	39,6	3,6788	0,1052	0,6727	67,27	0,3273	32,73
13	1	55,8	4,0218	0,0003	0,5703	57,03	0,4297	42,97
14	1	102,9	4,6338	0,3978	0,3514	35,14	0,6486	64,86
15	1	39,6	3,6788	0,1052	0,6727	67,27	0,3273	32,73
16	1	55,1	4,0091	0,0000	0,5744	57,44	0,4256	42,56
17	1	55,7	4,02	0,0003	0,5709	57,09	0,4291	42,91
18	1	39,8	3,6839	0,1019	0,6714	67,14	0,3286	32,86
19	1	79,8	4,3795	0,1417	0,4458	44,58	0,5542	55,42
20	1	79,8	4,3795	0,1417	0,4458	44,58	0,5542	55,42
21	1	119,7	4,785	0,6114	0,2953	29,53	0,7047	70,47
22	1	39,6	3,6788	0,1052	0,6727	67,27	0,3273	32,73
23	1	95,6	4,5602	0,3104	0,3789	37,89	0,6211	62,11
24	1	15,8	2,76	1,5453	0,8557	85,57	0,1443	14,43
25	1	55,8	4,0218	0,0003	0,5703	57,03	0,4297	42,97
26	1	102,9	4,6338	0,3978	0,3514	35,14	0,6486	64,86
27	1	79,6	4,377	0,1398	0,4467	44,67	0,5533	55,33
28	1	79,6	4,377	0,1398	0,4467	44,67	0,5533	55,33
29	1	87,7	4,4739	0,2217	0,411	41,1	0,589	58,9
30	1	63,8	4,1558	0,0233	0,5254	52,54	0,4746	47,46
31	1	119,7	4,785	0,6114	0,2953	29,53	0,7047	70,47
32	1	39,7	3,6814	0,1035	0,6721	67,21	0,3279	32,79
33	1	55,6	4,0182	0,0002	0,5714	57,14	0,4286	42,86



**Figura 32.-** Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del Spotter.



**Figura 33.-** Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación del Spotter.

## Modelo Gráfico de Weibull del Spotter

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

Tabla 50.- Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)
1	15,8	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	31,6	0,0808	8,08
4	31,8	0,1108	11,08
5	38,5	0,1407	14,07
6	39,3	0,1707	17,07
7	39,6	0,2006	20,06
8	39,6	0,2305	23,05
9	39,6	0,2605	26,05
10	39,7	0,2904	29,04
11	39,8	0,3204	32,04
12	39,8	0,3503	35,03
13	39,8	0,3802	38,02
14	39,8	0,4102	41,02
15	55,1	0,4401	44,01
16	55,6	0,4701	47,01
17	55,7	0,5	50
18	55,8	0,5299	52,99
19	55,8	0,5599	55,99
20	62,3	0,5898	58,98
21	63,6	0,6198	61,98
22	63,8	0,6497	64,97
23	79,6	0,6796	67,96
24	79,6	0,7096	70,96
25	79,8	0,7395	73,95
26	79,8	0,7695	76,95
27	87,7	0,7994	79,94
28	95,6	0,8293	82,93
29	95,6	0,8593	85,93
30	102,9	0,8892	88,92
31	102,9	0,9192	91,92
32	119,7	0,9491	94,91
33	119,7	0,979	97,9

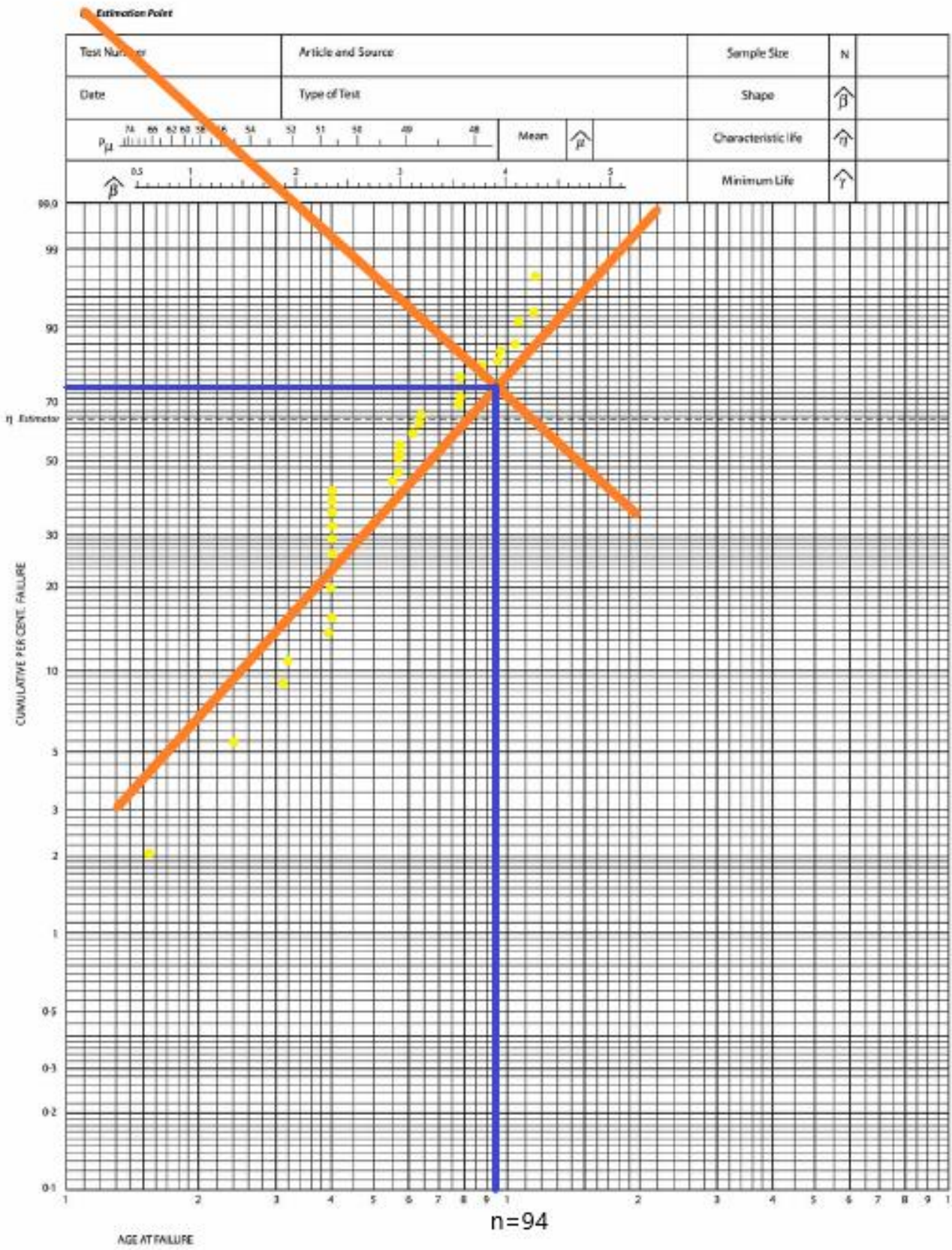


Figura 34.- Papel de Weibull de la Cama de Enderezado.

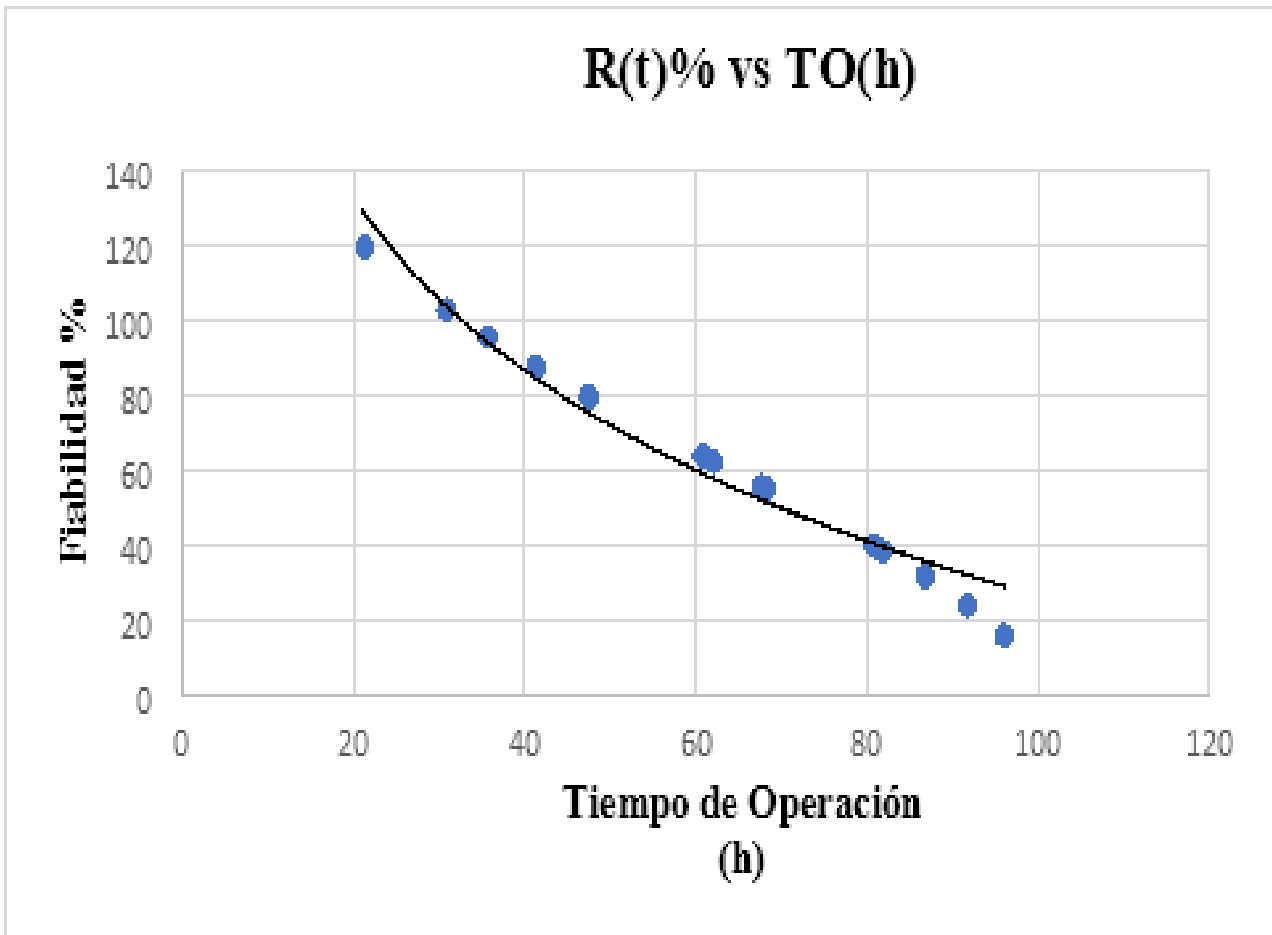
**Tabla 51.-** Parámetros de fallas del Spotter

$P\mu$	55
$\beta$	1,8
n	94

**Tabla 52.-** Fiabilidad de Weibull del Spotter por el método gráfico

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>	<b>R (t)</b>	<b>R (t) (%)</b>
1	15,8	0,021	2,1	0,9604	96,04
2	24	0,0509	5,09	0,9179	91,79
3	31,6	0,0808	8,08	0,8689	86,89
4	31,8	0,1108	11,08	0,8675	86,75
5	38,5	0,1407	14,07	0,8183	81,83
6	39,3	0,1707	17,07	0,8121	81,21
7	39,6	0,2006	20,06	0,8098	80,98
8	39,6	0,2305	23,05	0,8098	80,98
9	39,6	0,2605	26,05	0,8098	80,98
10	39,7	0,2904	29,04	0,809	80,9
11	39,8	0,3204	32,04	0,8082	80,82
12	39,8	0,3503	35,03	0,8082	80,82
13	39,8	0,3802	38,02	0,8082	80,82
14	39,8	0,4102	41,02	0,8082	80,82
15	55,1	0,4401	44,01	0,6823	68,23
16	55,6	0,4701	47,01	0,678	67,8
17	55,7	0,5	50	0,6772	67,72
18	55,8	0,5299	52,99	0,6763	67,63
19	55,8	0,5599	55,99	0,6763	67,63
20	62,3	0,5898	58,98	0,6207	62,07
21	63,6	0,6198	61,98	0,6096	60,96
22	63,8	0,6497	64,97	0,6079	60,79
23	79,6	0,6796	67,96	0,4765	47,65
24	79,6	0,7096	70,96	0,4765	47,65

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
25	79,8	0,7395	73,95	0,4749	47,49
26	79,8	0,7695	76,95	0,4749	47,49
27	87,7	0,7994	79,94	0,4137	41,37
28	95,6	0,8293	82,93	0,3567	35,67
29	95,6	0,8593	85,93	0,3567	35,67
30	102,9	0,8892	88,92	0,3083	30,83
31	102,9	0,9192	91,92	0,3083	30,83
32	119,7	0,9491	94,91	0,2133	21,33
33	119,7	0,979	97,9	0,2133	21,33



**Figura 35.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación del Spotter.



Gamas de Mantenimiento

Tabla 53.- Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Enero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																															
			Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	
			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	
SPOTTER	PREVENTIVO	Control del nivel de desgaste del electrodo.	■			■	■	■	■	■																								
		Control de las conexiones eléctricas.				■						■																						
		Control de accionamiento de los interruptores.				■						■																						
		Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.														■																		
		Limpieza general de la máquina				■																												
		Limpieza del electrodo.	■			■	■	■	■	■			■	■	■	■	■																	
		Limpieza de las ruedas.				■	■	■	■	■			■	■	■	■	■																	
		Limpieza de las bandejas.	■			■	■	■	■	■			■	■	■	■	■																	
		Limpieza de la carcasa.				■						■																						
		Engrase de las ruedas.				■	■	■	■	■			■	■	■	■	■																	
		Engrase del martillo extractor.				■						■																						
		Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.								■																								
	PREDICTIVO	Inspección Visual.				■																												
		Análisis de vibraciones.																																
		Análisis de temperatura.																																
		Análisis Termográfico.																																
		Análisis de Impulsos de choque.																																

Tabla 54.- Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Febrero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																															
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom				
			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				
SPOTTER	PREVENTIVO	Control del nivel de desgaste del electrodo.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																		
		Control de las conexiones eléctricas.	■									■																						
		Control de accionamiento de los interruptores.										■																						
		Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.																																
		Limpieza general de la máquina				■																												
		Limpieza del electrodo.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
		Limpieza de las ruedas.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
		Limpieza de las bandejas.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
		Limpieza de la carcasa.	■									■																						
		Engrase de las ruedas.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
		Engrase del martillo extractor.	■									■																						
		Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.	■									■																						
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de vibraciones.				■																												
		Análisis de temperatura.																																
		Análisis Termográfico.																																
		Análisis de Impulsos de choque.																																







**Tabla 61.- Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Septiembre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																															
			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		
SPOTTER	PREVENTIVO	Control del nivel de desgaste del electrodo.																																
		Control de las conexiones eléctricas.																																
		Control de accionamiento de los interruptores.																																
		Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza del electrodo.																																
		Limpieza de las ruedas.																																
		Limpieza de las bandejas.																																
		Limpieza de la carcasa.																																
		Engrase de las ruedas.																																
	Engrase del martillo extractor.																																	
	Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de vibraciones.																																
		Análisis de temperatura.																																
Análisis Termográfico.																																		
Análisis de Impulsos de choque.																																		

**Tabla 62.- Gama de mantenimiento del Spotter correspondiente al mes de Octubre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	OCTUBRE																															
			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	
SPOTTER	PREVENTIVO	Control del nivel de desgaste del electrodo.																																
		Control de las conexiones eléctricas.																																
		Control de accionamiento de los interruptores.																																
		Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza del electrodo.																																
		Limpieza de las ruedas.																																
		Limpieza de las bandejas.																																
		Limpieza de la carcasa.																																
		Engrase de las ruedas.																																
	Engrase del martillo extractor.																																	
	Recubrimiento de las partes expuestas de la estructura.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de vibraciones.																																
		Análisis de temperatura.																																
Análisis Termográfico.																																		
Análisis de Impulsos de choque.																																		



### 3.1.8. Soldadora MIG

Tabla 65.- Ficha técnica de la Soldadora MIG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA	X	EQUIPO	HERRAMIENTA
			
		<b>CÓDIGO:</b>	SM01, SM02
		SOLDADORA MIG	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>MARCA:</b>	Cebora	<b>ALIMENTACION TRIFASICA:</b>	(230 – 400) V
<b>MODELO:</b>	Evo 250T	<b>FRECUENCIA:</b>	50 - 60 Hz
<b>AÑO:</b>	2013	<b>POTENCIA:</b>	5,5 kVA
<b>PROCEDENCIA:</b>	Americana	<b>PESO TOTAL:</b>	80 kg
<b>TIPO:</b>	Móvil	<b>DIMENSIONES:</b>	542 x 915 x 795 (mm)
<b>DIAMETRO DEL HILO:</b>	(0,6 – 1,2) mm		
COMPONENTES			
Pistola		Accesorios consumibles	
Cable de tierra		Resorte	
Botoneras		Instalación eléctrica	
Carcasa		Pantalla led	
Tanque de Argón		Regulador de Presión	
<b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para soldar o unir diferentes tipos de láminas metálicas de varios espesores y de diferentes materiales.			
<b>OBSERVACIONES:</b> La presente ficha técnica hace mención a dos Soldadoras MIG con sus respectivos códigos SM01 y SM02, ya que son de la misma marca, modelo y presentan las mismas características. La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se la puede observar en el anexo V.			

## Características de la Máquina

- Tensión de Red: (230 – 400) V
- Frecuencia: 50 – 60 Hz
- Potencia: 5,5 kVA
- Peso total: 80 kg
- Dimensiones: 542 x 915 x 795 (mm)
- Tipo de Fusible: Fusible de acción retardada (25A – 230V) y (16A – 400V)
- Diámetro del hilo: (0.6 – 1.2) mm
- Tipo de Gas: Inerte (Helio, Argón)

## Condiciones de Servicio

- Temperatura de trabajo: (0 – 40) °C
- Tipo de instalación eléctrica: Trifásica
- Tiempo de Funcionamiento: 10 horas consecutivas
- Número de operadores requeridos: 1

## Componentes

Tabla 66.- Componentes de la Soldadora Mig.

N°	Componente	Función
1	Carro o estructura transportadora	Sujetar la máquina y trasladarla a cualquier sitio.
2	Manilla posterior	Sujetar la máquina de una forma correcta.
3	Sujeta cable	Sujetar el cable para el traslado adecuado de la máquina.
4	Soporte de la pinza	Sujetar la pinza para el traslado adecuado de la máquina.
5	Porta utensilios	Colocar los utensilios para la correcta utilización de cada uno de ellos.
6	Bandejas	Colocar diferentes objetos para la correcta utilización de cada uno de ellos.
7	Ruedas	Permitir la movilidad de la máquina.



<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>
8	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.
9	Cable de alimentación	Permitir el paso de la energía hacia la máquina.
10	Tarjeta micro digital	Controlar las funciones de la máquina.
11	Transformador	Aumentar el voltaje de la máquina.
12	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.
13	Bobina	Transformar la corriente normal en una de alto voltaje.
14	Diodo	Actuar como un interruptor de clase unidireccional para la corriente.
15	Interruptor de encendido	Permitir el paso de corriente hacia la máquina.
16	Carcasa	Contener a los componentes de la máquina.
17	Pinza de masa	Conducir la corriente.
18	Pistola	Permitir el paso de corriente y por ende funde la punta del electrodo a la lámina metálica.
19	Alambre de aporte	Permitir unir dos elementos de metal, mediante la fundición del mismo.
20	Condensador	Almacenar energía con la finalidad de solventar un campo eléctrico.
21	Soporte de la pistola	Sujetar la pistola para el traslado adecuado de la máquina.
22	Ventilador	Enfriar la parte interna de la máquina.
23	Resistencia	Disipar la energía en forma de calor
24	Válvula de Paso	Abrir o cerrar el paso de gas
25	Regulador de Presión	Controlar el paso de la cantidad de gas

## Componentes Sustituibles

**Tabla 67.-** Componentes Sustituibles de la Soldadora Mig.

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Ruedas	4	Ruedas con base giratoria
Pernos de sujeción	40	Pernos de 1 pulgada
Cable de alimentación	2	Calibre 6
Cables de conexión	2	Calibre 10
Interruptor de encendido	1	Material plástico o cerámico
Alambre de aporte	1	Homogéneo (0.6 – 1.2) mm
Ventilador	1	Ventilador de 7 aspas
Condensador	1	33000 $\mu$ F (230 – 400) V
Resistencia	10	(200 – 1000) $\Omega$
Válvula de Paso	1	Válvula de ½ pulgada
Regulador de Presión	1	Regulador de 200 bar

## Instrucciones de Funcionamiento

- Verificar la instalación eléctrica se encuentre en buen estado
- Verificar que el rollo de alambre de aporte se encuentre correctamente instalado.
- Colocar todos los parámetros del tipo de lámina metálica a soldar.
- Insertar el valor del amperaje a utilizar.
- Encender el interruptor de la máquina.
- Colocar la pinza de masa en el chasis del vehículo o sobre la lámina metálica que se desea soldar.
- Abrir la válvula de paso del gas inerte requerido para este proceso de soldadura.
- Regular la presión del gas, según lo requerido para el proceso.
- Accionar el pulsador que se encuentra en la pistola.
- Repetir el paso antes mencionado las veces que sean necesarias hasta conseguir una unión aceptable entre las láminas metálicas.

## Normas de Seguridad

- La máquina debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- Verificar que la máquina tenga una buena estabilidad al momento de colocarla en la zona de trabajo.
- En caso de que se produzca un incendio en la máquina, se debe utilizar extintores de polvo.
- Por ningún motivo se debe acceder a las partes internas de la máquina cuando ésta se encuentre encendida.
- No utilizar esta máquina en los lugares donde exista materiales inflamables
- Utilizar los elementos de protección personal, estos son: guantes de cuero, máscara con gafas de protección, mandil u overol, zapatos de cuero.

## Instrucciones de mantenimiento

**Tabla 68.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Soldadora Mig [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control del nivel de alambre de aporte.	X					
Control de las conexiones eléctricas.			X			
Control de accionamiento de la pistola.		X				
Control de funcionamiento del ventilador.	X					
Control de funcionamiento del regulador de presión.	X					

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control de accionamiento del interruptor de encendido.					X	
Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.					X	

**Tabla 69.-** Frecuencias de Operaciones de la Soldadora Mig [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina				X		
Limpieza de la pistola.		X				
Limpieza de las ruedas.					X	
Limpieza de las bandejas.	X					
Limpieza de la carcasa.		X				

**Tabla 70.-** Frecuencias de Operaciones de la Soldadora Mig [16].

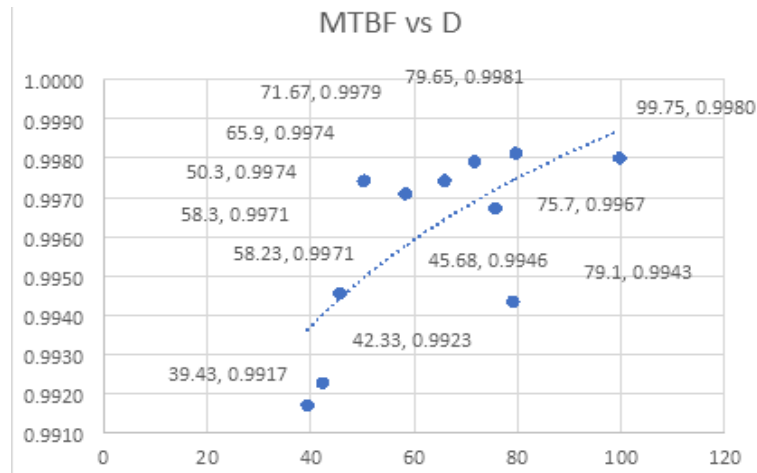
<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Engrase de las ruedas.					X	

## Estadístico de la Soldadora Mig

**Tabla 71.- Estadístico de la Soldadora Mig.**

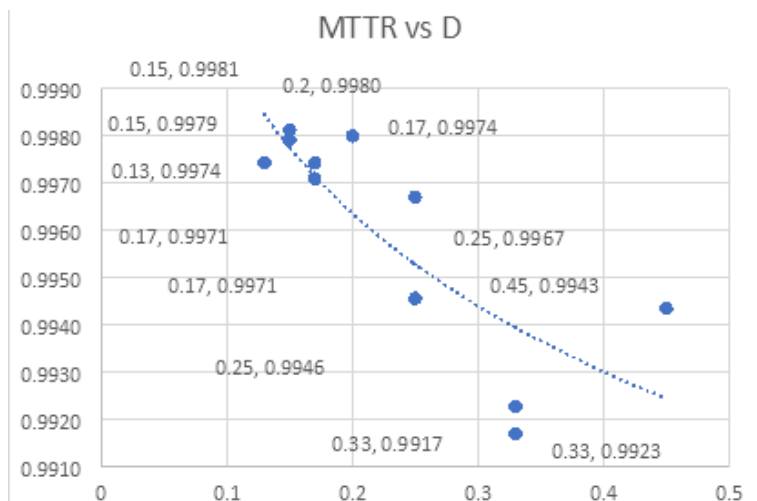
MÁQUINA	SOLDADORA MIG										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
<b>ENERO</b>	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					39,43	0,0254	0,33	3,0303	99,17%
	Control de accionamiento del interruptor.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,8	0,7	0,8	1,5					
	Control de las conexiones eléctricas.	21/1/2019	62,5	0,2	0,2	0,4					
<b>FEBRERO</b>	limpieza de la carcasa.	4/2/2019	63,6	0,1	0,2	0,3	45,68	0,0219	0,25	4	99,46%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	11/2/2019	39,7	0,2	0,2	0,4					
	Control del nivel de alambre de aporte.	18/2/2019	39,6	0,1	0,1	0,2					
	Engrase de las ruedas.	25/2/2019	39,8	0,6	0,1	0,7					
<b>MARZO</b>	Control de las conexiones eléctricas.	4/3/2019	39,3	0,2	0,2	0,4	58,23	0,0172	0,17	5,8824	99,71%
	Control del nivel de alambre de aporte.	20/3/2019	95,6	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza de las bandejas	25/3/2019	39,8	0,2	0,2	0,4					
<b>ABRIL</b>	Control de las conexiones eléctricas.	1/4/2019	31,6	0,2	0,2	0,4	42,33	0,0236	0,33	3,0303	99,23%
	Control del nivel de alambre de aporte.	8/4/2019	39,6	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	55,8	0,7	0,8	1,5					
<b>MAYO</b>	Control de las conexiones eléctricas.	6/5/2019	102,5	0,2	0,2	0,4	65,9	0,0152	0,17	5,8824	99,74%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	13/5/2019	39,6	0,2	0,2	0,4					
	Control del nivel de alambre de aporte.	24/5/2019	55,6	0,1	0,1	0,2					

MÁQUINA	SOLDADORA MIG										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
JUNIO	Reemplazo del diodo.	3/6/2019	55,8	0,2	0,3	0,5	58,3	0,0172	0,17	5,8824	99,71%
	Control de las conexiones eléctricas.	10/6/2019	39,5	0,2	0,2	0,4					
	Control del nivel de alambre de aporte.	24/6/2019	79,6	0,1	0,1	0,2					
JULIO	Control de accionamiento del interruptor.	8/7/2019	79,8	0,2	0,1	0,3	99,75	0,01	0,2	5	99,80%
	Control de las conexiones eléctricas.	29/7/2019	119,7	0,2	0,2	0,4					
AGOSTO	Control del nivel de alambre de aporte.	5/8/2019	39,6	0,1	0,1	0,2	50,3	0,0199	0,13	7,6923	99,74%
	Reemplazo de la resistencia.	23/8/2019	95,8	0,2	0,3	0,5					
	Reemplazo de la manilla posterior.	26/8/2019	15,5	0,1	0,2	0,3					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,7	0,7	0,8	1,5	79,1	0,0126	0,45	2,2222	99,43%
	Control de las conexiones eléctricas.	23/9/2019	102,5	0,2	0,2	0,4					
OCTUBRE	Engrase de las ruedas.	7/10/2019	79,6	0,2	0,1	0,3	79,65	0,0126	0,15	6,6667	99,81%
	Control del nivel de alambre de aporte.	21/10/2019	79,7	0,1	0,1	0,2					
NOVIEMBRE	Reemplazo de la válvula de paso.	8/11/2019	87,8	0,3	0,1	0,4	75,7	0,0132	0,25	4	99,67%
	Control de las conexiones eléctricas.	18/11/2019	63,6	0,2	0,2	0,4					
DICIEMBRE	Control del nivel de alambre de aporte.	9/12/2019	119,6	0,1	0,1	0,2	71,67	0,014	0,15	6,6667	99,79%
	Control de las conexiones eléctricas.	16/12/2019	39,8	0,2	0,2	0,4					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,6	0,7	0,8	1,5					
<b>TOTALES</b>			<b>1954</b>	<b>7,3</b>	<b>7,1</b>	<b>14,4</b>	<b>1954</b>	<b>0,001</b>	<b>7,3</b>	<b>0,137</b>	<b>99,63%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,9</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>	<b>0,48</b>	<b>60,9</b>	<b>0,016</b>	<b>0,24</b>	<b>4,167</b>	<b>99,61%</b>



**Figura 36.-** Gráfica MTBF vs D de la Soldadora Mig.

En la figura 36 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9981 (MTBF= 79,65 h) y un mínimo de 0,9917 (MTBF= 39,43 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 99,75 h (D=0,9980) y el mínimo de 39,43 h (D=0,9917). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 37.-** Gráfica MTTR vs D de la Soldadora Mig.

En la figura 37 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9981 (MTBF= 0,15 h) y un mínimo de 0,9917 (MTBF= 0,33 h), además se observa que el tiempo medio de reparación máximo es de 0,45 h (D=0,9943) y el mínimo de 0,13 h (D=0,9974). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.

**Matriz AMFE**

**Tabla 72.-** Matriz AMFE de la Soldadora Mig.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Cebora		<b>Fecha Rea:</b>	20/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Soldadora Mig		<b>Modelo:</b>	Evo 250T		<b>Fecha Rev:</b>	21/4/2021		<b>De:</b>	1	
<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modo de fallo</b>	<b>Causa raíz</b>	<b>Efecto</b>	<b>Valoraciones</b>				<b>Recomendaciones</b>
							<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>IPR</b>	
1	Carro estructura transportadora	Sujetar la máquina y trasladarla a cualquier sitio.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la estructura	5	3	2	30	Recubrir con pintura las partes expuestas
2	Manilla posterior	Sujetar la máquina de una forma correcta.	Rotura de la manilla	Rotura	Sobrepresión	Manilla inservible	7	3	1	21	Ejercer una presión moderada sobre la manilla.
3	Sujeta cable	Sujetar el cable para el traslado adecuado de la máquina.	Rotura del sujetador	Rotura	Sobrepresión	Sujetador inservible	3	3	1	9	Ejercer una presión moderada sobre el sujetador.
4	Soporte de la pinza	Sujetar la pinza para el traslado adecuado de la máquina.	Rotura del soporte	Rotura	Sobrepresión	Soporte inservible	3	3	2	18	Ejercer una presión moderada sobre el soporte.
5	Porta utensilios	Colocar los utensilios para la correcta utilización de cada uno de ellos.	Rotura del Porta utensilios	Rotura	Sobrepeso	Porta utensilios inservibles	4	3	2	24	Colocar en el porta utensilios solamente lo necesario.



Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Cebora		<b>Fecha Rea:</b>	20/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Soldadora Mig		<b>Modelo:</b>	Evo 250T		<b>Fecha Rev:</b>	21/4/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
6	Bandejas	Colocar diferentes objetos para la correcta utilización de cada uno de ellos.	Rotura de las bandejas	Rotura	Sobrepeso	Bandejas inservibles	3	2	2	12	Colocar en las bandejas solamente lo necesario.
7	Ruedas	Permitir la movilidad de la máquina.	Atascamiento de las ruedas	Atascamiento	Impurezas incrustadas en los ejes de las ruedas	Ruedas atascadas	5	5	2	50	Limpiar adecuadamente el área de trabajo.
8	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.	Oxidación de los tornillos	Desgaste	Corrosión	Inestabilidad en la estructura de la máquina	6	5	5	150	Limpeza adecuada de los tornillos para evitar la oxidación
9	Cable de alimentación	Permitir el paso de la energía hacia la máquina.	Rotura del cable	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	6	6	5	180	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
10	Tarjeta micro digital	Controlar las funciones de la máquina.	Rotura de las líneas de conexión	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	2	5	5	50	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Cebora		<b>Fecha Rea:</b>	20/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Soldadora Mig		<b>Modelo:</b>	Evo 250T		<b>Fecha Rev:</b>	21/4/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
11	Transformador	Aumentar el voltaje de la máquina.	Rotura del devanado	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	7	4	112	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
12	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.	Rotura de los cables	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	5	6	90	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
13	Bobina	Transformar la corriente normal en una de alto voltaje.	Rotura del devanado	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	3	7	84	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
14	Diodo	Actuar como un interruptor de clase unidireccional para la corriente.	Rotura del diodo	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	2	4	6	48	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
15	Interruptor de encendido	Permitir el paso de corriente hacia la máquina.	Rotura del interruptor	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	5	5	3	75	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el interruptor.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Cebora		<b>Fecha Rea:</b>	20/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Soldadora Mig		<b>Modelo:</b>	Evo 250T		<b>Fecha Rev:</b>	21/4/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
16	Carcasa	Contener a los componentes de la máquina.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la carcasa	1	3	2	6	Mantener la máquina en un lugar fresco y seco.
17	Pinza de masa	Conducir la corriente.	Desgaste de los dientes de la pinza	Desgaste	Fricción	Agarre deficiente	3	3	1	9	Abrir correctamente la pinza para colocarla o quitarla del metal.
18	Pistola	Permitir el paso de corriente y por ende funde la punta del electrodo a la lámina metálica.	Rotura de la pistola	Rotura	Sobrepresión	Parada del Proceso	4	7	3	84	Utilizar una fuerza moderada para accionar la pistola.
19	Alambre de aporte	Permitir unir dos elementos de metal, mediante la fundición de este.	Rotura del alambre	Rotura	Atascamiento del rodete	Parada del proceso	9	5	1	45	Regular la velocidad de salida del alambre.
20	Condensador	Almacenar energía con la finalidad de solventar un campo eléctrico.	No almacena energía	Rotura de los pines de conexión	Sobrecalentamiento	Desconexión de la pantalla led	7	4	4	112	Revisar las conexiones eléctricas periódicamente.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Cebora		<b>Fecha Rea:</b>	20/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Soldadora Mig		<b>Modelo:</b>	Evo 250T		<b>Fecha Rev:</b>	21/4/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
21	Soporte de la pistola	Sujetar la pistola para el traslado adecuado de la máquina.	Rotura del soporte	Rotura	Sobrepresión	Soporte inservible	4	2	1	8	Ejercer una presión moderada sobre el soporte.
22	Ventilador	Enfriar la parte interna de la máquina.	Rotura de las aspas	Rotura	Incrustación de objetos	Recalentamiento de la máquina	2	8	3	48	Mantener libre de objetos la parte donde se encuentra el ventilador.
23	Resistencia	Disipar la energía en forma de calor	Rotura de la resistencia	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	4	7	84	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
24	Válvula de Paso	Abrir o cerrar el paso de gas	Deja circular el fluido sin control	Rosca aislada	Mala manipulación	Circulación excesiva del gas	3	7	2	42	Manipular correctamente la válvula.
25	Regulador de Presión	Controlar el paso de la cantidad de gas	Deja circular el fluido sin control	Desajuste	Mala manipulación	No se puede regular el sistema	4	7	2	56	Llevar una manipulación adecuada del regulador.
PROMEDIO										57,9	

**Determinación de la Fiabilidad de la Soldadora Mig mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.**

**Modelo Matemático de Weibull de la Soldadora Mig.**

**Tabla 73.- Datos estadísticos de la Soldadora Mig.**

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	62,5	4,1352
4	1	63,6	4,1526
5	1	39,7	3,6814
6	1	39,6	3,6788
7	1	39,8	3,6839
8	1	39,3	3,6712
9	1	95,6	4,5602
10	1	39,8	3,6839
11	1	31,6	3,4532
12	1	39,6	3,6788
13	1	55,8	4,0218
14	1	102,5	4,6299
15	1	39,6	3,6788
16	1	55,6	4,0182
17	1	55,8	4,0218
18	1	39,5	3,6763
19	1	79,6	4,377
20	1	79,8	4,3795
21	1	119,7	4,785
22	1	39,6	3,6788
23	1	95,8	4,5623
24	1	15,5	2,7408
25	1	55,7	4,02
26	1	102,5	4,6299
27	1	79,6	4,377
28	1	79,7	4,3783
29	1	87,8	4,4751
30	1	63,6	4,1526
31	1	119,6	4,7842
32	1	39,8	3,6839
33	1	55,6	4,0182
	<b>33</b>		<b>132,1062</b>

**Tabla 74.-** Datos calculados de la Soldadora Mig.

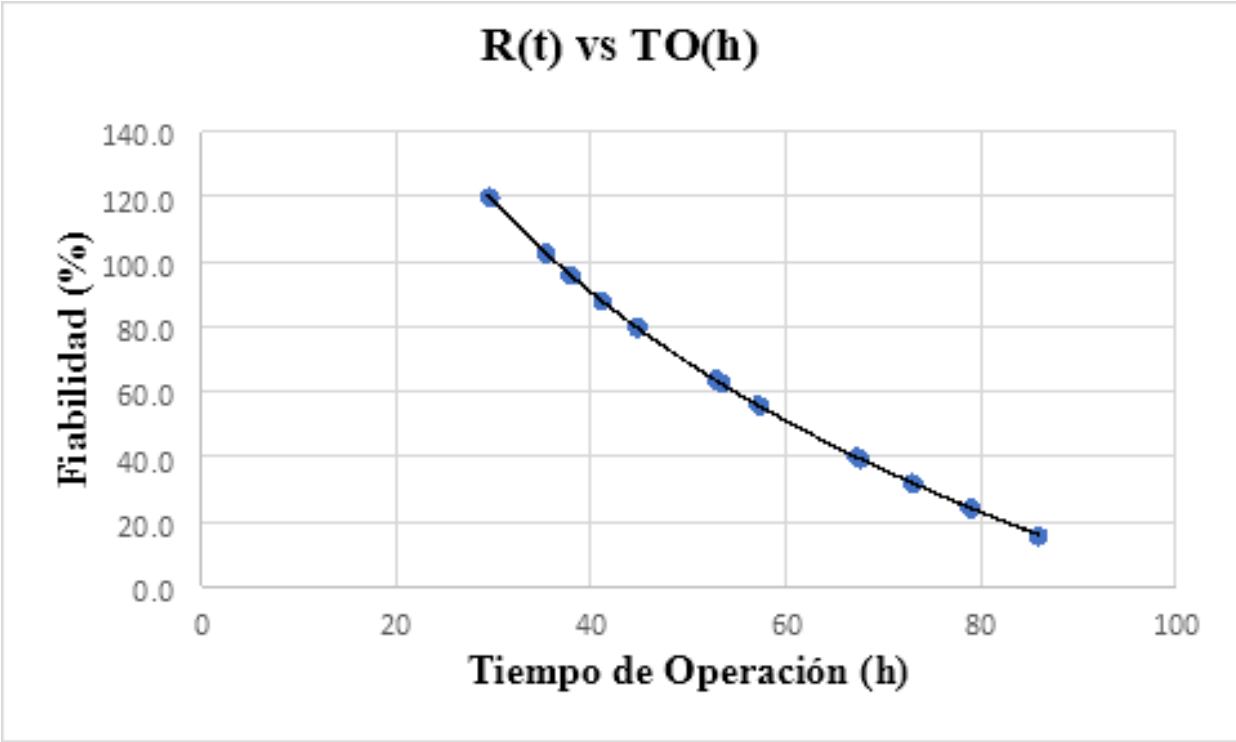
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) <sup>2</sup>
1	1	24,0	3,1781	0,6808
2	1	31,8	3,4595	0,2956
3	1	62,5	4,1352	0,0174
4	1	63,6	4,1526	0,0223
5	1	39,7	3,6814	0,1036
6	1	39,6	3,6788	0,1052
7	1	39,8	3,6839	0,102
8	1	39,3	3,6712	0,1102
9	1	95,6	4,5602	0,3102
10	1	39,8	3,6839	0,102
11	1	31,6	3,4532	0,3025
12	1	39,6	3,6788	0,1052
13	1	55,8	4,0218	0,0003
14	1	102,5	4,6299	0,3928
15	1	39,6	3,6788	0,1052
16	1	55,6	4,0182	0,0002
17	1	55,8	4,0218	0,0003
18	1	39,5	3,6763	0,1069
19	1	79,6	4,377	0,1397
20	1	79,8	4,3795	0,1416
21	1	119,7	4,785	0,6112
22	1	39,6	3,6788	0,1052
23	1	95,8	4,5623	0,3126
24	1	15,5	2,7408	1,5937
25	1	55,7	4,02	0,0003
26	1	102,5	4,6299	0,3928
27	1	79,6	4,377	0,1397
28	1	79,7	4,3783	0,1407
29	1	87,8	4,4751	0,2227
30	1	63,6	4,1526	0,0223
31	1	119,6	4,7842	0,61
32	1	39,8	3,6839	0,102
33	1	55,6	4,0182	0,0002
	<b>33</b>		<b>132,1062</b>	<b>7,3974</b>

**Tabla 75.-** Parámetros iniciales de la Soldadora Mig.

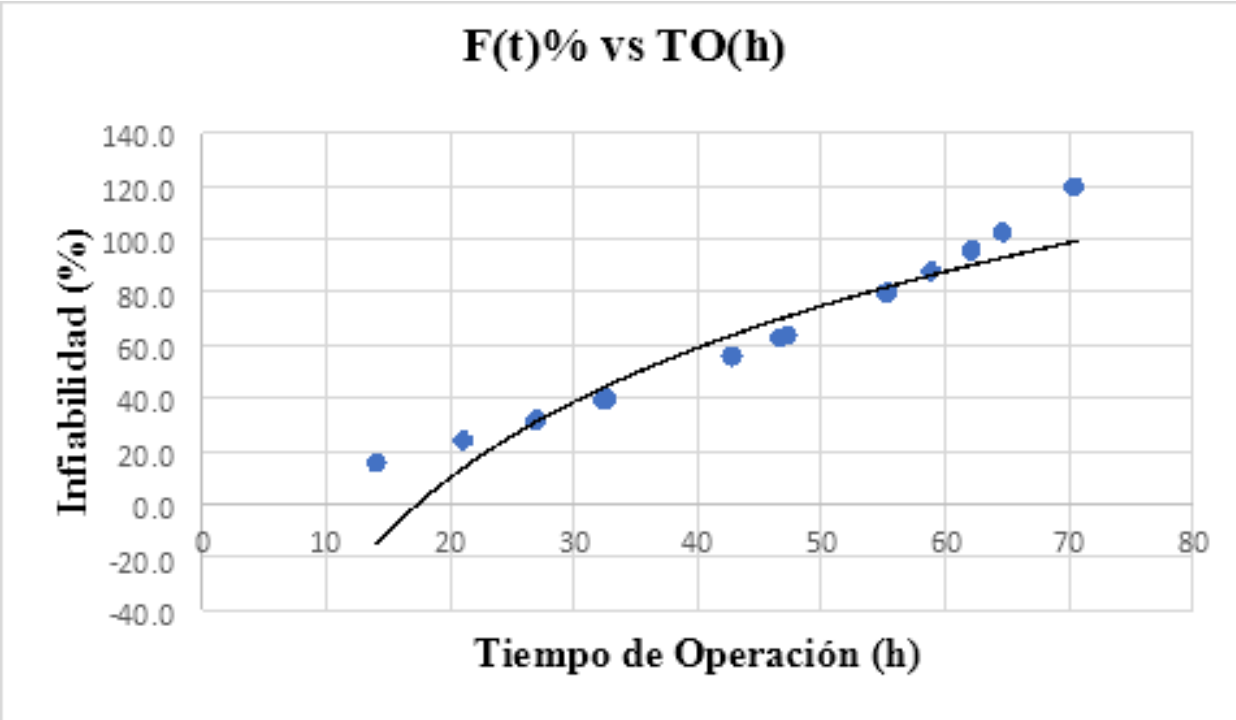
<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	4,0032
<b>VARIANZA S<sup>2</sup></b>	1,71
<b>DESVIACION S</b>	1,3077
<b>BETTA β</b>	0,9808
<b>ALPHA α</b>	98,6619

**Tabla 76.-Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Soldadora Mig.**

<b>Soldadora Mig</b>								
<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>	<b>R(t)</b>	<b>R(t) %</b>	<b>F(t)</b>	<b>F(t) %</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6808	0,7893	78,93	0,2107	21,07
2	1	31,8	3,4595	0,2956	0,7296	72,96	0,2704	27,04
3	1	62,5	4,1352	0,0174	0,5337	53,37	0,4663	46,63
4	1	63,6	4,1526	0,0223	0,5278	52,78	0,4722	47,22
5	1	39,7	3,6814	0,1036	0,6735	67,35	0,3265	32,65
6	1	39,6	3,6788	0,1052	0,6742	67,42	0,3258	32,58
7	1	39,8	3,6839	0,102	0,6728	67,28	0,3272	32,72
8	1	39,3	3,6712	0,1102	0,6762	67,62	0,3238	32,38
9	1	95,6	4,5602	0,3102	0,3797	37,97	0,6203	62,03
10	1	39,8	3,6839	0,102	0,6728	67,28	0,3272	32,72
11	1	31,6	3,4532	0,3025	0,7311	73,11	0,2689	26,89
12	1	39,6	3,6788	0,1052	0,6742	67,42	0,3258	32,58
13	1	55,8	4,0218	0,0003	0,5716	57,16	0,4284	42,84
14	1	102,5	4,6299	0,3928	0,3536	35,36	0,6464	64,64
15	1	39,6	3,6788	0,1052	0,6742	67,42	0,3258	32,58
16	1	55,6	4,0182	0,0002	0,5728	57,28	0,4272	42,72
17	1	55,8	4,0218	0,0003	0,5716	57,16	0,4284	42,84
18	1	39,5	3,6763	0,1069	0,6749	67,49	0,3251	32,51
19	1	79,6	4,377	0,1397	0,4478	44,78	0,5522	55,22
20	1	79,8	4,3795	0,1416	0,4469	44,69	0,5531	55,31
21	1	119,7	4,785	0,6112	0,2959	29,59	0,7041	70,41
22	1	39,6	3,6788	0,1052	0,6742	67,42	0,3258	32,58
23	1	95,8	4,5623	0,3126	0,3789	37,89	0,6211	62,11
24	1	15,5	2,7408	1,5937	0,8594	85,94	0,1406	14,06
25	1	55,7	4,02	0,0003	0,5722	57,22	0,4278	42,78
26	1	102,5	4,6299	0,3928	0,3536	35,36	0,6464	64,64
27	1	79,6	4,377	0,1397	0,4478	44,78	0,5522	55,22
28	1	79,7	4,3783	0,1407	0,4473	44,73	0,5527	55,27
29	1	87,8	4,4751	0,2227	0,4115	41,15	0,5885	58,85
30	1	63,6	4,1526	0,0223	0,5278	52,78	0,4722	47,22
31	1	119,6	4,7842	0,61	0,2962	29,62	0,7038	70,38
32	1	39,8	3,6839	0,102	0,6728	67,28	0,3272	32,72
33	1	55,6	4,0182	0,0002	0,5728	57,28	0,4272	42,72
	<b>33</b>		<b>132,1062</b>	<b>7,3974</b>				



**Figura 38.-** Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Soldadora Mig.



**Figura 39.-** Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación de la Soldadora Mig.



## Modelo Gráfico de Weibull de la Soldadora Mig.

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

**Tabla 77.-** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
1	15,5	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	31,6	0,0808	8,08
4	31,8	0,1108	11,08
5	39,3	0,1407	14,07
6	39,5	0,1707	17,07
7	39,6	0,2006	20,06
8	39,6	0,2305	23,05
9	39,6	0,2605	26,05
10	39,6	0,2904	29,04
11	39,7	0,3204	32,04
12	39,8	0,3503	35,03
13	39,8	0,3802	38,02
14	39,8	0,4102	41,02
15	55,6	0,4401	44,01
16	55,6	0,4701	47,01
17	55,7	0,5	50
18	55,8	0,5299	52,99
19	55,8	0,5599	55,99
20	62,5	0,5898	58,98
21	63,6	0,6198	61,98
22	63,6	0,6497	64,97
23	79,6	0,6796	67,96
24	79,6	0,7096	70,96
25	79,7	0,7395	73,95
26	79,8	0,7695	76,95
27	87,8	0,7994	79,94
28	95,6	0,8293	82,93
29	95,8	0,8593	85,93
30	102,5	0,8892	88,92
31	102,5	0,9192	91,92
32	119,6	0,9491	94,91
33	119,7	0,979	97,9

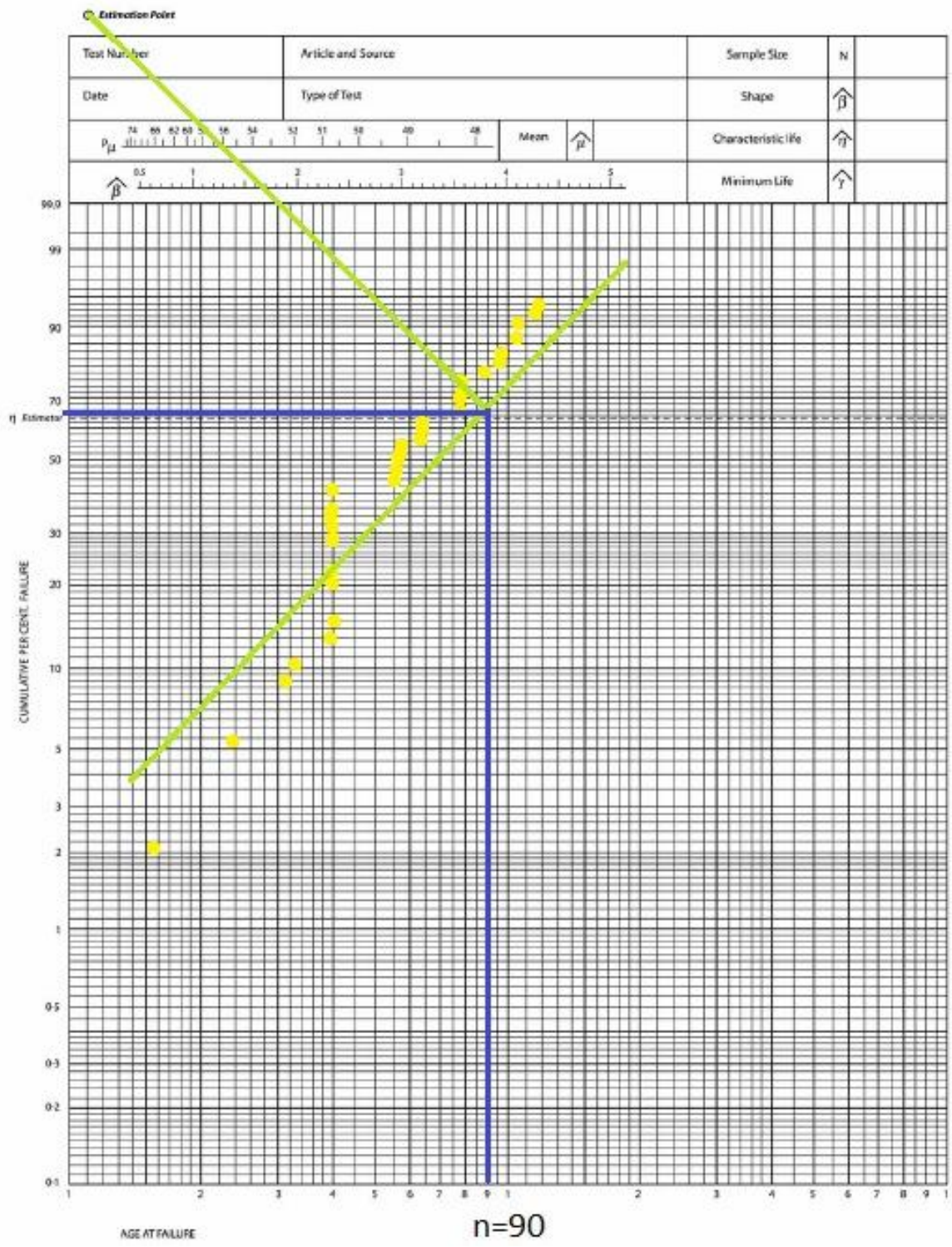


Figura 40.- Papel de Weibull de la Soldadora Mig.

Tabla 78.- Parámetros de Fallas de la Soldadora Mig.

$P_{\mu}$	56,5
$\beta$	1,65
n	90

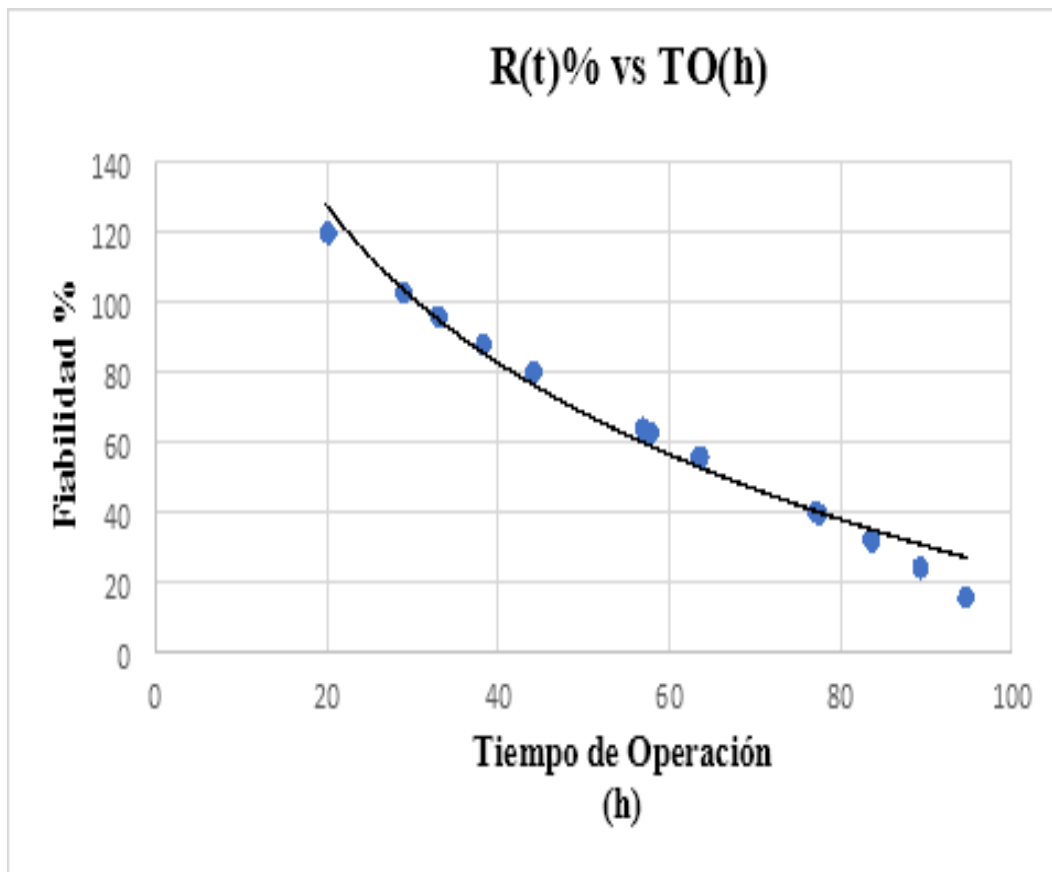
Se reemplaza los datos obtenidos del papel de Weibull en la fórmula de confiabilidad se obtiene lo siguiente:

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

**Tabla 79.-** Fiabilidad de Weibull de la Soldadora Mig, por el método gráfico

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>	<b>R (t)</b>	<b>R (t) (%)</b>
1	15,5	0,021	2,1	0,9466	94,66
2	24	0,0509	5,09	0,8932	89,32
3	31,6	0,0808	8,08	0,8371	83,71
4	31,8	0,1108	11,08	0,8355	83,55
5	39,3	0,1407	14,07	0,775	77,5
6	39,5	0,1707	17,07	0,7734	77,34
7	39,6	0,2006	20,06	0,7726	77,26
8	39,6	0,2305	23,05	0,7726	77,26
9	39,6	0,2605	26,05	0,7726	77,26
10	39,6	0,2904	29,04	0,7726	77,26
11	39,7	0,3204	32,04	0,7717	77,17
12	39,8	0,3503	35,03	0,7709	77,09
13	39,8	0,3802	38,02	0,7709	77,09
14	39,8	0,4102	41,02	0,7709	77,09
15	55,6	0,4401	44,01	0,6365	63,65
16	55,6	0,4701	47,01	0,6365	63,65
17	55,7	0,5	50	0,6357	63,57
18	55,8	0,5299	52,99	0,6348	63,48
19	55,8	0,5599	55,99	0,6348	63,48
20	62,5	0,5898	58,98	0,5782	57,82
21	63,6	0,6198	61,98	0,569	56,9
22	63,6	0,6497	64,97	0,569	56,9

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
23	79,6	0,6796	67,96	0,4419	44,19
24	79,6	0,7096	70,96	0,4419	44,19
25	79,7	0,7395	73,95	0,4412	44,12
26	79,8	0,7695	76,95	0,4404	44,04
27	87,8	0,7994	79,94	0,3829	38,29
28	95,6	0,8293	82,93	0,3313	33,13
29	95,8	0,8593	85,93	0,33	33
30	102,5	0,8892	88,92	0,2896	28,96
31	102,5	0,9192	91,92	0,2896	28,96
32	119,6	0,9491	94,91	0,2022	20,22
33	119,7	0,979	97,9	0,2017	20,17



**Figura 41.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación de la Soldadora Mig.

# Gamas de Mantenimiento

**Tabla 80.-** Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Enero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																														
			Vie	Sáb	Do	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom		
			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
<b>SOLDADORA MIG</b>	PREVENTIVO	Control del nivel de alambre de aporte.																															
		Control de las conexiones eléctricas.																															
		Control de accionamiento de la pistola.																															
		Control de funcionamiento del ventilador.																															
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																															
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																															
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza de la pistola.																															
		Limpieza de las ruedas.																															
		Engrase de las ruedas.																															
		Limpieza de las bandejas.																															
		Limpieza de la carcasa.																															
		PREDICTIVO	Inspección Visual.																														
	Análisis de Vibraciones.																																
	Análisis de Presión.																																
	Análisis de Temperatura.																																
Análisis Termográfico.																																	
Análisis de Impulsos de choque.																																	

**Tabla 81.-** Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Febrero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																												
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lun	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom		
			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	
<b>SOLDADORA MIG</b>	PREVENTIVO	Control del nivel de alambre de aporte.																													
		Control de las conexiones eléctricas.																													
		Control de accionamiento de la pistola.																													
		Control de funcionamiento del ventilador.																													
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																													
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																													
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																													
		Limpieza general de la máquina																													
		Limpieza de la pistola.																													
		Limpieza de las ruedas.																													
		Engrase de las ruedas.																													
		Limpieza de las bandejas.																													
		Limpieza de la carcasa.																													
		PREDICTIVO	Inspección Visual.																												
	Análisis de Vibraciones.																														
	Análisis de Presión.																														
	Análisis de Temperatura.																														
Análisis Termográfico.																															
Análisis de Impulsos de choque.																															





**Tabla 86.- Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Julio**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	JULIO																																				
			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						
<b>SOLDADORA MIG</b>	PREVENTIVO	Control del nivel de alambre de aporte.																																					
		Control de las conexiones eléctricas.																																					
		Control de accionamiento de la pistola.																																					
		Control de funcionamiento del ventilador.																																					
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																					
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																					
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																					
		Limpieza general de la máquina																																					
		Limpieza de la pistola.																																					
		Limpieza de las ruedas.																																					
		Engrase de las ruedas.																																					
		Limpieza de las bandejas.																																					
		Limpieza de la carcasa.																																					
		PRELECTIVO	Inspección Visual.																																				
Análisis de Vibraciones.																																							
Análisis de Presión.																																							
Análisis de Temperatura.																																							
Análisis Termográfico.																																							
Análisis de Impulsos de choque.																																							

**Tabla 87.- Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Agosto**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	AGOSTO																																					
			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							
<b>SOLDADORA MIG</b>	PREVENTIVO	Control del nivel de alambre de aporte.																																						
		Control de las conexiones eléctricas.																																						
		Control de accionamiento de la pistola.																																						
		Control de funcionamiento del ventilador.																																						
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																						
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																						
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																						
		Limpieza general de la máquina																																						
		Limpieza de la pistola.																																						
		Limpieza de las ruedas.																																						
		Engrase de las ruedas.																																						
		Limpieza de las bandejas.																																						
		Limpieza de la carcasa.																																						
		PRELECTIVO	Inspección Visual.																																					
Análisis de Vibraciones.																																								
Análisis de Presión.																																								
Análisis de Temperatura.																																								
Análisis Termográfico.																																								
Análisis de Impulsos de choque.																																								



**Tabla 88.-** Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Septiembre

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																														
			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	
<b>SOLDADORA MIG</b>	PREVENTIVO	Control del nivel de alambre de aporte.																															
		Control de las conexiones eléctricas.																															
		Control de accionamiento de la pistola.																															
		Control de funcionamiento del ventilador.																															
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																															
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																															
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza de la pistola.																															
		Limpieza de las ruedas.																															
		Engrase de las ruedas.																															
		Limpieza de las bandejas.																															
		Limpieza de la carcasa.																															
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Análisis de Vibraciones.																															
		Análisis de Presión.																															
		Análisis de Temperatura.																															
Análisis Termográfico.																																	
Análisis de Impulsos de choque.																																	

**Tabla 89.-** Gama de mantenimiento de la Soldadora Mig correspondiente al mes de Octubre

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	OCTUBRE																															
			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	
<b>SOLDADORA MIG</b>	PREVENTIVO	Control del nivel de alambre de aporte.																																
		Control de las conexiones eléctricas.																																
		Control de accionamiento de la pistola.																																
		Control de funcionamiento del ventilador.																																
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza de la pistola.																																
		Limpieza de las ruedas.																																
		Engrase de las ruedas.																																
		Limpieza de las bandejas.																																
		Limpieza de la carcasa.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Presión.																																
		Análisis de Temperatura.																																
Análisis Termográfico.																																		
Análisis de Impulsos de choque.																																		



### 3.1.9. Cortadora Plasma

Tabla 92.- Ficha técnica de la Cortadora Plasma

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA	X	EQUIPO	HERRAMIENTA
			
		<b>CÓDIGO:</b>	CPL01
		CORTADORA PLASMA	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>MARCA:</b>	Prowar Elite	<b>ALIMENTACION TRIFASICA:</b>	(208 – 460) V
<b>MODELO:</b>	Air Plasma Lg 60	<b>FRECUENCIA:</b>	50 - 60 Hz
<b>AÑO:</b>	2013	<b>POTENCIA:</b>	5,8 kVA
<b>PROCEDENCIA:</b>	Americana	<b>PESO TOTAL:</b>	79 kg
<b>TIPO:</b>	Móvil	<b>DIMENSIONES:</b>	457 x 381 x 724 (mm)
COMPONENTES			
Pistola		Resortes	
Accesorios consumibles		Instalación eléctrica	
Botoneras		Pantalla led	
Carcasa		Regulador de Presión	
Tanque de Argón			
<b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para soldar o unir materiales de excelentes calidades, por ejemplo, los requeridos en el desarrollo de la industria aeroespacial y en la industria petrolera.			
<b>OBSERVACIONES:</b> La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se la puede observar en el anexo VI.			

## Características de la Máquina

- Tensión de Red: (208 – 460) V
- Frecuencia: 50 – 60 Hz
- Potencia: 5,8 kVA
- Peso total: 79 kg
- Dimensiones: 457 x 381 x 724 (mm)
- Capacidad de corte máximo: 25 mm
- Tipo de Gas: Inerte (Helio, Argón), aire comprimido
- Presión de gas recomendada: 6,1 bar

## Condiciones de Servicio

- Temperatura de trabajo: (0 – 40) °C
- Tipo de instalación eléctrica: Trifásica
- Tiempo de Funcionamiento: 6 horas consecutivas
- Número de operadores requeridos: 1

## Componentes

**Tabla 93.-** Componentes de la Cortadora Plasma.

N°	Componente	Función
1	Manilla posterior	Sujetar la máquina de una forma correcta.
2	Indicador de Presión	Mostrar la presión del gas que se está utilizando.
3	Regulador de Presión	Controlar el paso de la cantidad de gas.
4	Perilla de ajuste del amperaje	Aumentar o disminuir el amperaje.
5	Antorcha	Permitir el paso de corriente en conjunto con el gas y por ende corta la lámina metálica.
6	Boquilla	Regular el ancho de corte.
7	Electrodo	Conducir la energía eléctrica.
8	Difusor	Reducir la velocidad y aumentar la presión del gas.
9	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.
10	Cable de alimentación	Permitir el paso de la energía hacia la máquina.

N°	Componente	Función
11	Tarjeta micro digital	Controlar las funciones de la máquina.
12	Transformador	Aumentar el voltaje de la máquina.
13	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.
14	Bobina	Transformar la corriente normal en una de alto voltaje.
15	Diodo	Interruptor de clase unidireccional para la corriente.
16	Interruptor de encendido	Interrumpir o activar el paso de corriente hacia la máquina.
17	Carcasa	Contener a los componentes de la máquina.
18	Pinza de masa	Conducir la corriente.
19	Condensador	Almacenar energía con la finalidad de solventar un campo eléctrico.
20	Ventilador	Enfriar la parte interna de la máquina.
21	Resistencia	Disipar la energía en forma de calor
22	Válvula de Paso	Abrir o cerrar el paso de gas

### Componentes Sustituibles

**Tabla 94.-** Componentes Sustituibles de la Cortadora Plasma.

Repuestos	Cantidad	Características
Boquilla	1	Rosca fina
Pernos de sujeción	20	Pernos de 1/2 pulgada
Cable de alimentación	2	Calibre 6
Cables de conexión	2	Calibre 10
Interruptor de encendido	1	Material plástico o cerámico
Electrodo	1	Acero al carbono, inoxidable, aluminio
Ventilador	1	Ventilador de 7 aspas
Condensador	1	33000 $\mu$ F (230 – 400) V
Resistencia	10	(200 – 1000) $\Omega$

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Válvula de Paso	1	Válvula de ½ pulgada
Regulador de Presión	1	Regulador de 200 bar
Difusor	1	Diámetro (0.1 – 1) mm

### **Instrucciones de Funcionamiento**

- Verificar la instalación eléctrica se encuentre en buen estado
- Verificar que las conexiones para el gas se encuentren correctamente instaladas.
- Colocar todos los parámetros del tipo de lámina metálica a cortar.
- Insertar el valor del amperaje a utilizar.
- Encender el interruptor de la máquina.
- Colocar la pinza de masa en el chasis del vehículo o sobre la lámina metálica que se desea cortar.
- Abrir la válvula de paso del gas requerido para este proceso de soldadura.
- Regular la presión del gas, según lo requerido para el proceso.
- Sujetar firmemente la pistola.
- Accionar el pulsador que se encuentra en la pistola.
- Mantener la boquilla de la pistola en posición vertical, es decir formando un ángulo de 90° con la lámina metálica.
- Deslizar lentamente la pistola hasta llegar al otro extremo de la lámina metálica.
- Para el caso de láminas metálicas muy finas, se debe reducir los amperios con la finalidad de obtener mayor calidad en el corte.
- Para cortes de diferentes geometrías usar elementos de guía, los mismos que deben ser metálicos y de un espesor considerable.

### **Normas de Seguridad**

- La máquina debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- Verificar que la máquina tenga una buena estabilidad al momento de colocarla en la zona de trabajo.
- En caso de que se produzca un incendio en la máquina, se debe utilizar extintores de polvo.

- Por ningún motivo se debe acceder a las partes internas de la máquina cuando ésta se encuentre encendida.
- No utilizar esta máquina en los lugares donde exista materiales inflamables.
- Por ningún motivo se debe sujetar con la mano el elemento a cortar.
- Mantener una distancia de por lo menos 3 mm entre la lámina metálica y la boquilla de la pistola para evitar dañar la misma.
- No se debe apretar la pistola hacia abajo mientras se está cortando para evitar dañar la pistola.
- Utilizar los elementos de protección personal, estos son: guantes de cuero, máscara con gafas de protección, mandil u overol, zapatos de cuero.

### Instrucciones de mantenimiento

**Tabla 95.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Cortadora Plasma [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control del estado de las mangueras de la antorcha.	X					
Control de las conexiones eléctricas.			X			
Control de la válvula de paso.		X				
Control de accionamiento de la antorcha.		X				
Control de funcionamiento del ventilador.	X					
Control de funcionamiento del regulador de presión.	X					

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control de accionamiento del interruptor de encendido.					X	
Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.					X	

**Tabla 96.-** Frecuencias de Operaciones de la Cortadora Plasma [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina				X		
Limpieza de la antorcha.		X				
Limpieza del difusor.					X	
Limpieza de la tarjeta microdigital.	X					
Limpieza de la carcasa.		X				

**Tabla 97.-** Frecuencias de Operaciones de la Cortadora Plasma [16].

<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Engrase de la junta de la antorcha.				X		



**Estadístico de Mantenimiento Anual**

**Tabla 98.-** Estadístico de la Cortadora Plasma.

MÁQUINA	CORTADORA PLASMA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
<b>ENERO</b>	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					39,43	0,0254	0,37	2,7027	99,07%
	Control de accionamiento del interruptor.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,8	0,7	0,8	1,5					
	Control de las conexiones eléctricas.	21/1/2019	62,5	0,3	0,2	0,5					
<b>FEBRERO</b>	limpieza de la carcasa.	4/2/2019	63,5	0,2	0,2	0,4	45,6	0,0219	0,23	4,3478	99,50%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	11/2/2019	39,6	0,2	0,2	0,4					
	Control del estado del electrodo.	18/2/2019	39,6	0,2	0,1	0,3					
	Engrase de la junta de la antorcha.	25/2/2019	39,7	0,3	0,1	0,4					
<b>MARZO</b>	Control de las conexiones eléctricas.	4/3/2019	39,6	0,3	0,2	0,5	58,27	0,0172	0,4	2,5	99,32%
	Control del estado del electrodo.	20/3/2019	95,5	0,2	0,1	0,3					
	Limpieza de la tarjeta micro digital.	25/3/2019	39,7	0,7	0,6	1,3					
<b>ABRIL</b>	Control de accionamiento de la antorcha.	1/4/2019	30,7	0,1	0,1	0,2	42,07	0,0238	0,33	3,0303	99,22%
	Control del estado del electrodo.	8/4/2019	39,8	0,2	0,1	0,3					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	55,7	0,7	0,8	1,5					
<b>MAYO</b>	Control de las conexiones eléctricas.	6/5/2019	102,5	0,3	0,2	0,5	65,87	0,0152	0,2	5	99,70%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	13/5/2019	39,5	0,2	0,2	0,4					
	Control del estado del electrodo.	24/5/2019	55,6	0,1	0,1	0,2					
<b>JUNIO</b>	Limpieza del difusor.	3/6/2019	55,8	0,4	0,3	0,7	58,3	0,0172	0,23	4,3478	99,61%

MÁQUINA	CORTADORA PLASMA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
	Control de la válvula de paso.	10/6/2019	39,3	0,1	0,1	0,2					
	Control del estado del electrodo.	24/6/2019	79,8	0,2	0,1	0,3					
<b>JULIO</b>	Control de accionamiento del interruptor.	8/7/2019	79,7	0,1	0,1	0,2	99,75	0,01	0,2	5	99,80%
	Control de las conexiones eléctricas.	29/7/2019	119,8	0,3	0,2	0,5					
<b>AGOSTO</b>	Control del estado del electrodo.	5/8/2019	39,5	0,2	0,1	0,3	50,17	0,0199	0,3	3,3333	99,41%
	Limpieza del difusor.	23/8/2019	95,7	0,4	0,3	0,7					
	Reemplazo de la manilla posterior.	26/8/2019	15,3	0,3	0,2	0,5					
<b>SEPTIEMBRE</b>	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,5	0,7	0,3	1	79,25	0,0126	0,4	2,5	99,50%
	Control del funcionamiento del ventilador.	23/9/2019	103	0,1	0,1	0,2					
<b>OCTUBRE</b>	Engrase de la junta de la antorcha.	7/10/2019	79,8	0,3	0,1	0,4	79,7	0,0125	0,25	4	99,69%
	Control del estado del electrodo.	21/10/2019	79,6	0,2	0,1	0,3					
<b>NOVIEMBRE</b>	Limpieza del difusor.	8/11/2019	87,7	0,3	0,1	0,4	75,65	0,0132	0,3	3,3333	99,61%
	Control del estado de las mangueras de la antorcha.	18/11/2019	63,6	0,3	0,2	0,5					
<b>DICIEMBRE</b>	Control del estado del electrodo.	9/12/2019	119,5	0,2	0,1	0,3	71,57	0,014	0,25	4	99,65%
	Control de las conexiones eléctricas.	16/12/2019	39,7	0,3	0,2	0,5					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,5	0,7	0,2	0,9					
<b>TOTALES</b>			<b>1952,6</b>	<b>9,2</b>	<b>6,7</b>	<b>15,9</b>	<b>1952,6</b>	<b>0,001</b>	<b>9,2</b>	<b>0,109</b>	<b>99,53%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,85</b>	<b>0,3</b>	<b>0,21</b>	<b>0,51</b>	<b>60,85</b>	<b>0,016</b>	<b>0,3</b>	<b>3,333</b>	<b>99,51%</b>



**Matriz AMFE**

**Tabla 99.-** Matriz AMFE de la Cortadora Plasma.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Prowar Elite		<b>Fecha Rea:</b>	27/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cortadora Plasma		<b>Modelo:</b>	Air Plasma Lg 60		<b>Fecha Rev:</b>	28/4/2021		<b>De:</b>	1	
<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modo de fallo</b>	<b>Causa Raíz</b>	<b>Efecto</b>	<b>Valoraciones</b>				<b>Recomendaciones</b>
							<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>IPR</b>	
1	Manilla posterior	Sujetar la máquina de una forma correcta.	Rotura de la manilla	Rotura	Sobrepresión	Manilla inservible	4	2	1	8	Ejercer una presión moderada sobre la manilla.
2	Indicador de Presión	Mostrar la presión del gas que se está utilizando.	Atascamiento del indicador	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el indicador	Lectura de presión incorrecta	4	8	5	160	Limpiar adecuadamente el indicador de presión.
3	Regulador de Presión	Controlar el paso de la cantidad de gas.	Deja circular el fluido sin control	Desajuste	Mala manipulación	No se puede regular el sistema	3	9	4	108	Llevar una manipulación adecuada del regulador.
4	Perilla de ajuste del amperaje	Aumentar o disminuir el amperaje.	Rotura de la perilla	Rotura	Sobrepresión	Perilla inservible	7	8	2	112	Ejercer una presión moderada sobre la perilla.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Prowar Elite		<b>Fecha Rea:</b>	27/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cortadora Plasma		<b>Modelo:</b>	Air Plasma Lg 60		<b>Fecha Rev:</b>	28/4/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
5	Antorcha	Permitir el paso de corriente en conjunto con el gas y por ende corta la lámina metálica.	Rotura de la antorcha	Rotura	Sobrepresión	Antorcha inservible	8	8	2	128	Ejercer una presión moderada sobre la antorcha.
6	Boquilla	Regular el ancho de corte.	Deformación del orificio de la boquilla	Desgaste	Fricción	Corte impreciso	5	2	2	20	Evitar el contacto de la boquilla con el metal a cortar.
7	Electrodo	Conducir la energía eléctrica.	Desgaste de la punta	Desgaste	Fusión de la punta con el metal	Puntos de contacto muy grandes	9	5	3	135	Disminuir el amperaje de la máquina.
8	Difusor	Reducir la velocidad y aumentar la presión del gas.	Deformación del difusor	Desgaste	Fricción	Corte impreciso	7	5	3	105	Evitar el contacto del difusor con el metal a cortar.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Prowar Elite		<b>Fecha Rea:</b>	27/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cortadora Plasma		<b>Modelo:</b>	Air Plasma Lg 60		<b>Fecha Rev:</b>	28/4/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
9	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.	Oxidación de los tornillos	Desgaste	Corrosión	Inestabilidad en la estructura de la máquina	4	4	5	80	Limpieza adecuada de los tornillos para evitar la oxidación
10	Cable de alimentación	Permitir el paso de la energía hacia la máquina.	Rotura del cable	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	6	6	5	180	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
11	Tarjeta micro digital	Controlar las funciones de la máquina.	Rotura de las líneas de conexión	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	2	5	5	50	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
12	Transformador	Aumentar el voltaje de la máquina.	Rotura del devanado	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	7	4	112	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
13	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.	Rotura de los cables	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	5	6	90	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Prowar Elite		<b>Fecha Rea:</b>	27/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cortadora Plasma		<b>Modelo:</b>	Air Plasma Lg 60		<b>Fecha Rev:</b>	28/4/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
14	Bobina	Transformar la corriente normal en una de alto voltaje.	Rotura del devanado	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	4	7	112	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
15	Diodo	Interruptor de clase unidireccional para la corriente.	Rotura del diodo	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	4	6	72	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
16	Interruptor de encendido	Interrumpir o activar el paso de corriente hacia la máquina.	Rotura del interruptor	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	5	6	3	90	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el interruptor.
17	Carcasa	Contener a los componentes de la máquina.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la carcasa	1	4	2	8	Mantener la máquina en un lugar fresco y seco.
18	Pinza de masa	Conducir corriente.	Desgaste de los dientes de la pinza	Desgaste	Fricción	Agarre deficiente	4	3	1	12	Abrir correctamente la pinza para colocarla o quitarla del metal.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Prowar Elite		<b>Fecha Rea:</b>	27/4/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cortadora Plasma		<b>Modelo:</b>	Air Plasma Lg 60		<b>Fecha Rev:</b>	28/4/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
19	Condensador	Almacenar energía con la finalidad de solventar un campo eléctrico.	No almacena energía	Rotura de los pines de conexión	Sobrecalentamiento	Desconexión de la pantalla led	6	5	3	90	Revisar las conexiones eléctricas periódicamente.
20	Ventilador	Enfriar la parte interna de la máquina.	Rotura de las aspas	Rotura	Incrustación de objetos	Recalentamiento de la máquina	3	8	3	72	Mantener libre de objetos la parte donde se encuentra el ventilador.
21	Resistencia	Disipar la energía en forma de calor	Rotura de la resistencia	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	4	7	112	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
22	Válvula de Paso	Abrir o cerrar el paso de gas	Deja circular el fluido sin control	Rosca aislada	Mala manipulación	Circulación excesiva del gas	4	8	2	64	Manipular correctamente la válvula.
PROMEDIO										87,3	



**Determinación de la Fiabilidad de la Cortadora Plasma mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.**

**Modelo Matemático de Weibull de la Cortadora Plasma.**

**Tabla 100.-** Datos estadísticos de la Cortadora Plasma.

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	62,5	4,1352
4	1	63,5	4,151
5	1	39,6	3,6788
6	1	39,6	3,6788
7	1	39,7	3,6814
8	1	39,6	3,6788
9	1	95,5	4,5591
10	1	39,7	3,6814
11	1	30,7	3,4243
12	1	39,8	3,6839
13	1	55,7	4,02
14	1	102,5	4,6299
15	1	39,5	3,6763
16	1	55,6	4,0182
17	1	55,8	4,0218
18	1	39,3	3,6712
19	1	79,8	4,3795
20	1	79,7	4,3783
21	1	119,8	4,7858
22	1	39,5	3,6763
23	1	95,7	4,5612
24	1	15,3	2,7279
25	1	55,5	4,0164
26	1	103,0	4,6347
27	1	79,8	4,3795
28	1	79,6	4,377
29	1	87,7	4,4739
30	1	63,6	4,1526
31	1	119,5	4,7833
32	1	39,7	3,6814
33	1	55,5	4,0164
	<b>33</b>		<b>132,0519</b>

**Tabla 101.-** Datos calculados de la Cortadora Plasma.

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2
1	1	24,0	3,1781	0,6782
2	1	31,8	3,4595	0,2939
3	1	62,5	4,1352	0,0178
4	1	63,5	4,151	0,0223
5	1	39,6	3,6788	0,1042
6	1	39,6	3,6788	0,1042
7	1	39,7	3,6814	0,1025
8	1	39,6	3,6788	0,1042
9	1	95,5	4,5591	0,3108
10	1	39,7	3,6814	0,1025
11	1	30,7	3,4243	0,3333
12	1	39,8	3,6839	0,1009
13	1	55,7	4,02	0,0003
14	1	102,5	4,6299	0,3948
15	1	39,5	3,6763	0,1058
16	1	55,6	4,0182	0,0003
17	1	55,8	4,0218	0,0004
18	1	39,3	3,6712	0,1092
19	1	79,8	4,3795	0,1428
20	1	79,7	4,3783	0,1419
21	1	119,8	4,7858	0,615
22	1	39,5	3,6763	0,1058
23	1	95,7	4,5612	0,3132
24	1	15,3	2,7279	1,6223
25	1	55,5	4,0164	0,0002
26	1	103,0	4,6347	0,4008
27	1	79,8	4,3795	0,1428
28	1	79,6	4,377	0,1409
29	1	87,7	4,4739	0,2231
30	1	63,6	4,1526	0,0228
31	1	119,5	4,7833	0,6111
32	1	39,7	3,6814	0,1025
33	1	55,5	4,0164	0,0002
	<b>33</b>		<b>132,0519</b>	<b>7,471</b>

**Tabla 102.-** Parámetros iniciales de la Cortadora Plasma.

<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	4,0016
<b>VARIANZA S^2</b>	1,7442
<b>DESVIACION S</b>	1,3207
<b>BETTA β</b>	0,9711
<b>ALPHA α</b>	99,0849

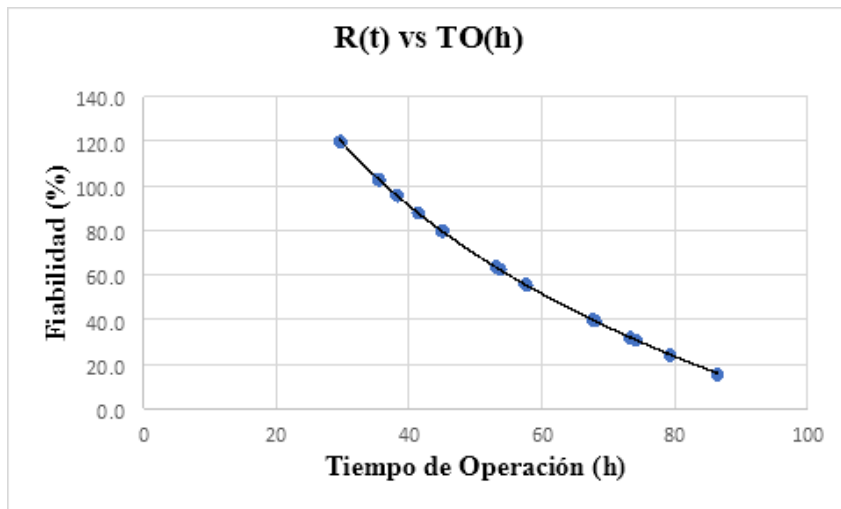
Se procede a calcular la fiabilidad y la in fiabilidad de Weibull con la utilización de las ecuaciones siguientes.

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_0 - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

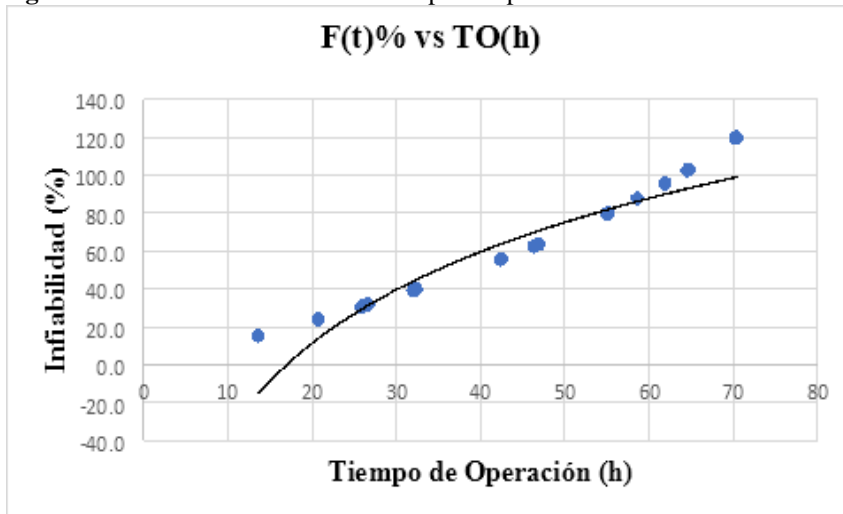
**Tabla 103.-** Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Cortadora Plasma.

<b>Cortadora Plasma</b>								
<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>	<b>R(t)</b>	<b>R(t) %</b>	<b>F(t)</b>	<b>F(t) %</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6782	0,7928	79,28	0,2072	20,72
2	1	31,8	3,4595	0,2939	0,7333	73,33	0,2667	26,67
3	1	62,5	4,1352	0,0178	0,5368	53,68	0,4632	46,32
4	1	63,5	4,151	0,0223	0,5313	53,13	0,4687	46,87
5	1	39,6	3,6788	0,1042	0,6778	67,78	0,3222	32,22
6	1	39,6	3,6788	0,1042	0,6778	67,78	0,3222	32,22
7	1	39,7	3,6814	0,1025	0,6771	67,71	0,3229	32,29
8	1	39,6	3,6788	0,1042	0,6778	67,78	0,3222	32,22
9	1	95,5	4,5591	0,3108	0,3818	38,18	0,6182	61,82
10	1	39,7	3,6814	0,1025	0,6771	67,71	0,3229	32,29
11	1	30,7	3,4243	0,3333	0,7414	74,14	0,2586	25,86
12	1	39,8	3,6839	0,1009	0,6764	67,64	0,3236	32,36
13	1	55,7	4,02	0,0003	0,5755	57,55	0,4245	42,45
14	1	102,5	4,6299	0,3948	0,355	35,5	0,645	64,5
15	1	39,5	3,6763	0,1058	0,6785	67,85	0,3215	32,15
16	1	55,6	4,0182	0,0003	0,576	57,6	0,424	42,4
17	1	55,8	4,0218	0,0004	0,5749	57,49	0,4251	42,51
18	1	39,3	3,6712	0,1092	0,6799	67,99	0,3201	32,01
19	1	79,8	4,3795	0,1428	0,4492	44,92	0,5508	55,08
20	1	79,7	4,3783	0,1419	0,4497	44,97	0,5503	55,03
21	1	119,8	4,7858	0,615	0,2964	29,64	0,7036	70,36
22	1	39,5	3,6763	0,1058	0,6785	67,85	0,3215	32,15
23	1	95,7	4,5612	0,3132	0,381	38,1	0,619	61,9
24	1	15,3	2,7279	1,6223	0,8641	86,41	0,1359	13,59
25	1	55,5	4,0164	0,0002	0,5766	57,66	0,4234	42,34
26	1	103,0	4,6347	0,4008	0,3532	35,32	0,6468	64,68
27	1	79,8	4,3795	0,1428	0,4492	44,92	0,5508	55,08
28	1	79,6	4,377	0,1409	0,4502	45,02	0,5498	54,98
29	1	87,7	4,4739	0,2231	0,414	41,4	0,586	58,6
30	1	63,6	4,1526	0,0228	0,5308	53,08	0,4692	46,92
31	1	119,5	4,7833	0,6111	0,2974	29,74	0,7026	70,26
32	1	39,7	3,6814	0,1025	0,6771	67,71	0,3229	32,29
33	1	55,5	4,0164	0,0002	0,5766	57,66	0,4234	42,34
<b>33</b>			<b>132,0519</b>	<b>7,471</b>				



**Figura 44.-** Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Cortadora Plasma.

**Figura 45.-** Gráfica in fiabilidad vs tiempo de operación de la Cortadora Plasma.



**Modelo Gráfico de Weibull de la Cortadora Plasma.**

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

**Tabla 104.-** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)
1	15,3	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	30,7	0,0808	8,08

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
4	31,8	0,1108	11,08
5	39,3	0,1407	14,07
6	39,5	0,1707	17,07
7	39,5	0,2006	20,06
8	39,6	0,2305	23,05
9	39,6	0,2605	26,05
10	39,6	0,2904	29,04
11	39,7	0,3204	32,04
12	39,7	0,3503	35,03
13	39,7	0,3802	38,02
14	39,8	0,4102	41,02
15	55,5	0,4401	44,01
16	55,5	0,4701	47,01
17	55,6	0,5	50
18	55,7	0,5299	52,99
19	55,8	0,5599	55,99
20	62,5	0,5898	58,98
21	63,5	0,6198	61,98
22	63,6	0,6497	64,97
23	79,6	0,6796	67,96
24	79,7	0,7096	70,96
25	79,8	0,7395	73,95
26	79,8	0,7695	76,95
27	87,7	0,7994	79,94
28	95,5	0,8293	82,93
29	95,7	0,8593	85,93
30	102,5	0,8892	88,92

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)
31	103	0,9192	91,92
32	119,5	0,9491	94,91
33	119,8	0,979	97,9

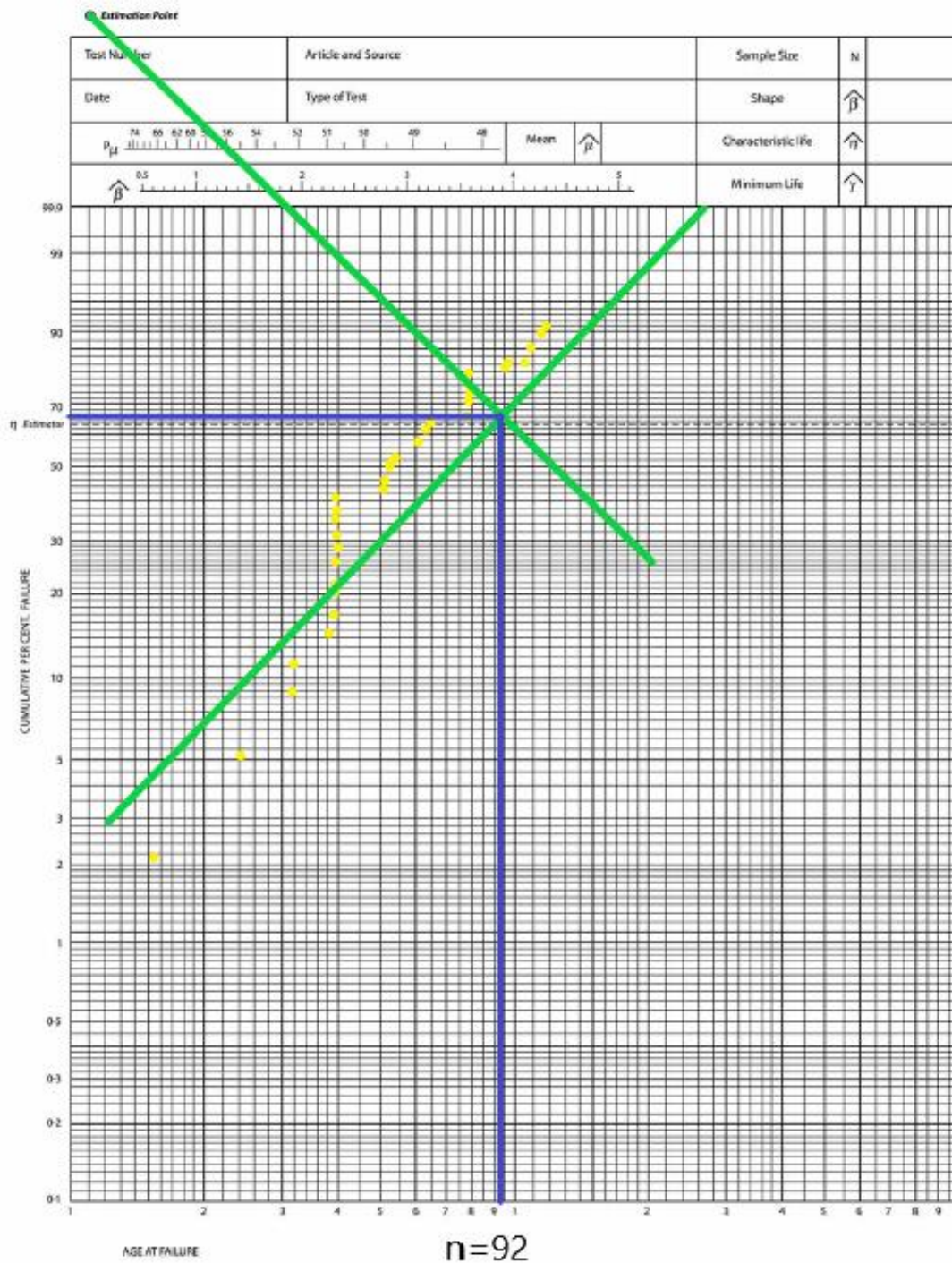


Figura 46.- Papel de Weibull de la Cortadora Plasma.

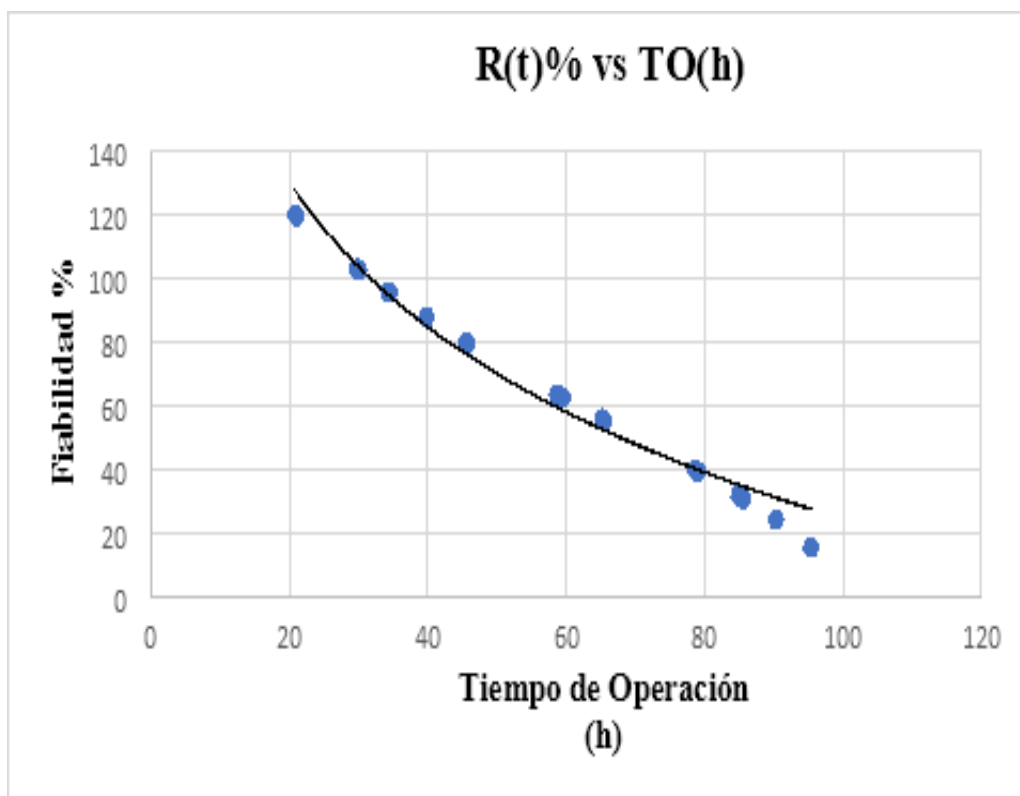
**Tabla 105.-** Parámetros de fallas de la Cortadora Plasma.

$P\mu$	56
$\beta$	1,7
n	92

**Tabla 106.-** Fiabilidad de Weibull de la Cortadora Plasma, por el método gráfico

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>	<b>R (t)</b>	<b>R (t) (%)</b>
1	15,3	0,021	2,1	0,9537	95,37
2	24	0,0509	5,09	0,9032	90,32
3	30,7	0,0808	8,08	0,8566	85,66
4	31,8	0,1108	11,08	0,8485	84,85
5	39,3	0,1407	14,07	0,7902	79,02
6	39,5	0,1707	17,07	0,7885	78,85
7	39,5	0,2006	20,06	0,7885	78,85
8	39,6	0,2305	23,05	0,7877	78,77
9	39,6	0,2605	26,05	0,7877	78,77
10	39,6	0,2904	29,04	0,7877	78,77
11	39,7	0,3204	32,04	0,7869	78,69
12	39,7	0,3503	35,03	0,7869	78,69
13	39,7	0,3802	38,02	0,7869	78,69
14	39,8	0,4102	41,02	0,7861	78,61
15	55,5	0,4401	44,01	0,6547	65,47
16	55,5	0,4701	47,01	0,6547	65,47
17	55,6	0,5	50	0,6539	65,39
18	55,7	0,5299	52,99	0,653	65,3
19	55,8	0,5599	55,99	0,6522	65,22
20	62,5	0,5898	58,98	0,5955	59,55
21	63,5	0,6198	61,98	0,5872	58,72
22	63,6	0,6497	64,97	0,5863	58,63

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
23	79,6	0,6796	67,96	0,4576	45,76
24	79,7	0,7096	70,96	0,4568	45,68
25	79,8	0,7395	73,95	0,456	45,6
26	79,8	0,7695	76,95	0,456	45,6
27	87,7	0,7994	79,94	0,3978	39,78
28	95,5	0,8293	82,93	0,3445	34,45
29	95,7	0,8593	85,93	0,3432	34,32
30	102,5	0,8892	88,92	0,3007	30,07
31	103	0,9192	91,92	0,2977	29,77
32	119,5	0,9491	94,91	0,2102	21,02
33	119,8	0,979	97,9	0,2088	20,88



**Figura 47.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación de la Soldadora Mig.



## Gamas de Mantenimiento

**Tabla 107.-** Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Enero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																																					
			Vie	Sáb	Do	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do								
			rne	ado	ngo	rtes	rcos	ves	nes	ado	ngo	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ngo	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ngo	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ngo	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ngo	
<b>CORTADORA PLASMA</b>	PREVENTIVO	Control del estado de las mangueras de la antorcha.																																						
		Control de las conexiones eléctricas.																																						
		Control de la válvula de paso.																																						
		Control de accionamiento de la antorcha.																																						
		Control de funcionamiento del ventilador.																																						
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																						
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																						
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																						
		Limpieza general de la máquina																																						
		Limpieza de la antorcha.																																						
		Limpieza del difusor.																																						
		Limpieza de la tarjeta microdigital.																																						
	Limpieza de la carcasa.																																							
	Engrase de la junta de la antorcha.																																							
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																						
		Análisis de Vibraciones.																																						
		Análisis de Presión.																																						
		Análisis de Temperatura.																																						
Análisis Termográfico.																																								
Análisis de Impulsos de choque.																																								

**Tabla 108.-** Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Febrero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																																				
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do									
			nes	rtes	rcos	ves	nes	ado	ngo	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ngo	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ngo	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ngo	nes	tes	rcos	ves	nes	ado	ngo		
<b>CORTADORA PLASMA</b>	PREVENTIVO	Control del estado de las mangueras de la antorcha.																																					
		Control de las conexiones eléctricas.																																					
		Control de la válvula de paso.																																					
		Control de accionamiento de la antorcha.																																					
		Control de funcionamiento del ventilador.																																					
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																					
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																					
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																					
		Limpieza general de la máquina																																					
		Limpieza de la antorcha.																																					
		Limpieza del difusor.																																					
		Limpieza de la tarjeta microdigital.																																					
	Limpieza de la carcasa.																																						
	Engrase de la junta de la antorcha.																																						
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																					
		Análisis de Vibraciones.																																					
		Análisis de Presión.																																					
		Análisis de Temperatura.																																					
Análisis Termográfico.																																							
Análisis de Impulsos de choque.																																							

**Tabla 109.- Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Marzo**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	MARZO																																	
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	
			nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne
<b>CORTADORA PLASMA</b>	PREVENTIVO	Control del estado de las mangueras de la antorcha.																																		
		Control de las conexiones eléctricas.																																		
		Control de la válvula de paso.																																		
		Control de accionamiento de la antorcha.																																		
		Control de funcionamiento del ventilador.																																		
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																		
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																		
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																		
		Limpieza general de la máquina																																		
		Limpieza de la antorcha.																																		
		Limpieza del difusor.																																		
		Limpieza de la tarjeta microdigital.																																		
		Limpieza de la carcasa.																																		
		Engrase de la junta de la antorcha.																																		
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																		
		Análisis de Vibraciones.																																		
		Análisis de Presión.																																		
		Análisis de Temperatura.																																		
		Análisis Termográfico.																																		
		Análisis de Impulsos de choque.																																		

**Tabla 110.- Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Abril**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ABRIL																															
			Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie					
			ves	nes	ado	ngo	nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne	ne	ño	nes	rt	rc	ne
<b>CORTADORA PLASMA</b>	PREVENTIVO	Control del estado de las mangueras de la antorcha.																																
		Control de las conexiones eléctricas.																																
		Control de la válvula de paso.																																
		Control de accionamiento de la antorcha.																																
		Control de funcionamiento del ventilador.																																
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza de la antorcha.																																
		Limpieza del difusor.																																
		Limpieza de la tarjeta microdigital.																																
		Limpieza de la carcasa.																																
		Engrase de la junta de la antorcha.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Presión.																																
		Análisis de Temperatura.																																
		Análisis Termográfico.																																
		Análisis de Impulsos de choque.																																



**Tabla 113.- Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Julio**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	JULIO																																
			Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb		
			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		
<b>CORTADORA PLASMA</b>	PREVENTIVO	Control del estado de las mangueras de la antorcha.																																	
		Control de las conexiones eléctricas.																																	
		Control de la válvula de paso.																																	
		Control de accionamiento de la antorcha.																																	
		Control de funcionamiento del ventilador.																																	
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																	
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																	
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																	
		Limpeza general de la máquina																																	
		Limpeza de la antorcha.																																	
		Limpeza del difusor.																																	
		Limpeza de la tarjeta microdigital.																																	
		Limpeza de la carcasa.																																	
		Engrase de la junta de la antorcha.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																	
		Análisis de Vibraciones.																																	
		Análisis de Presión.																																	
		Análisis de Temperatura.																																	
		Análisis Termográfico.																																	
		Análisis de Impulsos de choque.																																	

**Tabla 114.- Gama de mantenimiento de la Cortadora Plasma correspondiente al mes de Agosto**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	AGOSTO																															
			Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb				
			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	
<b>CORTADORA PLASMA</b>	PREVENTIVO	Control del estado de las mangueras de la antorcha.																																
		Control de las conexiones eléctricas.																																
		Control de la válvula de paso.																																
		Control de accionamiento de la antorcha.																																
		Control de funcionamiento del ventilador.																																
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																																
		Control de accionamiento del interruptor de encendido.																																
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																
		Limpeza general de la máquina																																
		Limpeza de la antorcha.																																
		Limpeza del difusor.																																
		Limpeza de la tarjeta microdigital.																																
		Limpeza de la carcasa.																																
		Engrase de la junta de la antorcha.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Presión.																																
		Análisis de Temperatura.																																
		Análisis Termográfico.																																
		Análisis de Impulsos de choque.																																





### 3.1.10. Cabina de Pintura

Tabla 119.- Ficha técnica de la Cabina de Pintura

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA	X	EQUIPO	HERRAMIENTA
			
		CÓDIGO:	CP01
CABINA DE PINTURA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
MARCA:	Termomeccanica	TEMPERATURA EN FASE DE SECADO:	(50 – 60) °C
MODELO:	Prep	CAUDAL DE AIRE:	20000 m <sup>3</sup> /h
AÑO:	2013	VELOCIDAD DEL AIRE:	0,20 m/s
PROCEDENCIA:	Americana	PESO TOTAL:	9000 kg
TIPO:	Fija	DIMENSIONES:	8320 x 4080 x 3410 (mm)
COMPONENTES			
Estructura	Lámparas		
Rejillas	Instalación eléctrica		
Ventanas	Pantalla led		
Filtros de Aire	Sensor de Temperatura		
Bisagras	Caja de Mando		
<b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para pintar y secar la pintura aplicada a un vehículo en el menor tiempo posible y sin presencia de impurezas en el trabajo realizado.			
<b>OBSERVACIONES:</b> La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se la puede observar en el anexo VII.			

#### Características de la Máquina

- Temperatura en fase de secado: (50 – 60) °C
- Caudal de aire: 20000 m<sup>3</sup>/h
- Altura de las puertas: 2400 mm

- Ancho de las puertas: 3000 mm
- Potencia del motor del ventilador: 9,2 KW
- Potencia de la iluminación: 1152 W
- Velocidad del aire: 0,20 m/s
- Dimensiones: 8320 x 4080 x 3410 (mm)

### Condiciones de Servicio

- Temperatura ambiental: (0 - 40) °C
- Tipo de instalación: Fija
- Tiempo de Funcionamiento: 8 horas consecutivas
- Número de operadores requeridos: 2

### Componentes

**Tabla 120.-** Componentes de la Cabina de Pintura.

Nº	Componente	Función
1	Interruptor de Luces	Interrumpir o activar el paso de la corriente eléctrica.
2	Luminarias	Sujetar a los tubos fluorescentes.
3	Tubos fluorescentes	Transformar la energía eléctrica en lumínica.
4	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.
5	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.
6	Interruptor de bloqueo de puertas	Interrumpir o activar la apertura de las puertas.
7	Termorregulador	Regular la temperatura del interior de la cabina de pintura.
8	Temporizador	Medir y regular el tiempo de funcionamiento de la cabina de pintura.
9	Indicador fase de pintura	Encender una luz cuando la cabina se encuentre en la fase de pintura.
10	Indicador fase de secado	Encender una luz cuando la cabina se encuentre en la fase de secado.
11	Indicador quemador en función	Encender una luz cuando el quemador se encuentre encendido.



N°	Componente	Función
12	Pantalla led	Desplegar datos o información.
13	Botón de encendido	Activar la cabina de pintura.
14	Parada de emergencia	Interrumpir el flujo de corriente de manera inmediata.
15	Interruptor del quemador	Interrumpir o activar el quemador.
16	Ménsulas portaobjetos	Sujetar herramientas en la fase de pintura.
17	Indicador de Presión	Mostrar la presión a la cual se encuentra la cabina de pintura.
18	Regulador de Presión	Regular la presión en el interior de la cabina de pintura.
19	Juntas Anti-vibraciones	Aislar las vibraciones que son ocasionadas por el quemador y por el ventilador.
20	Puertas	Permitir el ingreso o salida de vehículo, accesorios o personas.
21	Ventanas	Permitir la visibilidad desde el exterior hacia el interior de la cabina de pintura
22	Electroválvula de seguridad	Interrumpir el flujo de aire para evitar que se continúe pintando en condiciones de peligro.
23	Filtros	Eliminar impurezas o partículas del ambiente.

### Componentes Sustituibles

**Tabla 121.-** Componentes Sustituibles de la Cabina de Pintura.

Repuestos	Cantidad	Características
Luminarias	6	Tamaño (120 x 60) cm
Tubos fluorescentes	12	1 pulgada de diámetro
Tornillos de sujeción	100	Tornillos de 1 pulgada
Cables de conexión	20	Calibre 10
Interruptor de encendido	1	Material plástico o cerámico
Indicador fase de pintura	1	Digital
Indicador quemador en función	1	Digital

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Pantalla led	1	(1200 x 1800) mm
Botón de encendido	1	Material Plástico o cerámico
Interruptor del quemador	1	Material Plástico o cerámico
Regulador de Presión	1	Regulador de 200 bar
Ventanas	2	Vidrio (1500 x 800) mm
Temporizador	1	Digital
Termorregulador	1	Digital
Juntas Anti-vibración	2	Caucho
Indicador de Presión	1	Digital
Filtros	4	Plano o plisado de poliéster G3 (6000 x 1000) mm

### **Instrucciones de Funcionamiento**

- Verificar la instalación eléctrica se encuentre en buen estado.
- Verificar que los pernos se encuentren correctamente ajustados.
- Limpiar profundamente las paredes internas de la cabina de pintura.
- Limpiar profundamente los vidrios de las puertas de la cabina de pintura.
- Preparar las pinturas fuera de la cabina de pintura.
- Abrir las puertas de la máquina.
- Ingresar los elementos o vehículo a pintar.
- Ingresar las herramientas necesarias para pintar.
- Encender la máquina.
- Ajustar la temperatura a la requerida para pintar.
- Cerrar las puertas.
- Pintar los elementos que se encuentren en el interior de la cabina
- Pulverizar la pintura solamente sobre la superficie a pintar.
- Sacar todas las herramientas y productos inflamables del interior de la cabina de pintura.
- Ajustar la temperatura a la requerida para el secado de la pintura.
- Ajustar el temporizador por aproximadamente 2 horas.
- Apagar la cabina de pintura.

- Sacar el vehículo o los elementos que se encuentren en el interior de la cabina de pintura.

### Normas de Seguridad

- La máquina debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- En caso de que se produzca un incendio en la máquina, se debe utilizar extintores de polvo.
- No encender esta máquina con materiales inflamables dentro de la misma.
- Retirar el combustible del depósito del vehículo, así como también la batería del mismo, antes de ingresarlo a la cabina de pintura.
- Prohibido pintar cuando la temperatura ambiente sea mayor a 30°C.
- Prohibido ingresar a la cabina durante la fase de secado.
- Prohibido ingerir alimentos o bebidas en el interior de la cabina.
- Prohibido subirse sobre el techo de la cabina de pintura.

### Instrucciones de mantenimiento

**Tabla 122.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Cabina de Pintura [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Reemplazo de los Filtros.					X	
Control de los cables de conexión.			X			
Control del interruptor de bloqueo de las puertas.		X				
Reemplazo de los tubos Fluorescentes.					X	
Control de funcionamiento del ventilador.	X					
Control de funcionamiento del termorregulador.	X					

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control de accionamiento del botón de encendido.					X	
Control de la electroválvula de seguridad.		X				
Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.					X	

**Tabla 123.-** Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina				X		
Limpieza de los Filtros.		X				
Limpieza del ventilador.		X				
Limpieza de las ventanas.		X				
Limpieza de las puertas.		X				
Limpieza de las ménsulas portaobjetos.		X				

**Tabla 124.-** Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura [16].

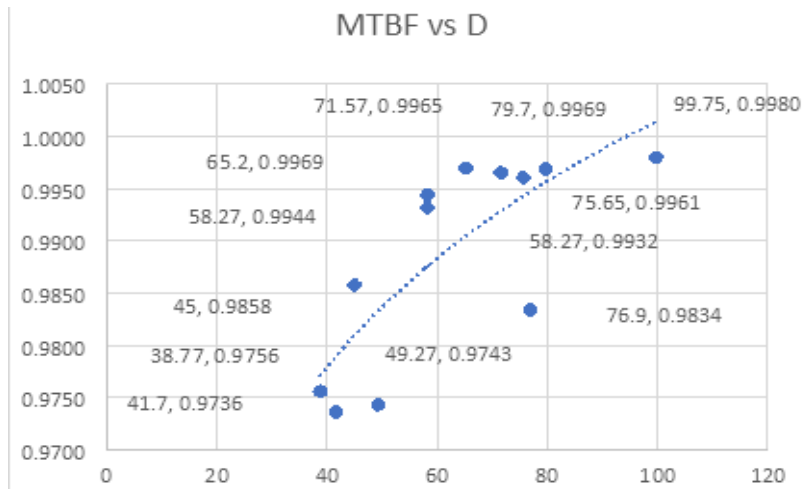
<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Engrase de las puertas.				X		

## Estadístico de Mantenimiento Anual

**Tabla 125.-** Estadístico de la Cabina de Pintura.

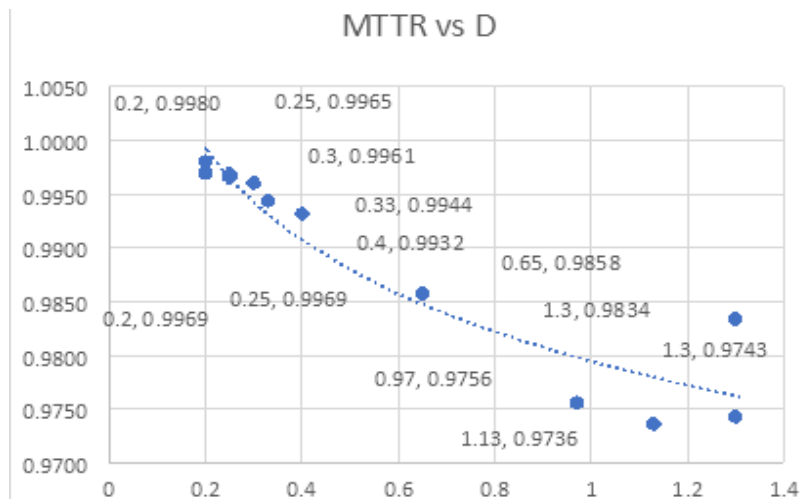
MÁQUINA	CABINA DE PINTURA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
<b>ENERO</b>	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					38,77	0,0258	0,97	1,0309	97,56%
	Control de accionamiento del interruptor.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,8	2,5	1	3,5					
	Control de los cables de conexión.	21/1/2019	60,5	0,3	0,2	0,5					
<b>FEBRERO</b>	limpieza de los filtros.	4/2/2019	63,5	1,9	0,9	2,8	45	0,0222	0,65	1,5385	98,58%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	11/2/2019	37,2	0,2	0,2	0,4					
	Control de la electroválvula de seguridad.	18/2/2019	39,6	0,2	0,1	0,3					
	Engrase de las puertas.	25/2/2019	39,7	0,3	0,1	0,4					
<b>MARZO</b>	Control de los cables de conexión.	4/3/2019	39,6	0,3	0,2	0,5	58,27	0,0172	0,4	2,5	99,32%
	Control de funcionamiento del termorregulador.	20/3/2019	95,5	0,2	0,1	0,3					
	Limpieza del ventilador.	25/3/2019	39,7	0,7	0,6	1,3					
<b>ABRIL</b>	Control de funcionamiento del ventilador.	1/4/2019	30,7	0,1	0,1	0,2	41,7	0,024	1,13	0,885	97,36%
	Reemplazo de los tubos fluorescentes.	8/4/2019	39,8	0,8	0,6	1,4					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	54,6	2,5	1	3,5					
<b>MAYO</b>	Control de los cables de conexión.	6/5/2019	100,5	0,3	0,2	0,5	65,2	0,0153	0,2	5	99,69%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	13/5/2019	39,5	0,2	0,2	0,4					
	Control del interruptor de bloqueo de las puertas.	24/5/2019	55,6	0,1	0,1	0,2					
<b>JUNIO</b>	Limpieza de las puertas.	3/6/2019	55,8	0,5	0,1	0,6	58,27	0,0172	0,33	3,0303	99,44%

MÁQUINA	CABINA DE PINTURA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
	Limpieza de las ventanas.	10/6/2019	39,4	0,3	0,1	0,4					
	Engrase de las puertas.	24/6/2019	79,6	0,2	0,1	0,3					
JULIO	Control de accionamiento del botón de encendido.	8/7/2019	79,7	0,1	0,1	0,2	99,75	0,01	0,2	5	99,80%
	Control de los cables de conexión.	29/7/2019	119,8	0,3	0,2	0,5					
AGOSTO	limpieza de los filtros.	5/8/2019	39,5	1,8	1,2	3	49,27	0,0203	1,3	0,7692	97,43%
	Limpieza del ventilador.	23/8/2019	93	0,4	0,3	0,7					
	Reemplazo de los filtros.	26/8/2019	15,3	1,7	1	2,7					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	53,3	2,5	1	3,5	76,9	0,013	1,3	0,7692	98,34%
	Control del funcionamiento del ventilador.	23/9/2019	100,5	0,1	0,1	0,2					
OCTUBRE	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	7/10/2019	79,8	0,3	0,1	0,4	79,7	0,0125	0,25	4	99,69%
	Control del interruptor de bloqueo de las puertas.	21/10/2019	79,6	0,2	0,1	0,3					
NOVIEMBRE	Limpieza de las ventanas.	8/11/2019	87,7	0,3	0,1	0,4	75,65	0,0132	0,3	3,3333	99,61%
	Control de funcionamiento del termorregulador.	18/11/2019	63,6	0,3	0,2	0,5					
DICIEMBRE	Engrase de las puertas.	9/12/2019	119,5	0,2	0,1	0,3	71,57	0,014	0,25	4	99,65%
	Control de los cables de conexión.	16/12/2019	39,7	0,3	0,2	0,5					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,5	2,5	1	3,5					
<b>TOTALES</b>			<b>1937,6</b>	<b>20,2</b>	<b>10,7</b>	<b>30,9</b>	<b>1937,6</b>	<b>0,001</b>	<b>20,2</b>	<b>0,05</b>	<b>98,97%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,4</b>	<b>0,69</b>	<b>0,35</b>	<b>1,04</b>	<b>60,4</b>	<b>0,017</b>	<b>0,69</b>	<b>1,449</b>	<b>98,87%</b>



**Figura 48.-** Gráfica MTBF vs D de la Cabina de Pintura.

En la figura 48 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9980 (MTBF= 99,75 h) y un mínimo de 0,9736 (MTBF= 41,7 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 99,75 h (D=0,9980) y el mínimo de 38,77 h (D=0,9756). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 49.-** Gráfica MTTR vs D de la Cabina de Pintura.

En la figura 49 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9980 (MTBF= 0,2 h) y un mínimo de 0,9736 (MTBF= 1,13 h), además se observa que el tiempo medio de reparación máximo es de 1,3 h (D=0,9834) y el mínimo de 0,2 h (D=0,9969). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.

Tabla 126.- Matriz AMFE de la Cabina de Pintura.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	2/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cabina de Pintura		<b>Modelo:</b>	Prep		<b>Fecha Rev:</b>	3/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Interruptor de Luces	Interrumpir o activar el paso de la corriente eléctrica.	Rotura del interruptor	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	3	7	2	42	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el interruptor.
2	Luminarias	Sujetar a los tubos fluorescentes.	Rotura de los sujetadores	Rotura	Incorrecta manipulación	Luminarias sin funcionamiento	4	5	3	60	Utilizar una fuerza moderada para cambiar los tubos fluorescentes de las luminarias.
3	Tubos fluorescentes	Transformar la energía eléctrica en lumínica.	El tubo no enciende	Cortocircuito	Mala manipulación	Parada del Proceso	5	6	3	90	Verificar periódicamente el estado de los cables.
4	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.	Oxidación de los tornillos	Desgaste	Corrosión	Inestabilidad en la estructura de la cabina	4	4	5	80	Limpieza adecuada de los tornillos para evitar la oxidación



<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	2/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cabina de Pintura		<b>Modelo:</b>	Prep		<b>Fecha Rev:</b>	3/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
5	Cables de conexión	Permitir el paso de la energía entre los componentes de la máquina.	Rotura de los cables	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	5	6	90	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
6	Interruptor de bloqueo de puertas	Interrumpir o activar la apertura de las puertas.	Rotura del interruptor	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	3	7	2	42	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el interruptor.
7	Termorregulador	Regular la temperatura del interior de la cabina de pintura.	Sube la temperatura sin control	Desajuste	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	4	8	4	128	Utilizar moderadamente la máquina para no desajustarla.
8	Temporizador	Medir y regular el tiempo de funcionamiento de la cabina de pintura.	No mide el tiempo de funcionamiento	Desajuste	Incorrecta manipulación	Desconocimiento del tiempo de funcionamiento	4	6	4	96	Evitar el contacto del difusor con el metal a cortar.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	2/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cabina de Pintura		<b>Modelo:</b>	Prep		<b>Fecha Rev:</b>	3/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
9	Indicador fase de pintura	Encender una luz cuando la cabina se encuentre en la fase de pintura.	No enciende el indicador	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Desconocimiento de la fase en la que se encuentra	3	4	3	36	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
10	Indicador fase de secado	Encender una luz cuando la cabina se encuentre en la fase de secado.	No enciende el indicador	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Desconocimiento de la fase en la que se encuentra	3	6	3	54	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
11	Indicador quemador en función	Encender una luz cuando el quemador se encuentre encendido.	No enciende el indicador	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Desconocimiento de la fase en la que se encuentra	3	7	3	63	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	2/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cabina de Pintura		<b>Modelo:</b>	Prep		<b>Fecha Rev:</b>	3/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
12	Pantalla led	Desplegar datos o información.	No enciende la pantalla	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Desconocimiento de la información generada por la máquina	3	7	3	63	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
13	Botón encendido	de Activar la cabina de pintura.	Rotura del botón	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	5	6	3	90	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el botón.
14	Parada emergencia	de Interrumpir el flujo de corriente de manera inmediata.	Atascamiento del botón	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el interior del botón	Parada del proceso	4	6	2	48	Limpiar adecuadamente el botón de paro de emergencia.
15	Interruptor quemador	del Interrumpir o activar el quemador.	Rotura del interruptor	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	5	6	3	90	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el interruptor.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	2/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cabina de Pintura		<b>Modelo:</b>	Prep		<b>Fecha Rev:</b>	3/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
16	Ménsulas portaobjetos	Sujetar herramientas en la fase de pintura.	Rotura de las ménsulas	Rotura	Sobrepeso	Ménsulas inservibles	3	3	2	18	Colocar en las ménsulas solamente lo necesario.
17	Indicador de Presión	Mostrar la presión a la cual se encuentra la cabina de pintura.	Atascamiento del indicador	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el indicador	Lectura de presión incorrecta	4	8	5	160	Limpiar adecuadamente el indicador de presión.
18	Regulador de Presión	Regular la presión en el interior de la cabina de pintura.	Deja circular el fluido sin control	Desajuste	Mala manipulación	No se puede regular el sistema	3	9	4	108	Llevar una manipulación adecuada del regulador.
19	Juntas Anti-vibraciones	Aislar las vibraciones que son ocasionadas por el quemador y por el ventilador.	Rotura de la junta	Rotura	Desalineamiento	vibración excesiva en la máquina	5	5	4	100	Alinear correctamente la máquina.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	2/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Cabina de Pintura		<b>Modelo:</b>	Prep		<b>Fecha Rev:</b>	3/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
20	Puertas	Permitir el ingreso o salida de vehículo, accesorios o personas.	Rotura de las puertas	Rotura	Exceso de fuerza	Penetración de impurezas al interior de la cabina	3	8	3	72	Abrir y cerrar moderadamente las puertas.
21	Ventanas	Permitir la visibilidad desde el exterior hacia el interior de la cabina de pintura.	Rotura de las ventanas	Rotura	Exceso de fuerza	Penetración de impurezas al interior de la cabina	3	8	3	72	Abrir y cerrar moderadamente las ventanas.
22	Electroválvula de seguridad	Interrumpir el flujo de aire para evitar que se continúe pintando en condiciones de peligro.	La electroválvula no se enciende	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Asfixia al operador	4	10	4	160	Manipular correctamente la electroválvula.
23	Filtros	Eliminar impurezas o partículas del ambiente.	No permite el paso del aire	Taponamiento	Impurezas incrustadas	Asfixia al operador	5	10	4	200	Limpiar periódicamente los filtros
PROMEDIO										85,3	

**Determinación de la Fiabilidad de la Cabina de Pintura, mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.**

**Modelo Matemático de Weibull de la Cabina de Pintura.**

**Tabla 127.-** Datos estadísticos de la Cabina de Pintura.

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	60,5	4,1026
4	1	63,5	4,151
5	1	37,2	3,6163
6	1	39,6	3,6788
7	1	39,7	3,6814
8	1	39,6	3,6788
9	1	95,5	4,5591
10	1	39,7	3,6814
11	1	30,7	3,4243
12	1	39,8	3,6839
13	1	54,6	4
14	1	100,5	4,6102
15	1	39,5	3,6763
16	1	55,6	4,0182
17	1	55,8	4,0218
18	1	39,4	3,6738
19	1	79,6	4,377
20	1	79,7	4,3783
21	1	119,8	4,7858
22	1	39,5	3,6763
23	1	93,0	4,5326
24	1	15,3	2,7279
25	1	53,3	3,9759
26	1	100,5	4,6102

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)
27	1	79,8	4,3795
28	1	79,6	4,377
29	1	87,7	4,4739
30	1	63,6	4,1526
31	1	119,5	4,7833
32	1	39,7	3,6814
33	1	55,5	4,0164
	<b>33</b>		<b>131,8236</b>

**Tabla 128.-** Datos calculados de la Cabina de Pintura.

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	$(\ln(t)-X)^2$
1	1	24,0	3,1781	0,6668
2	1	31,8	3,4595	0,2864
3	1	60,5	4,1026	0,0116
4	1	63,5	4,151	0,0244
5	1	37,2	3,6163	0,1432
6	1	39,6	3,6788	0,0998
7	1	39,7	3,6814	0,0982
8	1	39,6	3,6788	0,0998
9	1	95,5	4,5591	0,3185
10	1	39,7	3,6814	0,0982
11	1	30,7	3,4243	0,3254
12	1	39,8	3,6839	0,0966
13	1	54,6	4	0
14	1	100,5	4,6102	0,3788
15	1	39,5	3,6763	0,1014
16	1	55,6	4,0182	0,0006
17	1	55,8	4,0218	0,0007

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) <sup>2</sup>
18	1	39,4	3,6738	0,103
19	1	79,6	4,377	0,1462
20	1	79,7	4,3783	0,1471
21	1	119,8	4,7858	0,6258
22	1	39,5	3,6763	0,1014
23	1	93,0	4,5326	0,2893
24	1	15,3	2,7279	1,6048
25	1	53,3	3,9759	0,0004
26	1	100,5	4,6102	0,3788
27	1	79,8	4,3795	0,1481
28	1	79,6	4,377	0,1462
29	1	87,7	4,4739	0,2296
30	1	63,6	4,1526	0,0249
31	1	119,5	4,7833	0,6219
32	1	39,7	3,6814	0,0982
33	1	55,5	4,0164	0,0005
	<b>33</b>		<b>131,8236</b>	<b>7,4166</b>

**Tabla 129.-** Parámetros iniciales de la Cabina de Pintura.

<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	3,9947
<b>VARIANZA S<sup>2</sup></b>	1,7189
<b>DESVIACION S</b>	1,3111
<b>BETTA β</b>	0,9782
<b>ALPHA α</b>	97,98
<b>GAMA γ</b>	0



Se procede a calcular la fiabilidad y la in fiabilidad de Weibull con la utilización de las ecuaciones siguientes.

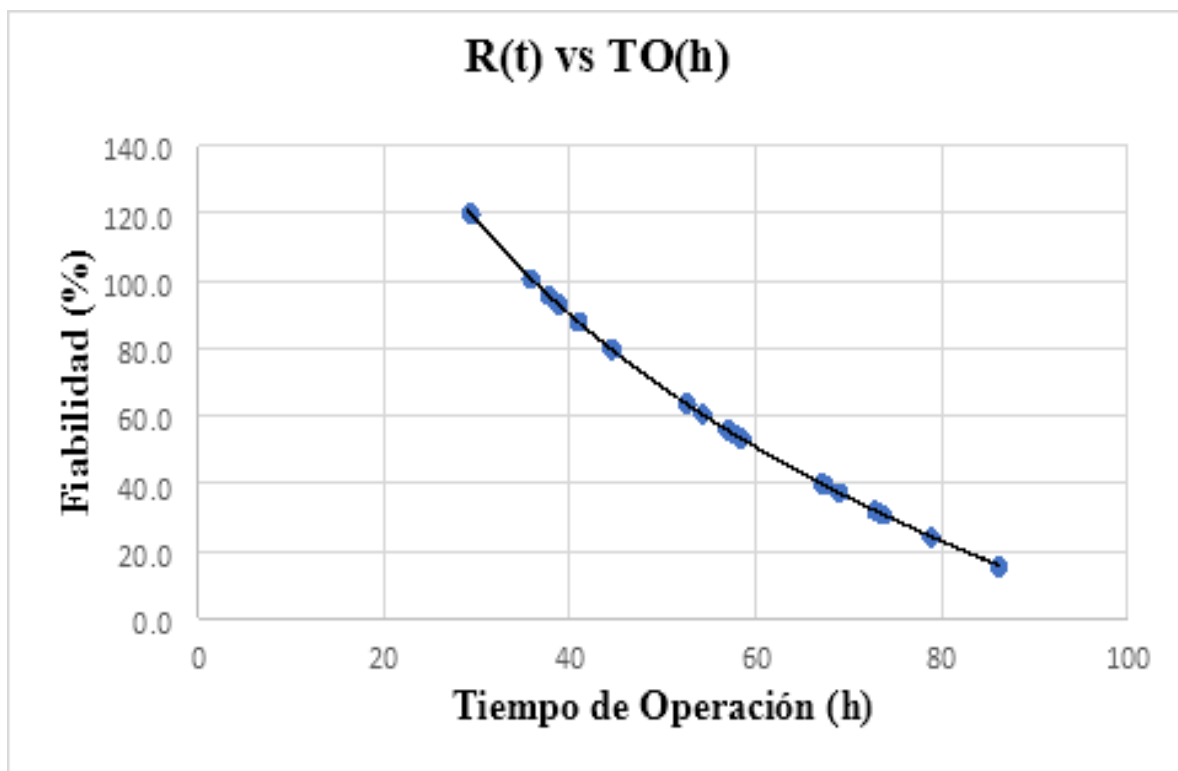
$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_0 - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

**Tabla 130.-** Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Cabina de Pintura.

<b>CABINA DE PINTURA</b>								
<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>	<b>R(t)</b>	<b>R(t) %</b>	<b>F(t)</b>	<b>F(t) %</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6668	0,7887	78,87	0,2113	21,13
2	1	31,8	3,4595	0,2864	0,7287	72,87	0,2713	27,13
3	1	60,5	4,1026	0,0116	0,5429	54,29	0,4571	45,71
4	1	63,5	4,151	0,0244	0,5263	52,63	0,4737	47,37
5	1	37,2	3,6163	0,1432	0,6897	68,97	0,3103	31,03
6	1	39,6	3,6788	0,0998	0,6729	67,29	0,3271	32,71
7	1	39,7	3,6814	0,0982	0,6723	67,23	0,3277	32,77
8	1	39,6	3,6788	0,0998	0,6729	67,29	0,3271	32,71
9	1	95,5	4,5591	0,3185	0,3775	37,75	0,6225	62,25
10	1	39,7	3,6814	0,0982	0,6723	67,23	0,3277	32,77
11	1	30,7	3,4243	0,3254	0,7369	73,69	0,2631	26,31
12	1	39,8	3,6839	0,0966	0,6716	67,16	0,3284	32,84
13	1	54,6	4	0	0,5769	57,69	0,4231	42,31
14	1	100,5	4,6102	0,3788	0,3583	35,83	0,6417	64,17
15	1	39,5	3,6763	0,1014	0,6736	67,36	0,3264	32,64
16	1	55,6	4,0182	0,0006	0,571	57,1	0,429	42,9
17	1	55,8	4,0218	0,0007	0,5698	56,98	0,4302	43,02
18	1	39,4	3,6738	0,103	0,6743	67,43	0,3257	32,57
19	1	79,6	4,377	0,1462	0,4455	44,55	0,5545	55,45
20	1	79,7	4,3783	0,1471	0,445	44,5	0,555	55,5
21	1	119,8	4,7858	0,6258	0,2928	29,28	0,7072	70,72

CABINA DE PINTURA								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
22	1	39,5	3,6763	0,1014	0,6736	67,36	0,3264	32,64
23	1	93,0	4,5326	0,2893	0,3875	38,75	0,6125	61,25
24	1	15,3	2,7279	1,6048	0,8609	86,09	0,1391	13,91
25	1	53,3	3,9759	0,0004	0,5847	58,47	0,4153	41,53
26	1	100,5	4,6102	0,3788	0,3583	35,83	0,6417	64,17
27	1	79,8	4,3795	0,1481	0,4445	44,45	0,5555	55,55
28	1	79,6	4,377	0,1462	0,4455	44,55	0,5545	55,45
29	1	87,7	4,4739	0,2296	0,4095	40,95	0,5905	59,05
30	1	63,6	4,1526	0,0249	0,5258	52,58	0,4742	47,42
31	1	119,5	4,7833	0,6219	0,2937	29,37	0,7063	70,63
32	1	39,7	3,6814	0,0982	0,6723	67,23	0,3277	32,77
33	1	55,5	4,0164	0,0005	0,5716	57,16	0,4284	42,84
	<b>33</b>		<b>131,8236</b>	<b>7,4166</b>				



**Figura 50.-** Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Cabina de Pintura.

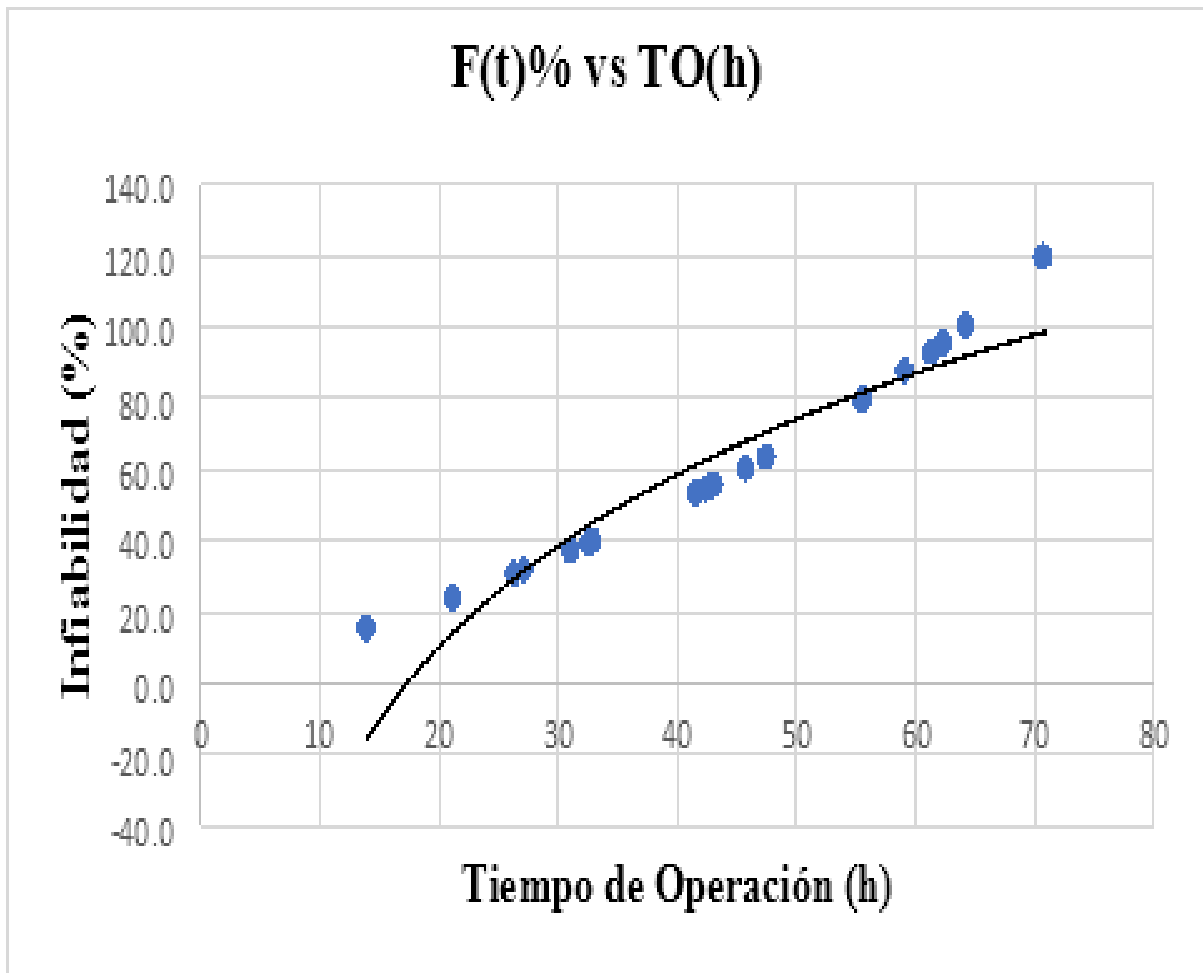


Figura 51.- Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación de la Cabina de Pintura.

**Modelo Gráfico de Weibull de la Cabina de Pintura.**

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

Tabla 131.- Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)
1	15,3	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	30,7	0,0808	8,08
4	31,8	0,1108	11,08
5	37,2	0,1407	14,07
6	39,4	0,1707	17,07

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
7	39,5	0,2006	20,06
8	39,5	0,2305	23,05
9	39,6	0,2605	26,05
10	39,6	0,2904	29,04
11	39,7	0,3204	32,04
12	39,7	0,3503	35,03
13	39,7	0,3802	38,02
14	39,8	0,4102	41,02
15	53,3	0,4401	44,01
16	54,6	0,4701	47,01
17	55,5	0,5	50
18	55,6	0,5299	52,99
19	55,8	0,5599	55,99
20	60,5	0,5898	58,98
21	63,5	0,6198	61,98
22	63,6	0,6497	64,97
23	79,6	0,6796	67,96
24	79,6	0,7096	70,96
25	79,7	0,7395	73,95
26	79,8	0,7695	76,95
27	87,7	0,7994	79,94
28	93	0,8293	82,93
29	95,5	0,8593	85,93
30	100,5	0,8892	88,92
31	100,5	0,9192	91,92
32	119,5	0,9491	94,91
33	119,8	0,979	97,9

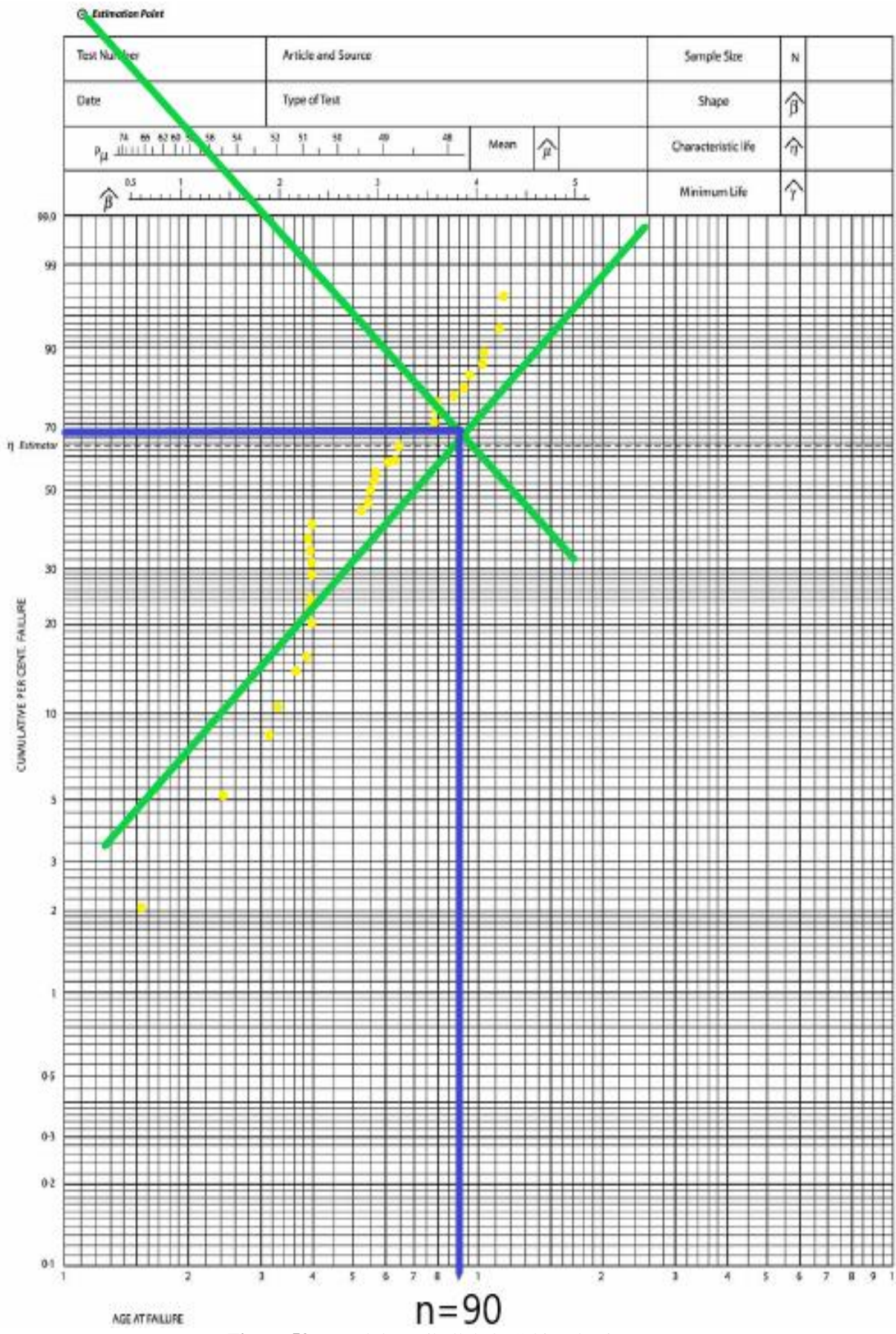


Figura 52.- Papel de Weibull de la Cabina de Pintura.

**Tabla 132.-** Parámetros de Fallas de la Cabina de Pintura.

Pμ	56,5
β	1,7
n	90

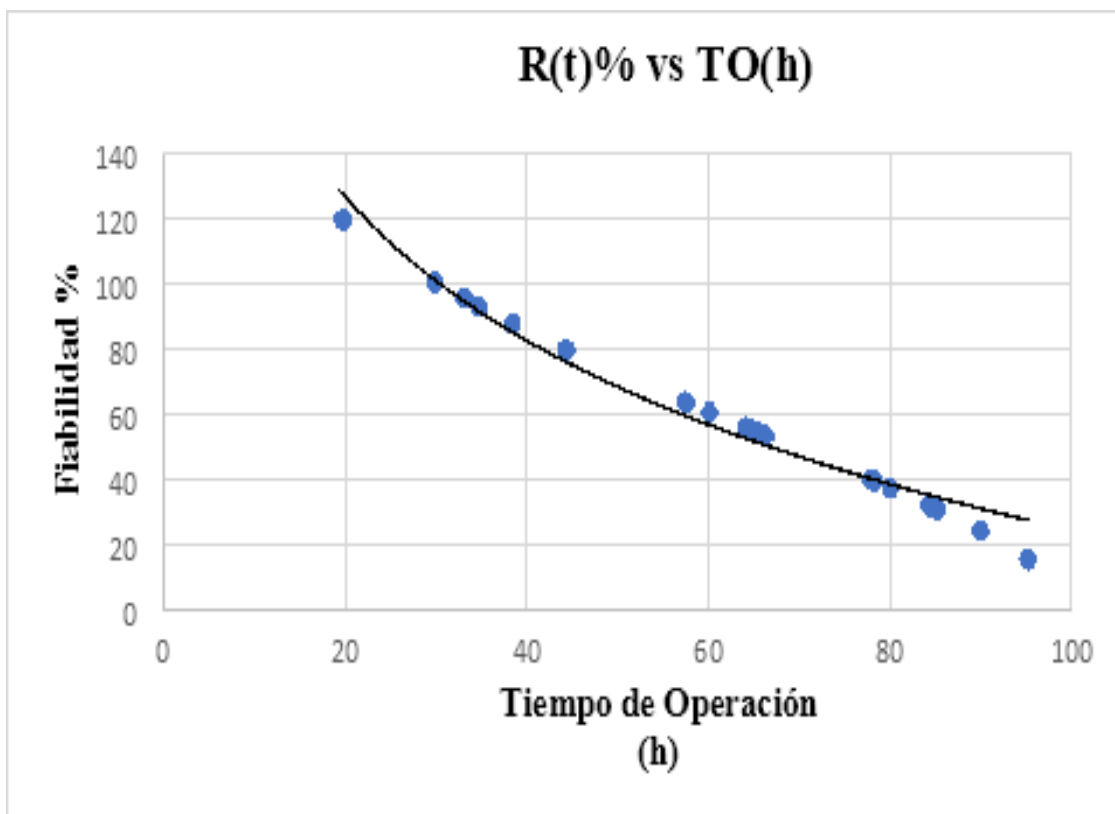
Se reemplaza los datos obtenidos del papel de Weibull en la fórmula de confiabilidad.

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

**Tabla 133.-** Fiabilidad de Weibull de la Cabina de Pintura, por el método gráfico

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
1	15,3	0,021	2,1	0,952	95,2
2	24	0,0509	5,09	0,8997	89,97
3	30,7	0,0808	8,08	0,8516	85,16
4	31,8	0,1108	11,08	0,8432	84,32
5	37,2	0,1407	14,07	0,8004	80,04
6	39,4	0,1707	17,07	0,7823	78,23
7	39,5	0,2006	20,06	0,7814	78,14
8	39,5	0,2305	23,05	0,7814	78,14
9	39,6	0,2605	26,05	0,7806	78,06
10	39,6	0,2904	29,04	0,7806	78,06
11	39,7	0,3204	32,04	0,7798	77,98
12	39,7	0,3503	35,03	0,7798	77,98
13	39,7	0,3802	38,02	0,7798	77,98
14	39,8	0,4102	41,02	0,779	77,9
15	53,3	0,4401	44,01	0,6634	66,34
16	54,6	0,4701	47,01	0,6521	65,21
17	55,5	0,5	50	0,6443	64,43
18	55,6	0,5299	52,99	0,6434	64,34
19	55,8	0,5599	55,99	0,6417	64,17
20	60,5	0,5898	58,98	0,6011	60,11

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
21	63,5	0,6198	61,98	0,5754	57,54
22	63,6	0,6497	64,97	0,5745	57,45
23	79,6	0,6796	67,96	0,4441	44,41
24	79,6	0,7096	70,96	0,4441	44,41
25	79,7	0,7395	73,95	0,4434	44,34
26	79,8	0,7695	76,95	0,4426	44,26
27	87,7	0,7994	79,94	0,3841	38,41
28	93	0,8293	82,93	0,3474	34,74
29	95,5	0,8593	85,93	0,3308	33,08
30	100,5	0,8892	88,92	0,2993	29,93
31	100,5	0,9192	91,92	0,2993	29,93
32	119,5	0,9491	94,91	0,198	19,8
33	119,8	0,979	97,9	0,1967	19,67



**Figura 53.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación de la Cabina de Pintura.







**Tabla 138.- Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Mayo**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	MAYO																																		
			Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu			
			Sáb	ado	go	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	
CABINA DE PINTURA	PREVENTIVO	Reemplazo de los Filtros.																																			
		Control de los cables de conexión.																																			
		Control del interruptor de bloqueo de las puertas.																																			
		Reemplazo de los tubos Fluorescentes.																																			
		Control de funcionamiento del ventilador.																																			
		Control de funcionamiento del termoregulador.																																			
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																			
		Control de la electroválvula de seguridad.																																			
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																			
		Limpeza general de la máquina																																			
		Limpeza de los Filtros.																																			
		Limpeza del ventilador.																																			
		Limpeza de las ventanas.																																			
		Limpeza de las puertas.																																			
	Limpeza de las ménsulas portaobjetos.																																				
	Engrase de las puertas.																																				
	Control de funcionamiento de los indicadores.																																				
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																			
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																			
		Análisis de Vibraciones.																																			
Análisis de Temperatura.																																					
Análisis Termográfico.																																					

**Tabla 139.- Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Junio**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	JUNIO																																		
			Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu					
			rte	les	ves	sáb	ado	go	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
CABINA DE PINTURA	PREVENTIVO	Reemplazo de los Filtros.																																			
		Control de los cables de conexión.																																			
		Control del interruptor de bloqueo de las puertas.																																			
		Reemplazo de los tubos Fluorescentes.																																			
		Control de funcionamiento del ventilador.																																			
		Control de funcionamiento del termoregulador.																																			
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																			
		Control de la electroválvula de seguridad.																																			
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																			
		Limpeza general de la máquina																																			
		Limpeza de los Filtros.																																			
		Limpeza del ventilador.																																			
		Limpeza de las ventanas.																																			
		Limpeza de las puertas.																																			
	Limpeza de las ménsulas portaobjetos.																																				
	Engrase de las puertas.																																				
	Control de funcionamiento de los indicadores.																																				
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																			
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																			
		Análisis de Vibraciones.																																			
Análisis de Temperatura.																																					
Análisis Termográfico.																																					



**Tabla 142.- Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Septiembre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																													
			Miércoles	Jueves	Vier	Do	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Ma	Mi	Jue			
			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
<b>CABINA DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Reemplazo de los Filtros.																														
		Control de los cables de conexión.																														
		Control del interruptor de bloqueo de las puertas.																														
		Reemplazo de los tubos Fluorescentes.																														
		Control de funcionamiento del ventilador.																														
		Control de funcionamiento del termostato.																														
		Control de accionamiento del botón de encendido.																														
		Control de la electroválvula de seguridad.																														
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																														
		Limpeza general de la máquina																														
		Limpeza de los Filtros.																														
		Limpeza del ventilador.																														
		Limpeza de las ventanas.																														
		Limpeza de las puertas.																														
		Limpeza de las ménsulas portaobjetos.																														
	Engrase de las puertas.																															
	Control de funcionamiento de los indicadores.																															
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																														
		Inspección por medio de Ultrasonido.																														
		Análisis de Vibraciones.																														
Análisis de Temperatura.																																
Análisis Termográfico.																																

**Tabla 143.- Gama de mantenimiento de la Cabina de Pintura correspondiente al mes de Octubre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	OCTUBRE																														
			Vie	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Do					
			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
<b>CABINA DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Reemplazo de los Filtros.																															
		Control de los cables de conexión.																															
		Control del interruptor de bloqueo de las puertas.																															
		Reemplazo de los tubos Fluorescentes.																															
		Control de funcionamiento del ventilador.																															
		Control de funcionamiento del termostato.																															
		Control de accionamiento del botón de encendido.																															
		Control de la electroválvula de seguridad.																															
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																															
		Limpeza general de la máquina																															
		Limpeza de los Filtros.																															
		Limpeza del ventilador.																															
		Limpeza de las ventanas.																															
		Limpeza de las puertas.																															
		Limpeza de las ménsulas portaobjetos.																															
	Engrase de las puertas.																																
	Control de funcionamiento de los indicadores.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Inspección por medio de Ultrasonido.																															
		Análisis de Vibraciones.																															
Análisis de Temperatura.																																	
Análisis Termográfico.																																	



### 3.1.11. Horno de Pintura

Tabla 146.- Ficha técnica de la Horno de Pintura

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA	X	EQUIPO	HERRAMIENTA
			
		CÓDIGO:	HP01
		HORNO DE PINTURA	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
MARCA:	Termomeccanica	POTENCIA TERMICA:	140 KW
MODELO:	GL2	TIPO DE COMBUSTIBLE:	Diesel
AÑO:	2013	VELOCIDAD DEL AIRE:	0,20 m/s
PROCEDENCIA:	Americana	PESO TOTAL:	1000 kg
TIPO:	Fija	DIMENSIONES:	(2000 x 1000 x 2000) mm
COMPONENTES			
Estructura		Termostato	
Quemador		Caja de Mando	
Depósito de combustible		Cojinetes	
Filtros		Colector	
Cañerías		Ventilador	
<p><b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para proporcionar calor a la pintura aplicada a un vehículo que se encuentra dentro de la cabina de pintura, con la finalidad de realizar un secado homogéneo y en el menor tiempo posible.</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b> La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se la puede observar en el anexo VIII.</p>			

#### Características de la Máquina

- Potencia Térmica: 140 KW
- Tipo de Combustible: Diesel
- Capacidad del depósito de combustible: 80 litros
- Altura de la puerta: 1000 mm
- Ancho de la puerta: 1250 mm
- Dimensiones: (2000 x 1000 x 2000) mm

## Condiciones de Servicio

- Temperatura ambiental: (0 - 40) °C
- Tipo de instalación: Fija
- Tiempo de Funcionamiento: 8 horas consecutivas con el tanque de combustible lleno.
- Número de operadores requeridos: 1

## Componentes

**Tabla 147.-** Componentes del Horno de Pintura.

N°	Componente	Función
1	Estructura	Sujetar los componentes de la máquina.
2	Quemador	Mezclar un combustible con un comburente.
3	Depósito de combustible	Almacenar un tipo de combustible.
4	Filtros	Eliminar impurezas o partículas del ambiente.
5	Cañerías	Transportar algún tipo de fluido.
6	Cables de conexión	Conducir la energía entre los componentes de la máquina.
7	Caja de Mando	Controlar los parámetros de funcionamiento de la máquina.
8	Cojinetes	Reducir la fricción entre dos elementos en contacto.
9	Colector	Conectar el horno con la cabina de pintura.
10	Ventilador	Enfriar la parte interna de la máquina.
11	Pantalla led	Desplegar datos o información.
12	Botón de encendido	Activar la cabina de pintura.
13	Parada de emergencia	Interrumpir el flujo de corriente de manera inmediata.
14	Juntas Anti-vibraciones	Aislar las vibraciones que son ocasionadas por el quemador y por el ventilador.
15	Puerta Deslizante	Abrir o cerrar la estructura de la máquina.
16	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.

## Componentes Sustituibles

**Tabla 148.-** Componentes Sustituibles del Horno de Pintura.

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Filtros	2	Plano o plisado de poliéster G3 (1000 x 1000) mm
Ventilador	1	Palas invertidas
Tornillos de sujeción	40	Tornillos de 1 pulgada
Cables de conexión	5	Calibre 10
Pantalla led	1	(200x 100) mm
Botón de encendido	1	Material Plástico o cerámico
Puerta	1	Metálica (1000 x 1250) mm
Cojinetes	2	Acero de 50 mm de diámetro
Juntas Anti-vibraciones	2	Caucho
Indicador de Presión	1	Digital

## Instrucciones de Funcionamiento

- Verificar la instalación eléctrica se encuentre en buen estado.
- Verificar que los pernos se encuentren correctamente ajustados.
- Abrir la compuerta de la máquina.
- Colocar el diésel en el depósito del quemador.
- Cerrar la compuerta.
- Encender la máquina.
- Ajustar a la temperatura requerida.

## Normas de Seguridad

- La máquina debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- En caso de que se produzca un incendio en la máquina, se debe utilizar extintores de polvo.
- No encender esta máquina con materiales inflamables dentro de la misma.
- Prohibido abrir la compuerta mientras el quemador está encendido.
- Prohibido ingerir alimentos o bebidas junto al quemador ya que éste emite gases tóxicos.
- Prohibido subirse sobre el horno de pintura.



- Prohibido dejar que el combustible llegue hasta el fondo del depósito ya que el quemador puede aspirar suciedades y por ende taparse.

### Instrucciones de mantenimiento

**Tabla 149.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento del Horno de Pintura [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Reemplazo de los Filtros.					X	
Control de los cables de conexión.			X			
Control de las cañerías.		X				
Reemplazo de los cojinetes.						X
Control de la caja de mando.	X					
Control de funcionamiento del paro de emergencia.		X				
Control de accionamiento del botón de encendido.				X		
Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.					X	

**Tabla 150.-** Frecuencias de Operaciones del Horno de Pintura [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina				X		
Limpieza de los Filtros.				X		
Limpieza del ventilador.				X		
Limpieza de la puerta deslizando.				X		

**Tabla 151.-** Frecuencias de Operaciones del Horno de Pintura [16].

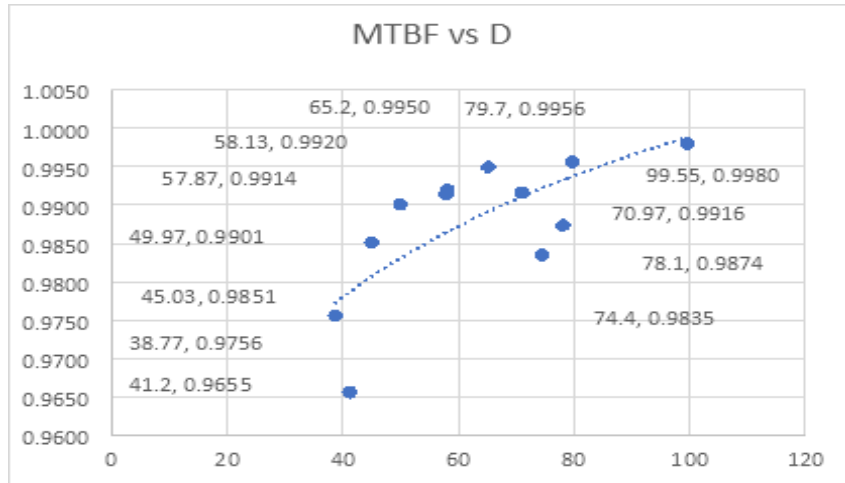
<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Engrase de los cojinetes.				X		
Lubricación de la puerta deslizando.				X		

## Estadístico de mantenimiento anual

**Tabla 152.-** Estadístico del Horno de Pintura.

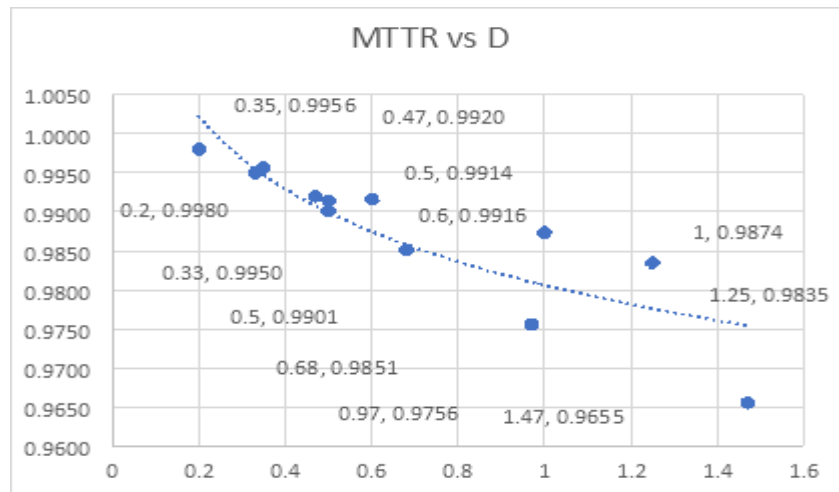
MÁQUINA	HORNO DE PINTURA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
ENERO	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					38,77	0,0258	0,97	1,0309	97,56%
	Control de accionamiento del botón de encendido.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,8	2,5	1	3,5					
	Control de los cables de conexión.	21/1/2019	60,5	0,3	0,2	0,5					
FEBRERO	limpieza de los filtros.	4/2/2019	63,5	1,8	0,9	2,7	45,03	0,0222	0,68	1,4706	98,51%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	11/2/2019	37,3	0,2	0,1	0,3					
	Control de funcionamiento del paro de emergencia.	18/2/2019	39,7	0,3	0,1	0,4					
	Limpieza de la puerta deslizante.	25/2/2019	39,6	0,4	0,1	0,5					
MARZO	Control de los cables de conexión.	4/3/2019	39,5	0,4	0,2	0,6	58,13	0,0172	0,47	2,1277	99,20%
	Control de la caja de mando.	20/3/2019	95,4	0,3	0,2	0,5					
	Limpieza del ventilador.	25/3/2019	39,5	0,7	0,6	1,3					
ABRIL	Control de funcionamiento del ventilador.	1/4/2019	30,7	0,1	0,1	0,2	41,2	0,0243	1,47	0,6803	96,55%
	Reemplazo de los cojinetes.	8/4/2019	39,8	1,8	1,1	2,9					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	53,1	2,5	1	3,5					
MAYO	Control de los cables de conexión.	6/5/2019	100,5	0,3	0,2	0,5	65,2	0,0153	0,33	3,0303	99,50%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	13/5/2019	39,5	0,2	0,2	0,4					
	Reemplazo de los filtros.	24/5/2019	55,6	0,5	0,3	0,8					

MÁQUINA	HORNO DE PINTURA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
JUNIO	Control de las cañerías	3/6/2019	55,2	0,6	0,4	1	57,87	0,0173	0,5	2	99,14%
	Limpieza del ventilador.	10/6/2019	39	0,5	0,1	0,6					
	Lubricación de la puerta deslizante.	24/6/2019	79,4	0,4	0,3	0,7					
JULIO	Control de accionamiento del botón de encendido.	8/7/2019	79,3	0,1	0,1	0,2	99,55	0,01	0,2	5	99,80%
	Control de los cables de conexión.	29/7/2019	119,8	0,3	0,2	0,5					
AGOSTO	limpieza de los filtros.	5/8/2019	39,5	0,5	0,4	0,9	49,97	0,02	0,5	2	99,01%
	Limpieza del ventilador.	23/8/2019	95,1	0,4	0,3	0,7					
	Reemplazo de los filtros.	26/8/2019	15,3	0,6	0,3	0,9					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,1	1,9	1	2,9	78,1	0,0128	1	1	98,74%
	Control del funcionamiento del ventilador.	23/9/2019	101,1	0,1	0,1	0,2					
OCTUBRE	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	7/10/2019	79,8	0,3	0,1	0,4	79,7	0,0125	0,35	2,8571	99,56%
	Lubricación de la puerta deslizante.	21/10/2019	79,6	0,4	0,2	0,6					
NOVIEMBRE	Reemplazo de las juntas anti vibraciones.	8/11/2019	87,4	1,7	0,9	2,6	74,4	0,0134	1,25	0,8	98,35%
	Reemplazo de la pantalla led.	18/11/2019	61,4	0,8	0,6	1,4					
DICIEMBRE	Engrase de los cojinetes.	9/12/2019	118,6	0,9	0,3	1,2	70,97	0,0141	0,6	1,6667	99,16%
	Control de los cables de conexión.	16/12/2019	38,8	0,3	0,2	0,5					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,5	2	0,9	2,9					
<b>TOTALES</b>			<b>1934,4</b>	<b>22,2</b>	<b>11,9</b>	<b>34,1</b>	<b>1934,4</b>	<b>0,001</b>	<b>22,2</b>	<b>0,045</b>	<b>98,87%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,3</b>	<b>0,73</b>	<b>0,39</b>	<b>1,12</b>	<b>60,3</b>	<b>0,017</b>	<b>0,73</b>	<b>1,37</b>	<b>98,80%</b>



**Figura 54.-** Gráfica MTBF vs D del Horno de Pintura.

En la figura 54 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9980 (MTBF= 99,55 h) y un mínimo de 0,9655 (MTBF= 41,2 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 99,55 h (D=0,9980) y el mínimo de 38,77 h (D=0,9756). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 55.-** Gráfica MTTR vs D del Horno de Pintura.

En la figura 55 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9980 (MTBF= 0,2 h) y un mínimo de 0,9655 (MTBF= 1,47 h), además se observa que el tiempo medio de reparación máximo es de 1,25 h (D=0,9835) y el mínimo de 0,2 h (D=0,9980). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.

## Matriz AMFE

Tabla 153.- Matriz AMFE del Horno de Pintura.

Área:	Enderezado y Pintura		Marca:	Termomeccanica		Fecha Rea:	2/5/2021				Hoja N°:	1
Equipo:	Cabina de Pintura		Modelo:	Prep		Fecha Rev:	3/5/2021				De:	1
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones	
							F	G	D	IPR		
1	Estructura	Sujetar los componentes de la máquina.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la estructura	3	3	2	18	Recubrir con pintura las partes expuestas	
2	Quemador	Mezclar un combustible con un comburente.	No enciende el quemador	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el quemador	Atascamiento del quemador	3	8	5	120	Limpiar adecuadamente el área de trabajo.	
3	Depósito de combustible	Almacenar un tipo de combustible.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del depósito de combustible	3	4	2	24	Recubrir con pintura las partes expuestas	
4	Filtros	Eliminar impurezas o partículas del ambiente.	No permite el paso del combustible	Taponamiento	Impurezas incrustadas	Taponamiento del filtro	5	8	3	120	Limpiar periódicamente los filtros	
5	Cañerías	Transportar algún tipo de fluido.	Pérdida de fluido	Desgaste	Corrosión	Rotura de la cañería	3	7	4	84	Recubrir con pintura las partes expuestas	
6	Cables de conexión	Conducir la energía entre los componentes de la máquina.	Rotura de los cables	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	5	6	90	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.	

<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	2/5/2021				<b>Hoja N°:</b>	1
<b>Equipo:</b>	Cabinas de Pintura		<b>Modelo:</b>	Prep		<b>Fecha Rev:</b>	3/5/2021				<b>De:</b>	1
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones	
							F	G	D	IPR		
7	Caja de Mando	Controlar los parámetros de funcionamiento de la máquina.	Visagras desalineadas	Desgaste	Fricción	Puerta atascada	1	3	5	15	Lubricar las visagras	
8	Cojinetes	Reducir la fricción entre dos elementos en contacto.	Vibración de la máquina	Desgaste	Fricción	Desalineamiento del eje	3	6	4	72	Lubricar periódicamente los cojinetes.	
9	Colector	Conectar el horno con la cabina de pintura.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del colector	3	4	3	36	Recubrir con pintura las partes expuestas	
10	Ventilador	Enfriar la parte interna de la máquina.	Rotura de las aspas	Rotura	Incrustación de objetos	Recalentamiento de la máquina	2	8	4	64	Mantener libre de objetos la parte donde se encuentra el ventilador.	
11	Pantalla led	Desplegar datos o información.	No enciende la pantalla	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Desconocimiento de la información generada por la máquina	3	7	3	63	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.	

<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Termomeccanica		<b>Fecha Rea:</b>	2/5/2021				<b>Hoja N°:</b>	1
<b>Equipo:</b>	Cabina de Pintura		<b>Modelo:</b>	Prep		<b>Fecha Rev:</b>	3/5/2021				<b>De:</b>	1
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones	
							F	G	D	IPR		
12	Botón de encendido	Activar la cabina de pintura.	Rotura del botón	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	4	7	3	84	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el botón.	
13	Parada de emergencia	Interrumpir el flujo de corriente de manera inmediata.	Atascamiento del botón	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el interior del botón	Parada del proceso	4	7	3	84	Limpiar adecuadamente el botón de paro de emergencia.	
14	Juntas Anti-vibraciones	Aislar las vibraciones que son ocasionadas por el quemador y por el ventilador.	Rotura de la junta	Rotura	Desalineamiento	vibración excesiva en la máquina	5	5	4	100	Alinear correctamente la máquina.	
15	Puerta Deslizante	Abrir o cerrar la estructura de la máquina.	Rotura de la puerta	Rotura	Exceso de fuerza	Penetración de impurezas al interior	3	6	2	36	Abrir y cerrar moderadamente la puerta.	
16	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.	Oxidación de los tornillos	Desgaste	Corrosión	Inestabilidad en la estructura de la máquina	4	4	5	80	Limpeza adecuada de los tornillos para evitar la oxidación	
<b>PROMEDIO</b>										68,1		

**Determinación de la Fiabilidad del Horno de Pintura mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.**

**Modelo Matemático de Weibull del Horno de Pintura.**

**Tabla 154.-**Datos estadísticos del Horno de Pintura.

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	60,5	4,1026
4	1	63,5	4,151
5	1	37,3	3,619
6	1	39,7	3,6814
7	1	39,6	3,6788
8	1	39,5	3,6763
9	1	95,4	4,5581
10	1	39,5	3,6763
11	1	30,7	3,4243
12	1	39,8	3,6839
13	1	53,1	3,9722
14	1	100,5	4,6102
15	1	39,5	3,6763
16	1	55,6	4,0182
17	1	55,2	4,011
18	1	39,0	3,6636
19	1	79,4	4,3745
20	1	79,3	4,3732
21	1	119,8	4,7858
22	1	39,5	3,6763
23	1	95,1	4,5549
24	1	15,3	2,7279
25	1	55,1	4,0091
26	1	101,1	4,6161
27	1	79,8	4,3795
28	1	79,6	4,377
29	1	87,4	4,4705
30	1	61,4	4,1174
31	1	118,6	4,7758
32	1	38,8	3,6584
33	1	55,5	4,0164
	<b>33</b>		<b>131,7536</b>



**Tabla 155.-** Datos calculados del Horno de Pintura.

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6632
2	1	31,8	3,4595	0,2841
3	1	60,5	4,1026	0,0121
4	1	63,5	4,151	0,0251
5	1	37,3	3,619	0,1395
6	1	39,7	3,6814	0,0968
7	1	39,6	3,6788	0,0984
8	1	39,5	3,6763	0,1
9	1	95,4	4,5581	0,3199
10	1	39,5	3,6763	0,1
11	1	30,7	3,4243	0,3229
12	1	39,8	3,6839	0,0952
13	1	53,1	3,9722	0,0004
14	1	100,5	4,6102	0,3816
15	1	39,5	3,6763	0,1
16	1	55,6	4,0182	0,0007
17	1	55,2	4,011	0,0003
18	1	39,0	3,6636	0,1082
19	1	79,4	4,3745	0,1459
20	1	79,3	4,3732	0,1449
21	1	119,8	4,7858	0,6293
22	1	39,5	3,6763	0,1
23	1	95,1	4,5549	0,3163
24	1	15,3	2,7279	1,5992
25	1	55,1	4,0091	0,0003
26	1	101,1	4,6161	0,3889
27	1	79,8	4,3795	0,1498
28	1	79,6	4,377	0,1478
29	1	87,4	4,4705	0,2285
30	1	61,4	4,1174	0,0156
31	1	118,6	4,7758	0,6136
32	1	38,8	3,6584	0,1116
33	1	55,5	4,0164	0,0006
<b>33</b>			<b>131,7536</b>	<b>7,4407</b>

**Tabla 156.-** Parámetros iniciales del Horno de Pintura.

<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	3,9925
<b>VARIANZA S^2</b>	1,7301
<b>DESVIACION S</b>	1,3153
<b>BETTA β</b>	0,9751
<b>ALPHA α</b>	97,9483

Se procede a calcular la fiabilidad y la in fiabilidad de Weibull con la utilización de las ecuaciones siguientes.

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_o - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

**Tabla 157.-** Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del Horno de Pintura.

<b>HORNO DE PINTURA</b>								
<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>	<b>R(t)</b>	<b>R(t) %</b>	<b>F(t)</b>	<b>F(t) %</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6632	0,7895	78,95	0,2105	21,05
2	1	31,8	3,4595	0,2841	0,7294	72,94	0,2706	27,06
3	1	60,5	4,1026	0,0121	0,5433	54,33	0,4567	45,67
4	1	63,5	4,151	0,0251	0,5267	52,67	0,4733	47,33
5	1	37,3	3,619	0,1395	0,6897	68,97	0,3103	31,03
6	1	39,7	3,6814	0,0968	0,673	67,3	0,327	32,7
7	1	39,6	3,6788	0,0984	0,6736	67,36	0,3264	32,64
8	1	39,5	3,6763	0,1	0,6743	67,43	0,3257	32,57
9	1	95,4	4,5581	0,3199	0,3778	37,78	0,6222	62,22
10	1	39,5	3,6763	0,1	0,6743	67,43	0,3257	32,57
11	1	30,7	3,4243	0,3229	0,7377	73,77	0,2623	26,23
12	1	39,8	3,6839	0,0952	0,6723	67,23	0,3277	32,77
13	1	53,1	3,9722	0,0004	0,5864	58,64	0,4136	41,36
14	1	100,5	4,6102	0,3816	0,3582	35,82	0,6418	64,18
15	1	39,5	3,6763	0,1	0,6743	67,43	0,3257	32,57
16	1	55,6	4,0182	0,0007	0,5715	57,15	0,4285	42,85
17	1	55,2	4,011	0,0003	0,5739	57,39	0,4261	42,61
18	1	39,0	3,6636	0,1082	0,6778	67,78	0,3222	32,22
19	1	79,4	4,3745	0,1459	0,4465	44,65	0,5535	55,35
20	1	79,3	4,3732	0,1449	0,447	44,7	0,553	55,3
21	1	119,8	4,7858	0,6293	0,2925	29,25	0,7075	70,75
22	1	39,5	3,6763	0,1	0,6743	67,43	0,3257	32,57
23	1	95,1	4,5549	0,3163	0,379	37,9	0,621	62,1
24	1	15,3	2,7279	1,5992	0,8616	86,16	0,1384	13,84
25	1	55,1	4,0091	0,0003	0,5745	57,45	0,4255	42,55
26	1	101,1	4,6161	0,3889	0,3559	35,59	0,6441	64,41
27	1	79,8	4,3795	0,1498	0,4447	44,47	0,5553	55,53
28	1	79,6	4,377	0,1478	0,4456	44,56	0,5544	55,44
29	1	87,4	4,4705	0,2285	0,4108	41,08	0,5892	58,92
30	1	61,4	4,1174	0,0156	0,5383	53,83	0,4617	46,17
31	1	118,6	4,7758	0,6136	0,2962	29,62	0,7038	70,38
32	1	38,8	3,6584	0,1116	0,6792	67,92	0,3208	32,08

HORNO DE PINTURA								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
33	1	55,5	4,0164	0,0006	0,5721	57,21	0,4279	42,79
	<b>33</b>		<b>131,7536</b>	<b>7,4407</b>				

Con los datos calculados se procede a realizar la gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación y también la gráfica de in fiabilidad vs tiempo de operación.

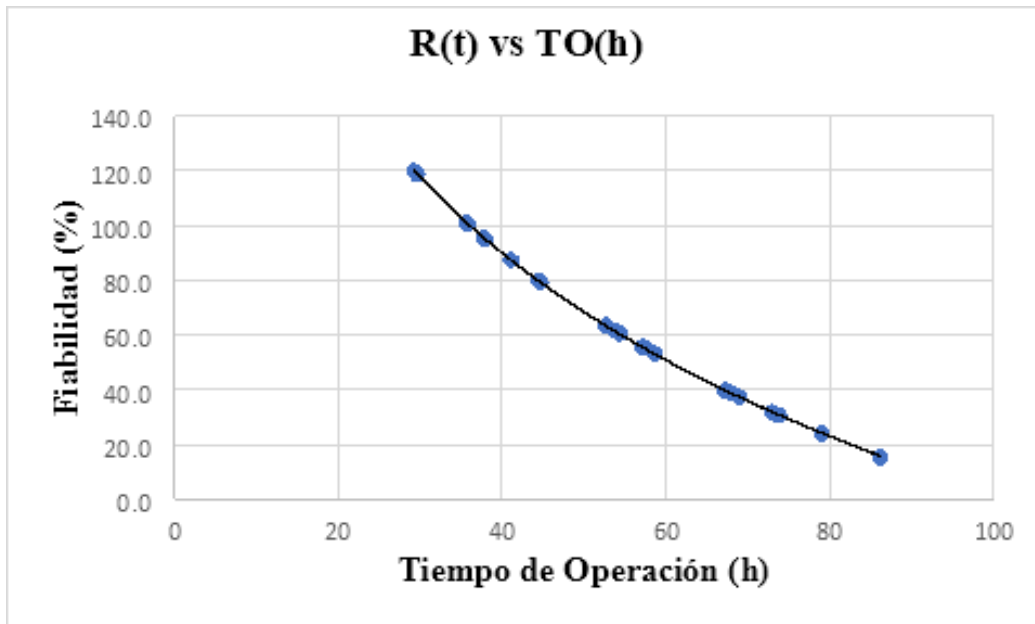


Figura 56.- Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del Horno de Pintura.

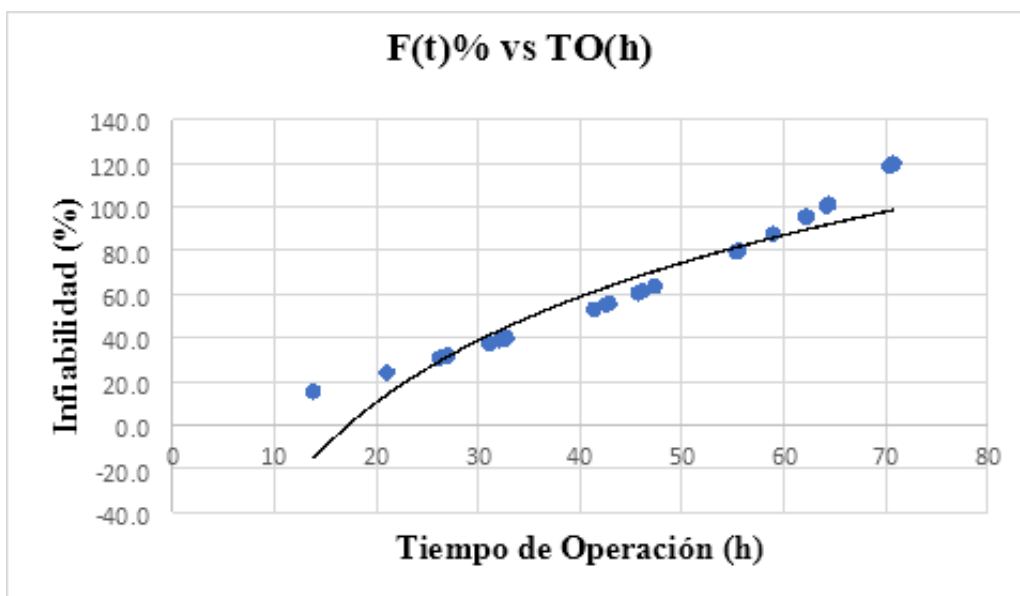


Figura 57.- Gráfica in fiabilidad vs tiempo de operación del Horno de Pintura.

**Modelo Gráfico de Weibull del Horno de Pintura.**

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

**Tabla 158.-** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
1	15,3	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	30,7	0,0808	8,08
4	31,8	0,1108	11,08
5	37,3	0,1407	14,07
6	38,8	0,1707	17,07
7	39	0,2006	20,06
8	39,5	0,2305	23,05
9	39,5	0,2605	26,05
10	39,5	0,2904	29,04
11	39,5	0,3204	32,04
12	39,6	0,3503	35,03
13	39,7	0,3802	38,02
14	39,8	0,4102	41,02
15	53,1	0,4401	44,01
16	55,1	0,4701	47,01
17	55,2	0,5	50
18	55,5	0,5299	52,99
19	55,6	0,5599	55,99
20	60,5	0,5898	58,98
21	61,4	0,6198	61,98
22	63,5	0,6497	64,97
23	79,3	0,6796	67,96
24	79,4	0,7096	70,96
25	79,6	0,7395	73,95
26	79,8	0,7695	76,95
27	87,4	0,7994	79,94
28	95,1	0,8293	82,93
29	95,4	0,8593	85,93
30	100,5	0,8892	88,92
31	101,1	0,9192	91,92
32	118,6	0,9491	94,91
33	119,8	0,979	97,9

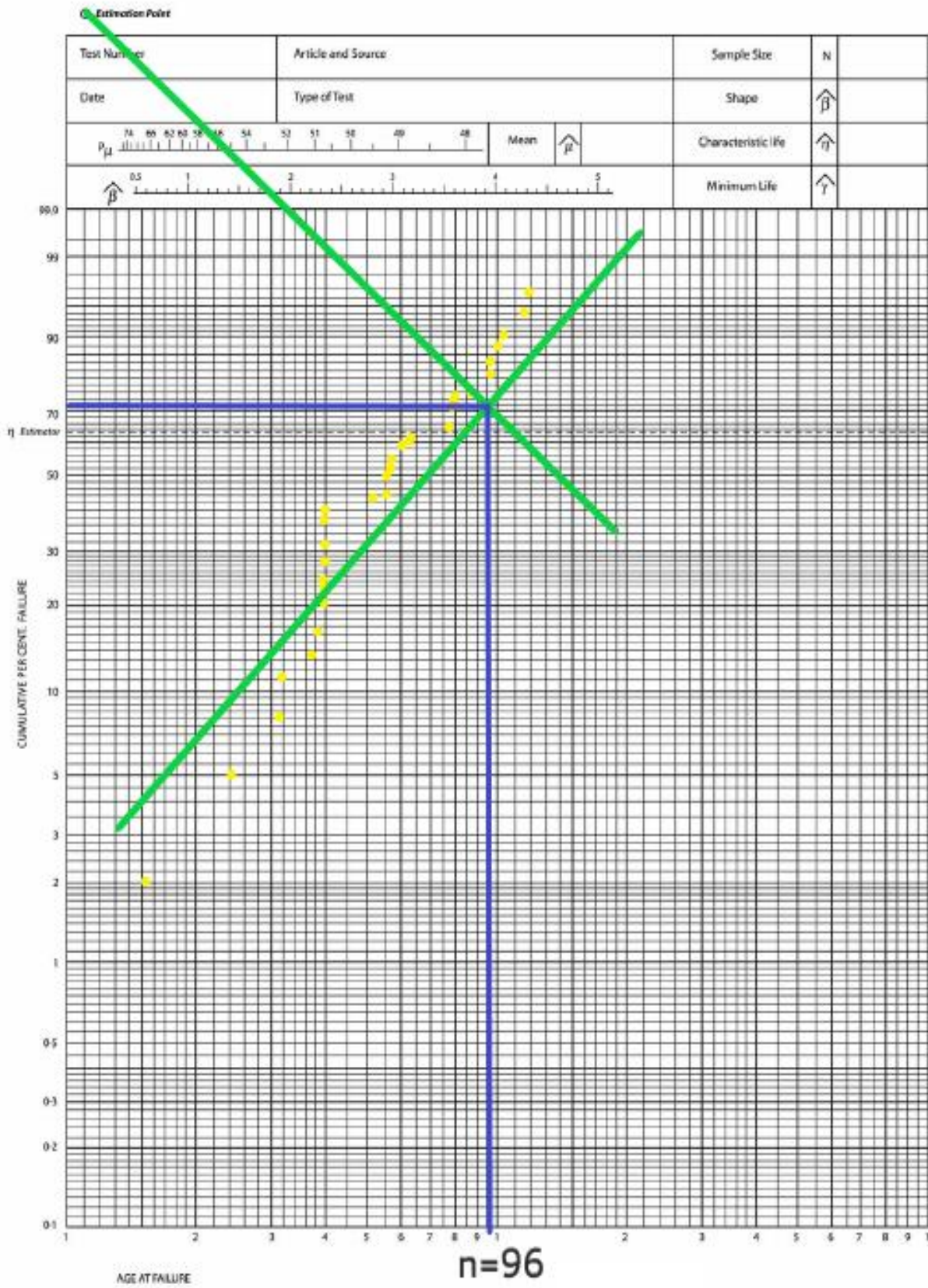


Figura 58.- Papel de Weibull del Horno de Pintura.

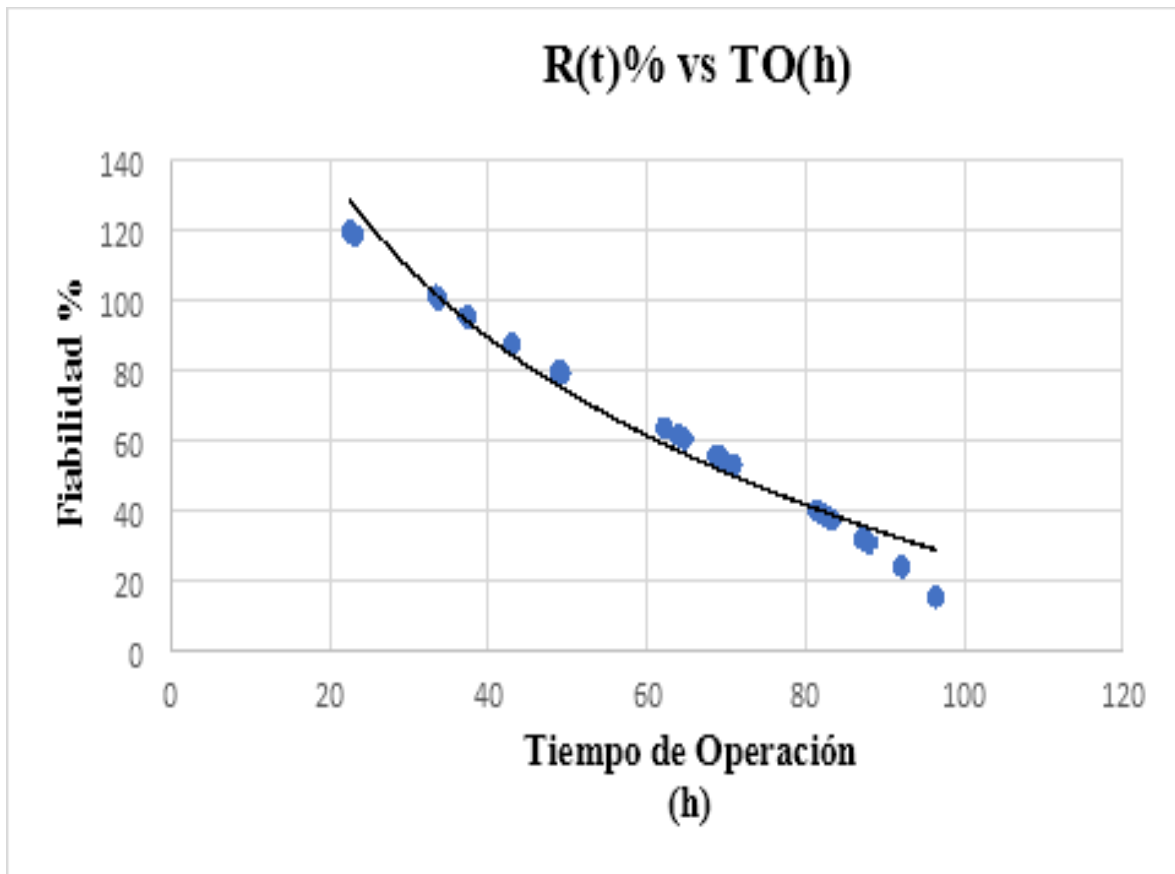
**Tabla 159.-** Parámetros del Horno de Pintura.

$P\mu$	55,5
$\beta$	1,8
n	96

**Tabla 160.-** Fiabilidad de Weibull del Horno de Pintura, por el método gráfico

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>	<b>R (t)</b>	<b>R (t) (%)</b>
1	15,3	0,021	2,1	0,964	96,4
2	24	0,0509	5,09	0,9208	92,08
3	30,7	0,0808	8,08	0,8795	87,95
4	31,8	0,1108	11,08	0,8721	87,21
5	37,3	0,1407	14,07	0,8333	83,33
6	38,8	0,1707	17,07	0,8222	82,22
7	39	0,2006	20,06	0,8207	82,07
8	39,5	0,2305	23,05	0,8169	81,69
9	39,5	0,2605	26,05	0,8169	81,69
10	39,5	0,2904	29,04	0,8169	81,69
11	39,5	0,3204	32,04	0,8169	81,69
12	39,6	0,3503	35,03	0,8162	81,62
13	39,7	0,3802	38,02	0,8154	81,54
14	39,8	0,4102	41,02	0,8147	81,47
15	53,1	0,4401	44,01	0,7086	70,86
16	55,1	0,4701	47,01	0,692	69,2
17	55,2	0,5	50	0,6912	69,12
18	55,5	0,5299	52,99	0,6887	68,87
19	55,6	0,5599	55,99	0,6879	68,79
20	60,5	0,5898	58,98	0,6469	64,69
21	61,4	0,6198	61,98	0,6393	63,93
22	63,5	0,6497	64,97	0,6217	62,17

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
23	79,3	0,6796	67,96	0,4922	49,22
24	79,4	0,7096	70,96	0,4914	49,14
25	79,6	0,7395	73,95	0,4898	48,98
26	79,8	0,7695	76,95	0,4882	48,82
27	87,4	0,7994	79,94	0,4297	42,97
28	95,1	0,8293	82,93	0,3741	37,41
29	95,4	0,8593	85,93	0,372	37,2
30	100,5	0,8892	88,92	0,3376	33,76
31	101,1	0,9192	91,92	0,3337	33,37
32	118,6	0,9491	94,91	0,2315	23,15
33	119,8	0,979	97,9	0,2254	22,54



**Figura 59.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación del Horno de Pintura.

# Gamas de Mantenimiento

**Tabla 161.-** Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Enero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																																				
			Vie rne s	Sáb ado	Do mín go	Lu nes	Mar tes	Mié rc les	Jue ves	Vie rne s	Sáb ado	Do mín go	Lu nes	Mar tes	Mié rc les	Jue ves	Vie rne s	Sáb ado	Do mín go	Lu nes	Mar tes	Mié rc les	Jue ves	Vie rne s	Sáb ado	Do mín go	Lu nes	Mar tes	Mié rc les	Jue ves	Vie rne s	Sáb ado	Do mín go						
<b>HORNO DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de los cables de conexión.																																					
		Control de las cañerías.																																					
		Control de la caja de mando.																																					
		Control de funcionamiento del paro de emergencia.																																					
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																					
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																					
		Limpieza general de la máquina																																					
		Limpieza de los Filtros.																																					
		Limpieza del ventilador.																																					
		Limpieza de la puerta deslizante.																																					
		Engrase de los cojinetes.																																					
		Lubricación de la puerta deslizante.																																					
		Reemplazo de los cojinetes.																																					
		Reemplazo de los Filtros.																																					
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																					
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																					
		Análisis de Lubricantes.																																					
		Análisis de Vibraciones.																																					
		Análisis de Presión.																																					
		Análisis de Temperatura.																																					
Análisis Termográfico.																																							
Análisis de Impulsos de choque.																																							

**Tabla 162.-** Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Febrero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																																				
			Lu nes	Ma rte	Mié rc les	Jue ves	Vie rne s	Sáb ado	Do mín go	Lu nes	Ma rte	Mié rc les	Jue ves	Vie rne s	Sáb ado	Do mín go	Lu nes	Ma rte	Mié rc les	Jue ves	Vie rne s	Sáb ado	Do mín go	Lu nes	Ma rte	Mié rc les	Jue ves	Vie rne s	Sáb ado	Do mín go									
<b>HORNO DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de los cables de conexión.																																					
		Control de las cañerías.																																					
		Control de la caja de mando.																																					
		Control de funcionamiento del paro de emergencia.																																					
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																					
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																					
		Limpieza general de la máquina																																					
		Limpieza de los Filtros.																																					
		Limpieza del ventilador.																																					
		Limpieza de la puerta deslizante.																																					
		Engrase de los cojinetes.																																					
		Lubricación de la puerta deslizante.																																					
		Reemplazo de los cojinetes.																																					
		Reemplazo de los Filtros.																																					
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																					
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																					
		Análisis de Lubricantes.																																					
		Análisis de Vibraciones.																																					
		Análisis de Presión.																																					
		Análisis de Temperatura.																																					
Análisis Termográfico.																																							
Análisis de Impulsos de choque.																																							







**Tabla 167.- Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Julio**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	JULIO																																		
			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				
<b>HORNO DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de los cables de conexión.																																			
		Control de las cañerías.																																			
		Control de la caja de mando.																																			
		Control de funcionamiento del paro de emergencia.																																			
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																			
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																			
		Limpieza general de la máquina																																			
		Limpieza de los Filtros.																																			
		Limpieza del ventilador.																																			
		Limpieza de la puerta deslizante.																																			
		Engrase de los cojinetes.																																			
		Lubricación de la puerta deslizante.																																			
		Reemplazo de los cojinetes.																																			
	Reemplazo de los Filtros.																																				
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																			
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																			
		Análisis de Lubricantes.																																			
		Análisis de Vibraciones.																																			
		Análisis de Presión.																																			
		Análisis de Temperatura.																																			
Análisis Termográfico.																																					
Análisis de Impulsos de choque.																																					

**Tabla 168.- Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Agosto**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	AGOSTO																																			
			Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Wie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Wie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Wie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Wie	Sáb	Do	Lu	Ma					
			mingo	nes	rtes	ércoles	ves	ernes	ado	mingo	nes	rtes	ércoles	ves	ernes	ado	mingo	nes	rtes	ércoles	ves	ernes	ado	mingo	nes	rtes	ércoles	ves	ernes	ado	mingo	nes	rtes	ércoles	ves	ernes		
<b>HORNO DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de los cables de conexión.																																				
		Control de las cañerías.																																				
		Control de la caja de mando.																																				
		Control de funcionamiento del paro de emergencia.																																				
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																				
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																				
		Limpieza general de la máquina																																				
		Limpieza de los Filtros.																																				
		Limpieza del ventilador.																																				
		Limpieza de la puerta deslizante.																																				
		Engrase de los cojinetes.																																				
		Lubricación de la puerta deslizante.																																				
		Reemplazo de los cojinetes.																																				
	Reemplazo de los Filtros.																																					
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																				
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																				
		Análisis de Lubricantes.																																				
		Análisis de Vibraciones.																																				
		Análisis de Presión.																																				
		Análisis de Temperatura.																																				
Análisis Termográfico.																																						
Análisis de Impulsos de choque.																																						

**Tabla 169.- Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Septiembre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																															
			Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue		
			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		
<b>HORNO DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de los cables de conexión.																																
		Control de las cañerías.																																
		Control de la caja de mando.																																
		Control de funcionamiento del paro de emergencia.																																
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza de los Filtros.																																
		Limpieza del ventilador.																																
		Limpieza de la puerta deslizante.																																
		Engrase de los cojinetes.																																
		Lubricación de la puerta deslizante.																																
		Reemplazo de los cojinetes.																																
	Reemplazo de los Filtros.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																
		Análisis de Lubricantes.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Presión.																																
		Análisis de Temperatura.																																
Análisis Termográfico.																																		
Análisis de Impulsos de choque.																																		

**Tabla 170.- Gama de mantenimiento del Horno de Pintura correspondiente al mes de Octubre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	OCTUBRE																															
			Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	
			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	
<b>HORNO DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de los cables de conexión.																																
		Control de las cañerías.																																
		Control de la caja de mando.																																
		Control de funcionamiento del paro de emergencia.																																
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																																
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza de los Filtros.																																
		Limpieza del ventilador.																																
		Limpieza de la puerta deslizante.																																
		Engrase de los cojinetes.																																
		Lubricación de la puerta deslizante.																																
		Reemplazo de los cojinetes.																																
	Reemplazo de los Filtros.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Inspección por medio de Ultrasonido.																																
		Análisis de Lubricantes.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Presión.																																
		Análisis de Temperatura.																																
Análisis Termográfico.																																		
Análisis de Impulsos de choque.																																		



### 3.1.12. Compresor

Tabla 173.- Ficha técnica del Compresor

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA	X	EQUIPO	HERRAMIENTA
			
		CÓDIGO: COM01	
		COMPRESOR	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>MARCA:</b>	Sommar	<b>POTENCIA DEL MOTOR:</b>	5 HP
<b>MODELO:</b>	Mam 200	<b>PRESION DE FUNCIONAMIENTO:</b>	200 psi
<b>AÑO:</b>	2013	<b>CAUDAL EFECTIVO:</b>	580 l/min
<b>PROCEDENCIA:</b>	Americana	<b>NIVEL DE RUIDO:</b>	65 dB
<b>TIPO:</b>	Fijo	<b>DIMENSIONES:</b>	(480 x 760 x 580) mm
COMPONENTES			
Estructura		Radiador de aceite	
Motor eléctrico		Panel de control electrónico	
Depósito de aceite		Sistema anti vibratorio	
Filtros		Unidad de compresión	
Cañerías		Ventilador	
Regulador de Presión		Válvulas	
<b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para aumentar la presión de tipos específicos de líquidos o gases llamados compresibles.			
<b>OBSERVACIONES:</b> La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se lo puede observar en el anexo IX.			

#### Características de la Máquina

- Potencia del motor: 5 HP
- Presión de funcionamiento: 200 psi
- Caudal efectivo: 580 l/min
- Nivel de ruido: 65 dB
- Dimensiones: (480 x 760 x 580) mm

### Condiciones de Servicio

- Temperatura ambiental: (5 - 45) °C
- Tipo de instalación: Fija
- Tiempo de Funcionamiento: 14 horas consecutivas
- Número de operadores requeridos: 1
- Lugar de instalación: Amplio, ventilado, sin polvo, amparado de la lluvia y del hielo.

### Componentes

**Tabla 174.-** Componentes del Compresor.

Nº	Componente	Función
1	Estructura	Sujetar los componentes de la máquina.
2	Motor eléctrico	Convertir la energía eléctrica en energía mecánica.
3	Depósito de aceite	Almacenar el aceite.
4	Filtro de aire	Eliminar impurezas o partículas del ambiente.
5	Regulador de Presión	Regular la presión en el interior del compresor.
6	Radiador de aceite	Mantener el aceite a una temperatura constante.
7	Panel de control electrónico	Controlar los parámetros de funcionamiento del compresor.
8	Juntas Anti-vibraciones	Aislar las vibraciones que son ocasionadas por la unidad de compresión.
9	Unidad de compresión	Incrementar la presión en el interior del tanque.
10	Ventilador	Enfriar el interior del compresor.

<b>Nº</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>
11	Tensor automático	Mantener una tensión constante en la correa de transmisión.
12	Depósito desengrasador	Separar y almacenar las grasas del compresor.
13	Filtro de aceite	Proteger de las impurezas al sistema de lubricación.
14	Correa de transmisión	Transmitir el movimiento desde la rueda motriz.
15	Radiador de aire	Mantener el aire a una temperatura constante.
16	Pulsador de reset de la protección térmica del aceite	Restablecer la protección térmica del aceite del compresor.
17	Pulsador de reset de la protección térmica del motor	Restablecer la protección térmica del motor del compresor.
18	Pulsador de restablecimiento térmico de la electroválvula	Restablecer la protección térmica de la electroválvula del compresor.
19	Pantalla led	Desplegar datos o información.
20	Botón de encendido	Activar el compresor.
21	Parada de emergencia	Interrumpir el flujo de corriente de manera inmediata.
22	Tuberías	Distribuir el aire a los diferentes puestos de trabajo
23	Cojinetes	Reducir la fricción entre dos elementos en contacto.
24	Cables de conexión	Conducir la energía entre los componentes de la máquina.
25	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.



## Componentes Sustituibles

**Tabla 175.-** Componentes Sustituibles del Compresor.

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Filtro de Aire	1	Papel y algodón (200 x 150) mm
Filtro de Aceite	1	Cilíndrico de metal o plástico con interior de papel y espuma.
Tornillos de sujeción	150	Tornillos de 1/2 pulgada
Cables de conexión	4	Calibre 10
Botón de encendido	1	Material plástico o cerámico
Pantalla led	1	(1200 x 400) mm
Regulador de presión	1	Regulador de 200 psi
Tensor automático	1	Metálico con resortes extraíbles
Correa de transmisión	1	Trapezoidal de goma
Pulsador de reset de la protección térmica del aceite	1	Plástico o cerámico
Pulsador de reset de la protección térmica del motor	1	Plástico o cerámico
Pulsador de restablecimiento térmico de la electroválvula	1	Plástico o cerámico
Tuberías	5	Acero negro Schedule 40 Pesado
Cojinetes	3	Acero de 50 mm de diámetro
Cables de conexión	4	Calibre 10

## Instrucciones de Funcionamiento

- Verificar la instalación eléctrica se encuentre en buen estado.
- Verificar que los pernos se encuentren correctamente ajustados.
- Conectar el enchufe.
- Encender el compresor.
- Al encender el compresor por primera vez se lo debe dejar encendido por unos 10 minutos y con la salida del aire abierta.
- Cerrar la salida del aire.
- Controlar que compresor se detenga automáticamente cuando el tanque alcance su presión máxima.
- Regular la presión según las necesidades que la empresa requiera.
- Al terminar el día de trabajo se debe apagar el compresor y por seguridad se debe descargar completamente el tanque de aire comprimido.

### **Normas de Seguridad**

- La máquina debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- En caso de que se produzca un incendio en la máquina, se debe utilizar extintores de polvo.
- Prohibido ingerir alimentos o bebidas junto a la máquina.
- Prohibido subirse sobre la estructura de la máquina.
- Para realizar cualquier trabajo en el compresor, primero se la debe desconectar de la red eléctrica.
- En la máquina existen algunas partes que tienden a alcanzar temperaturas elevadas, así que hay que tener mucho cuidado con la manipulación de la misma.
- Prohibido manipular las partes que se encuentran en movimiento.
- Prohibido dirigir el aire proveniente del compresor hacia cualquier parte del cuerpo.
- Utilizar siempre las gafas y equipo de protección en general.
- Mantener fuera del alcance de los niños.
- Mantener limpia la rejilla de aspiración.
- Utilizar componentes de repuestos originales y no realizar modificaciones por ningún motivo.
- No colocar en superficies con inclinaciones mayores a 15°.

### **Instrucciones de mantenimiento**

**Tabla 176.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento del Compresor [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Reemplazo del Filtro de aire.					X	
Control de los cables de conexión.			X			
Control de la Correa de transmisión.				X		
Reemplazo del Filtro de aceite.					X	
Control de funcionamiento del ventilador.	X					
Control de funcionamiento del tensor automático.				X		
Control de accionamiento del botón de encendido.	X					
Control del pulsador de restablecimiento térmico de la electroválvula.				X		
Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.					X	
Control de funcionamiento del regulador de presión.	X					
Control de funcionamiento de la unidad de compresión.	X					

**Tabla 177.-** Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina				X		
Limpieza de los Filtros.		X				
Limpieza del ventilador.		X				
Limpieza del depósito desengrasador.		X				
Limpieza del Panel de control electrónico.		X				

**Tabla 178.-** Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura [16].

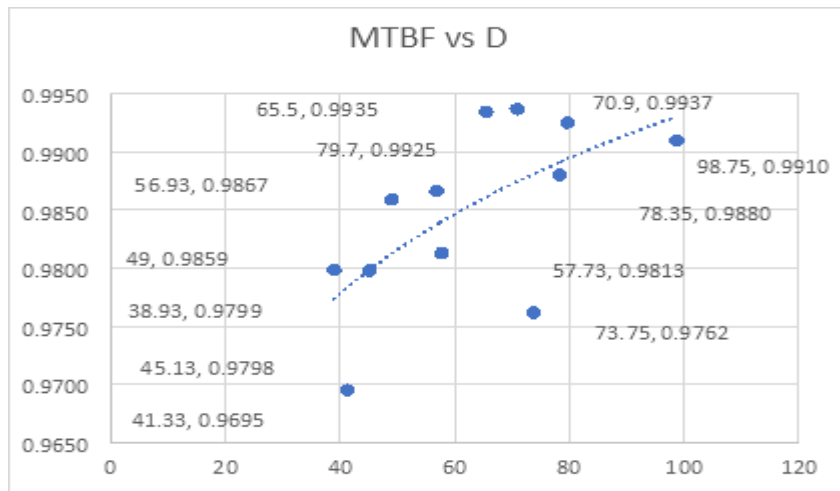
<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Cambio de Aceite					X	
Engrase de los Cojinetes				X		

**Estadístico de mantenimiento anual**

**Tabla 179.- Estadístico del Compresor.**

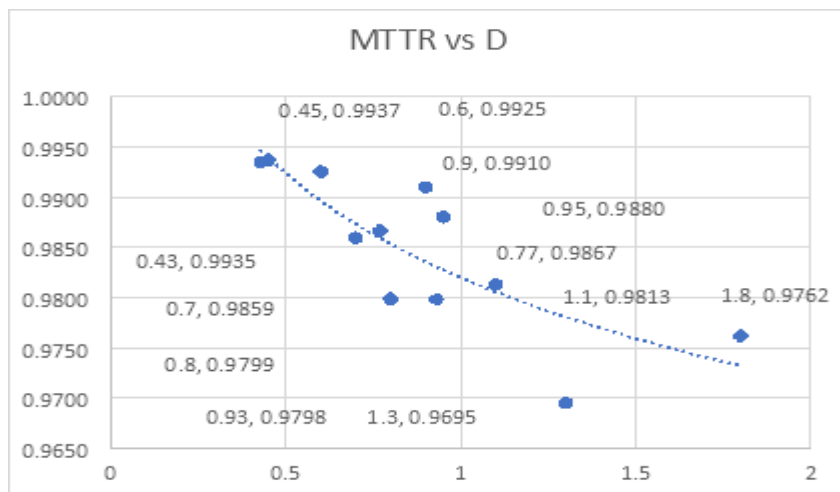
MÁQUINA	COMPRESOR										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
<b>ENERO</b>	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					38,93	0,0257	0,8	1,25	97,99%
	Control de accionamiento del botón de encendido.	7/1/2019	24	0,2	0,1	0,3					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,7	2	0,9	2,9					
	Control de los cables de conexión.	21/1/2019	61,1	0,2	0,1	0,3					
<b>FEBRERO</b>	limpieza de los filtros.	4/2/2019	63,7	1,7	0,7	2,4	45,13	0,0222	0,93	1,0753	97,98%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	11/2/2019	37,6	0,3	0,2	0,5					
	Control de funcionamiento del paro de emergencia.	18/2/2019	39,5	0,2	0,1	0,3					
	Limpieza del depósito desengrasador.	25/2/2019	39,7	1,5	0,8	2,3					
<b>MARZO</b>	Control de los cables de conexión.	4/3/2019	37,7	0,3	0,2	0,5	56,93	0,0176	0,77	1,2987	98,67%
	Reemplazo de la correa de transmisión.	20/3/2019	95,5	1,4	1	2,4					
	Limpieza del ventilador.	25/3/2019	37,6	0,6	0,4	1					
<b>ABRIL</b>	Control de funcionamiento del ventilador.	1/4/2019	31	0,2	0,1	0,3	41,33	0,0242	1,3	0,7692	96,95%
	Reemplazo de los cojinetes.	8/4/2019	39,7	1,7	1	2,7					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	53,3	2	0,9	2,9					
<b>MAYO</b>	Control de los cables de conexión.	6/5/2019	101,1	0,2	0,1	0,3	65,5	0,0153	0,43	2,3256	99,35%
	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	13/5/2019	39,7	0,2	0,1	0,3					

MÁQUINA	COMPRESOR										
HORAS DE TRABAJO	8										
	Reemplazo de los filtros.	24/5/2019	55,7	0,9	0,2	1,1					
JUNIO	Control de las tuberías.	3/6/2019	54,9	1	0,2	1,2	57,73	0,0173	1,1	0,9091	98,13%
	Limpieza del ventilador.	10/6/2019	38,8	0,4	0,1	0,5					
	Cambio de Aceite.	24/6/2019	79,5	1,9	0,3	2,2					
JULIO	Limpieza del panel de control electrónico	8/7/2019	77,8	0,2	0,1	0,3	98,75	0,0101	0,9	1,1111	99,10%
	Reemplazo del tensor automático	29/7/2019	119,7	1,6	1,2	2,8					
AGOSTO	limpieza de los filtros.	5/8/2019	37,2	1,3	0,4	1,7	49	0,0204	0,7	1,4286	98,59%
	Limpieza del ventilador.	23/8/2019	94,3	0,3	0,2	0,5					
	Reemplazo del filtro de aire.	26/8/2019	15,5	0,5	0,3	0,8					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,2	1,7	0,8	2,5	78,35	0,0128	0,95	1,0526	98,80%
	Control del funcionamiento del ventilador.	23/9/2019	101,5	0,2	0,1	0,3					
OCTUBRE	Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.	7/10/2019	79,7	0,2	0,1	0,3	79,7	0,0125	0,6	1,6667	99,25%
	Reemplazo del filtro de aceite	21/10/2019	79,7	1	0,5	1,5					
NOVIEMBRE	Reemplazo de los cojinetes.	8/11/2019	86,5	2,1	0,9	3	73,75	0,0136	1,8	0,5556	97,62%
	Reemplazo de la correa de transmisión.	18/11/2019	61	1,5	0,5	2					
DICIEMBRE	Engrase de los cojinetes.	9/12/2019	118	0,7	0,2	0,9	70,9	0,0141	0,45	2,2222	99,37%
	Control de los cables de conexión.	16/12/2019	39,1	0,2	0,2	0,4					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,6	2,4	0,5	2,9					
<b>TOTALES</b>			<b>1927</b>	<b>28,4</b>	<b>13</b>	<b>41,4</b>	<b>1927</b>	<b>0,001</b>	<b>28,4</b>	<b>0,035</b>	<b>98,55%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,08</b>	<b>0,93</b>	<b>0,41</b>	<b>1,34</b>	<b>60,08</b>	<b>0,017</b>	<b>0,93</b>	<b>1,075</b>	<b>98,48%</b>



**Figura 60.-** Gráfica MTBF vs D del Compresor.

En la figura 60 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9937 (MTBF= 70,9 h) y un mínimo de 0,9695 (MTBF= 41,33 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 98,75 h (D=0,9910) y el mínimo de 38,93 h (D=0,9799). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 61.-** Gráfica MTTR vs D del Compresor.

En la figura 61 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9937 (MTTR= 0,45 h) y un mínimo de 0,9695 (MTTR= 1,3 h), además se observa que el tiempo medio de reparación máximo es de 1,8 h (D=0,9762) y el mínimo de 0,43 h (D=0,9935). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.

**Matriz AMFE**

**Tabla 180.- Matriz AMFE del Compresor.**

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Sommar		<b>Fecha Rea:</b>	9/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Compresor		<b>Modelo:</b>	Mam 200		<b>Fecha Rev:</b>	10/5/2021		<b>De:</b>	1	
<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modo de fallo</b>	<b>Causa Raíz</b>	<b>Efecto</b>	<b>Valoraciones</b>				<b>Recomendaciones</b>
							<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>IPR</b>	
1	Estructura	Sujetar los componentes de la máquina.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la estructura	4	4	3	48	Recubrir con pintura las partes expuestas
2	Motor eléctrico	Convertir la energía eléctrica en energía mecánica.	No enciende el motor	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el motor	Atascamiento del motor	4	9	5	180	Limpiar adecuadamente el área de trabajo.
3	Depósito de aceite	Almacenar el aceite.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del depósito de aceite	2	5	2	20	Recubrir con pintura las partes expuestas.
4	Filtro de aire	Eliminar impurezas o partículas del ambiente.	No permite el paso del aire	Taponamiento	Impurezas incrustadas	Recalentamiento de la máquina	5	9	4	180	Limpiar periódicamente el filtro de aire.
5	Regulador de Presión	Regular la presión en el interior del compresor.	Deja circular el fluido sin control	Desajuste	Mala manipulación	No se puede regular el sistema	3	9	4	108	Llevar una manipulación adecuada del regulador.



Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Sommar		<b>Fecha Rea:</b>	9/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Compresor		<b>Modelo:</b>	Mam 200		<b>Fecha Rev:</b>	10/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
6	Radiador de aceite	Mantener el aceite a una temperatura constante.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del radiador	2	5	2	20	Recubrir con pintura las partes expuestas.
7	Panel de control electrónico	Controlar los parámetros de funcionamiento del compresor.	Rotura de los cables	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	6	6	108	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
8	Juntas Anti-vibraciones	Aislar las vibraciones que son ocasionadas por la unidad de compresión.	Rotura de la junta	Rotura	Desalineamiento	vibración excesiva en la máquina	3	5	4	60	Alinear correctamente la máquina.
9	Unidad de compresión	Incrementar la presión en el interior del tanque.	Pérdida de potencia	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	3	8	3	72	Verificar periódicamente el estado de los cables.
10	Ventilador	Enfriar el interior del compresor.	Rotura de las aspas	Rotura	Incrustación de objetos	Recalentamiento de la máquina	2	8	4	64	Mantener libre de objetos la parte donde se encuentra el ventilador.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Sommar		<b>Fecha Rea:</b>	9/5/2021			<b>Hoja N°:</b>	1
<b>Equipo:</b>	Compresor		<b>Modelo:</b>	Mam 200		<b>Fecha Rev:</b>	10/5/2021			<b>De:</b>	1
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
11	Tensor automático	Mantener una tensión constante en la correa de transmisión.	Atascamiento del tensor	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el interior del tensor	Parada del proceso	4	7	3	84	Limpiar adecuadamente la máquina.
12	Depósito desengrasador	Separar y almacenar las grasas del compresor.	Taponamiento del depósito	Taponamiento	Impurezas incrustadas en el desfogue	Parada del proceso	3	5	3	45	Limpiar adecuadamente el depósito.
13	Filtro de aceite	Proteger de las impurezas al sistema de lubricación.	No permite el paso del aceite	Taponamiento	Impurezas incrustadas en el interior	Recalentamiento de la máquina	3	6	4	72	Limpiar periódicamente el filtro de aceite.
14	Correa de transmisión	Transmitir el movimiento desde la rueda motriz.	Rotura de la correa	Rotura	Exceso de tensión	Parada del proceso	4	9	2	72	Tensar moderadamente la correa.
15	Radiador de aire	Mantener el aire a una temperatura constante.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del radiador	2	4	2	16	Recubrir con pintura las partes expuestas.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Sommar		<b>Fecha Rea:</b>	9/5/2021			<b>Hoja N°:</b>	1
<b>Equipo:</b>	Compresor		<b>Modelo:</b>	Mam 200		<b>Fecha Rev:</b>	10/5/2021			<b>De:</b>	1
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
16	Pulsador de reset de la protección térmica del aceite	Restablecer la protección térmica del aceite del compresor.	Rotura del pulsador	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	2	5	4	40	Utilizar una fuerza moderada en el pulsador.
17	Pulsador de reset de la protección térmica del motor	Restablecer la protección térmica del motor del compresor.	Rotura del pulsador	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	2	4	4	32	Utilizar una fuerza moderada en el pulsador.
18	Pulsador de restablecimiento térmico de la electroválvula	Restablecer la protección térmica de la electroválvula del compresor.	Rotura del pulsador	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	2	3	4	24	Utilizar una fuerza moderada en el pulsador.
19	Pantalla led	Desplegar datos o información.	No enciende la pantalla	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Desconocimiento de la información generada por la máquina	3	5	3	45	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
20	Botón encendido de	Activar el compresor.	Rotura del botón	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	5	6	3	90	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el botón.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Sommar		<b>Fecha Rea:</b>	9/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Compresor		<b>Modelo:</b>	Mam 200		<b>Fecha Rev:</b>	10/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
21	Parada de emergencia	Interrumpir el flujo de corriente de manera inmediata.	Atascamiento del botón	Atascamiento	Impurezas incrustadas en el interior del botón	Parada del proceso	3	5	2	30	Limpiar adecuadamente el botón de paro de emergencia.
22	Tuberías	Distribuir el aire a los diferentes puestos de trabajo	Pérdida de presión de aire	Desgaste	Corrosión	Rotura de la tubería	3	8	4	96	Recubrir con pintura las partes expuestas
23	Cojinetes	Reducir la fricción entre dos elementos en contacto.	Vibración de la máquina	Desgaste	Fricción	Desalineamiento del eje	3	6	4	72	Lubricar periódicamente los cojinetes.
24	Cables de conexión	Conducir la energía entre los componentes de la máquina.	Rotura de los cables	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	5	6	90	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
25	Tornillos de sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.	Oxidación de los tornillos	Desgaste	Corrosión	Inestabilidad en la estructura de la máquina	4	4	5	80	Limpieza adecuada de los tornillos para evitar la oxidación
PROMEDIO										69,9	

**Determinación de la Fiabilidad del Compresor mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.**

**Modelo Matemático de Weibull del Compresor.**

**Tabla 181.-** Datos estadísticos del Compresor.

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,7	3,4563
3	1	61,1	4,1125
4	1	63,7	4,1542
5	1	37,6	3,627
6	1	39,5	3,6763
7	1	39,7	3,6814
8	1	37,7	3,6297
9	1	95,5	4,5591
10	1	37,6	3,627
11	1	31,0	3,434
12	1	39,7	3,6814
13	1	53,3	3,9759
14	1	101,1	4,6161
15	1	39,7	3,6814
16	1	55,7	4,02
17	1	54,9	4,0055
18	1	38,8	3,6584
19	1	79,5	4,3758
20	1	77,8	4,3541
21	1	119,7	4,785
22	1	37,2	3,6163
23	1	94,3	4,5465
24	1	15,5	2,7408
25	1	55,2	4,011
26	1	101,5	4,6201
27	1	79,7	4,3783
28	1	79,7	4,3783
29	1	86,5	4,4601
30	1	61,0	4,1109
31	1	118,0	4,7707
32	1	39,1	3,6661
33	1	55,6	4,0182
	<b>33</b>		<b>131,6065</b>

**Tabla 182.-** Datos calculados del Compresor.

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) <sup>2</sup>
1	1	24,0	3,1781	0,6561
2	1	31,7	3,4563	0,2828
3	1	61,1	4,1125	0,0155
4	1	63,7	4,1542	0,0276
5	1	37,6	3,627	0,1304
6	1	39,5	3,6763	0,0972
7	1	39,7	3,6814	0,0941
8	1	37,7	3,6297	0,1285
9	1	95,5	4,5591	0,326
10	1	37,6	3,627	0,1304
11	1	31,0	3,434	0,307
12	1	39,7	3,6814	0,0941
13	1	53,3	3,9759	0,0001
14	1	101,1	4,6161	0,3944
15	1	39,7	3,6814	0,0941
16	1	55,7	4,02	0,0010
17	1	54,9	4,0055	0,0003
18	1	38,8	3,6584	0,1087
19	1	79,5	4,3758	0,1503
20	1	77,8	4,3541	0,134
21	1	119,7	4,785	0,635
22	1	37,2	3,6163	0,1382
23	1	94,3	4,5465	0,3118
24	1	15,5	2,7408	1,5558
25	1	55,2	4,011	0,0005
26	1	101,5	4,6201	0,3994
27	1	79,7	4,3783	0,1523
28	1	79,7	4,3783	0,1523
29	1	86,5	4,4601	0,2228
30	1	61,0	4,1109	0,0151
31	1	118,0	4,7707	0,6125
32	1	39,1	3,6661	0,1037
33	1	55,6	4,0182	0,0009
	<b>33</b>		<b>131,6065</b>	<b>7,4729</b>

**Tabla 183.-** Parámetros iniciales del Compresor.

<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	3,9881
<b>VARIANZA S<sup>2</sup></b>	1,7451
<b>DESVIASION S</b>	1,321
<b>BETTA β</b>	0,9709
<b>ALPHA α</b>	97,7683

Se procede a calcular la fiabilidad y la in fiabilidad de Weibull con la utilización de las ecuaciones siguientes.

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_0 - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

**Tabla 184.-** Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad del Compresor.

<b>COMPRESOR</b>								
<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>	<b>R(t)</b>	<b>R(t) %</b>	<b>F(t)</b>	<b>F(t) %</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6561	0,7903	79,03	0,2097	20,97
2	1	31,7	3,4563	0,2828	0,7309	73,09	0,2691	26,91
3	1	61,1	4,1125	0,0155	0,54	54	0,46	46
4	1	63,7	4,1542	0,0276	0,5256	52,56	0,4744	47,44
5	1	37,6	3,627	0,1304	0,6882	68,82	0,3118	31,18
6	1	39,5	3,6763	0,0972	0,6749	67,49	0,3251	32,51
7	1	39,7	3,6814	0,0941	0,6735	67,35	0,3265	32,65
8	1	37,7	3,6297	0,1285	0,6875	68,75	0,3125	31,25
9	1	95,5	4,5591	0,326	0,3768	37,68	0,6232	62,32
10	1	37,6	3,627	0,1304	0,6882	68,82	0,3118	31,18
11	1	31,0	3,434	0,307	0,7361	73,61	0,2639	26,39
12	1	39,7	3,6814	0,0941	0,6735	67,35	0,3265	32,65
13	1	53,3	3,9759	0,0001	0,5855	58,55	0,4145	41,45
14	1	101,1	4,6161	0,3944	0,3552	35,52	0,6448	64,48
15	1	39,7	3,6814	0,0941	0,6735	67,35	0,3265	32,65
16	1	55,7	4,02	0,0010	0,5711	57,11	0,4289	42,89
17	1	54,9	4,0055	0,0003	0,5759	57,59	0,4241	42,41
18	1	38,8	3,6584	0,1087	0,6798	67,98	0,3202	32,02
19	1	79,5	4,3758	0,1503	0,4457	44,57	0,5543	55,43
20	1	77,8	4,3541	0,134	0,4537	45,37	0,5463	54,63
21	1	119,7	4,785	0,635	0,2918	29,18	0,7082	70,82
22	1	37,2	3,6163	0,1382	0,691	69,1	0,309	30,9
23	1	94,3	4,5465	0,3118	0,3816	38,16	0,6184	61,84
24	1	15,5	2,7408	1,5558	0,8607	86,07	0,1393	13,93
25	1	55,2	4,011	0,0005	0,5741	57,41	0,4259	42,59
26	1	101,5	4,6201	0,3994	0,3537	35,37	0,6463	64,63
27	1	79,7	4,3783	0,1523	0,4448	44,48	0,5552	55,52
28	1	79,7	4,3783	0,1523	0,4448	44,48	0,5552	55,52
29	1	86,5	4,4601	0,2228	0,4142	41,42	0,5858	58,58
30	1	61,0	4,1109	0,0151	0,5406	54,06	0,4594	45,94
31	1	118,0	4,7707	0,6125	0,2971	29,71	0,7029	70,29
32	1	39,1	3,6661	0,1037	0,6777	67,77	0,3223	32,23

COMPRESOR								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
33	1	55,6	4,0182	0,0009	0,5717	57,17	0,4283	42,83
	<b>33</b>		<b>131,6065</b>	<b>7,4729</b>				

Con los datos calculados se procede a realizar la gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación y también la gráfica de infiabilidad vs tiempo de operación.

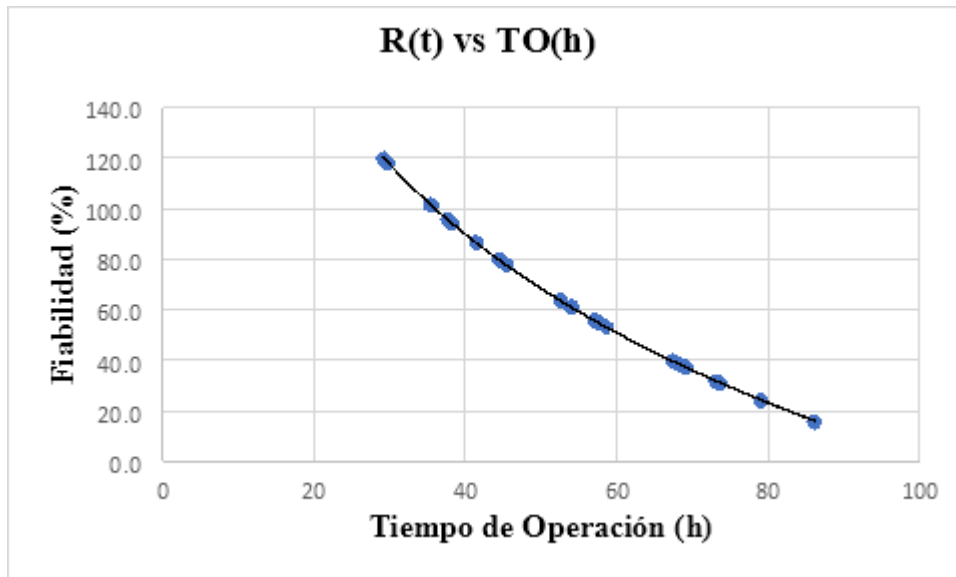


Figura 62.- Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación del Compresor.

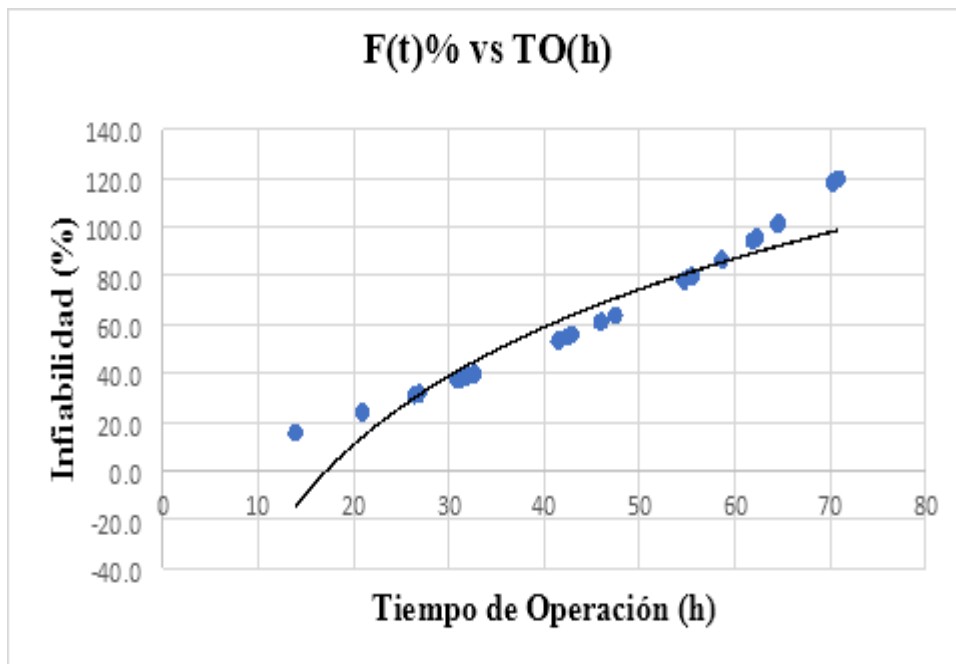


Figura 63.- Gráfica infiabilidad vs tiempo de operación del Compresor.



**Modelo Gráfico de Weibull del Compresor.**

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

**Tabla 185.-** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
1	15,5	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	31	0,0808	8,08
4	31,7	0,1108	11,08
5	37,2	0,1407	14,07
6	37,6	0,1707	17,07
7	37,6	0,2006	20,06
8	37,7	0,2305	23,05
9	38,8	0,2605	26,05
10	39,1	0,2904	29,04
11	39,5	0,3204	32,04
12	39,7	0,3503	35,03
13	39,7	0,3802	38,02
14	39,7	0,4102	41,02
15	53,3	0,4401	44,01
16	54,9	0,4701	47,01
17	55,2	0,50	50
18	55,6	0,5299	52,99
19	55,7	0,5599	55,99
20	61	0,5898	58,98
21	61,1	0,6198	61,98
22	63,7	0,6497	64,97
23	77,8	0,6796	67,96
24	79,5	0,7096	70,96
25	79,7	0,7395	73,95
26	79,7	0,7695	76,95
27	86,5	0,7994	79,94
28	94,3	0,8293	82,93
29	95,5	0,8593	85,93
30	101,1	0,8892	88,92
31	101,5	0,9192	91,92
32	118	0,9491	94,91
33	119,7	0,979	97,9

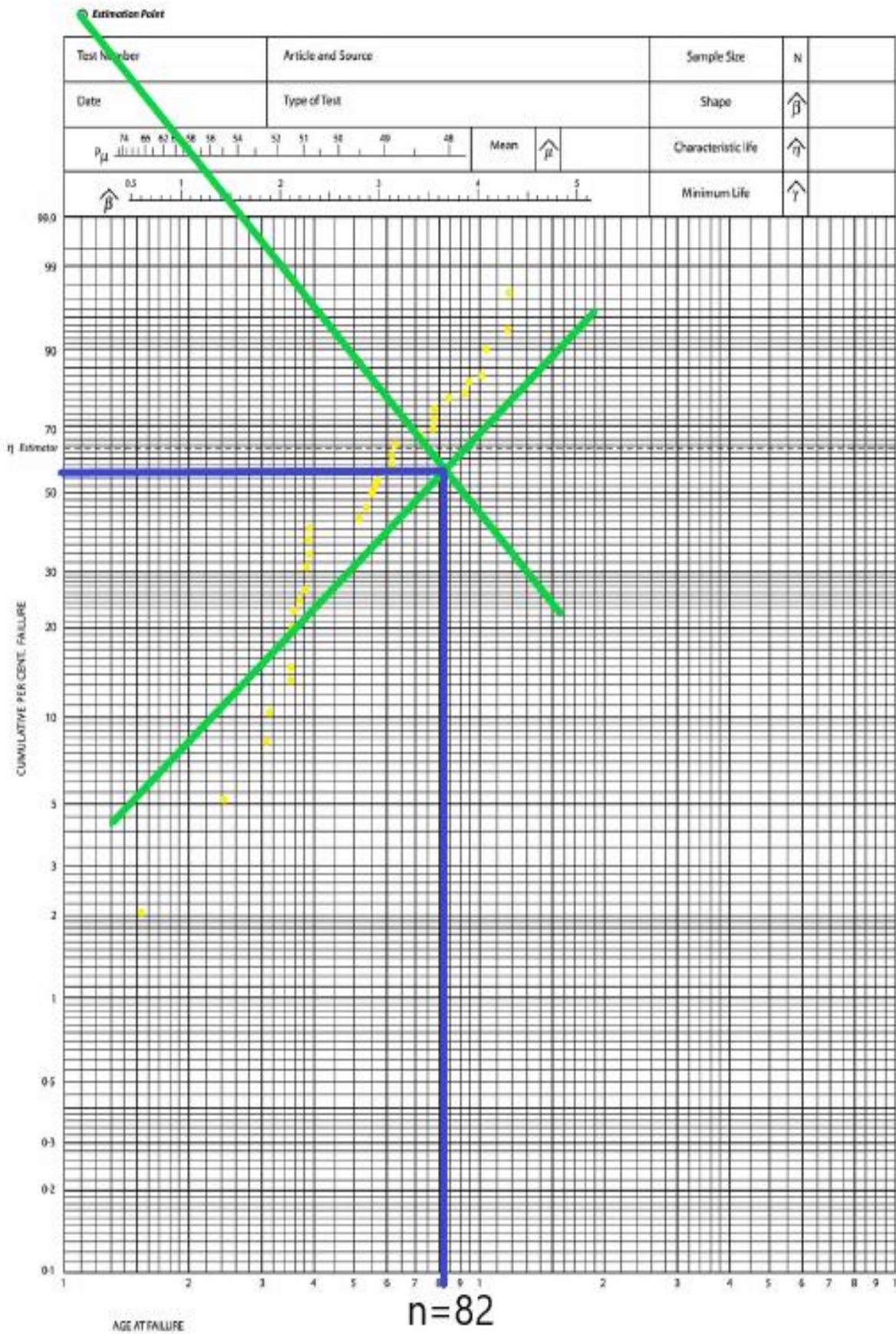


Figura 64.- Papel de Weibull del Compresor.

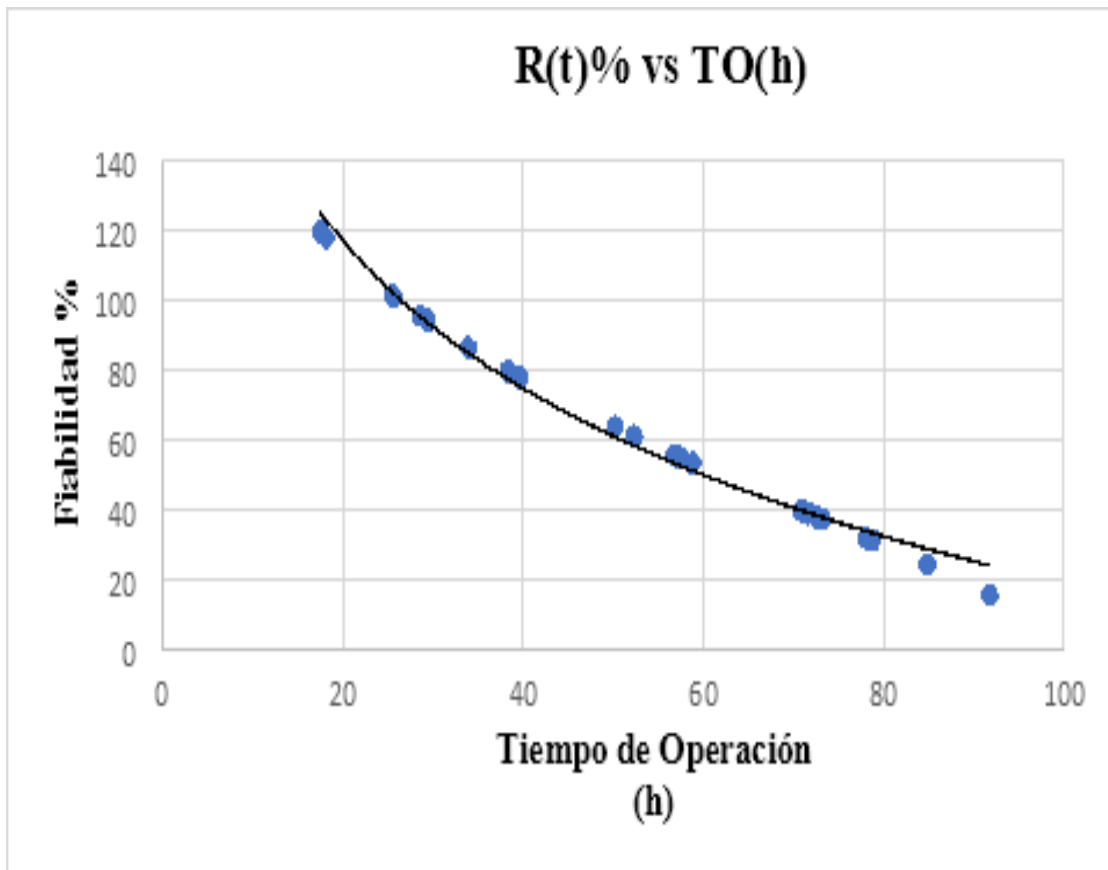
**Tabla 186.-** Parámetros del Compresor.

$P\mu$	58
$\beta$	1,47
n	82

**Tabla 187.-** Fiabilidad de Weibull del Compresor, por el método gráfico

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>	<b>R (t)</b>	<b>R (t) (%)</b>
1	15,5	0,021	2,1	0,9172	91,72
2	24	0,0509	5,09	0,8485	84,85
3	31	0,0808	8,08	0,7872	78,72
4	31,7	0,1108	11,08	0,7809	78,09
5	37,2	0,1407	14,07	0,7313	73,13
6	37,6	0,1707	17,07	0,7277	72,77
7	37,6	0,2006	20,06	0,7277	72,77
8	37,7	0,2305	23,05	0,7268	72,68
9	38,8	0,2605	26,05	0,7169	71,69
10	39,1	0,2904	29,04	0,7142	71,42
11	39,5	0,3204	32,04	0,7105	71,05
12	39,7	0,3503	35,03	0,7087	70,87
13	39,7	0,3802	38,02	0,7087	70,87
14	39,7	0,4102	41,02	0,7087	70,87
15	53,3	0,4401	44,01	0,5881	58,81
16	54,9	0,4701	47,01	0,5744	57,44
17	55,2	0,50	50	0,5718	57,18
18	55,6	0,5299	52,99	0,5684	56,84
19	55,7	0,5599	55,99	0,5676	56,76
20	61	0,5898	58,98	0,5234	52,34
21	61,1	0,6198	61,98	0,5226	52,26
22	63,7	0,6497	64,97	0,5016	50,16
23	77,8	0,6796	67,96	0,3963	39,63
24	79,5	0,7096	70,96	0,3846	38,46

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
25	79,7	0,7395	73,95	0,3833	38,33
26	79,7	0,7695	76,95	0,3833	38,33
27	86,5	0,7994	79,94	0,339	33,9
28	94,3	0,8293	82,93	0,2929	29,29
29	95,5	0,8593	85,93	0,2862	28,62
30	101,1	0,8892	88,92	0,2565	25,65
31	101,5	0,9192	91,92	0,2545	25,45
32	118	0,9491	94,91	0,1813	18,13
33	119,7	0,979	97,9	0,1749	17,49



**Figura 65.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación del Compresor.

Gamas de Mantenimiento

Tabla 188.- Gama de mantenimiento del Compresor correspondiente al mes de Enero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																														
			Vie	Do	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom			
			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
COMPRESOR	PREVENTIVO	Reemplazo del Filtro de aire.																															
		Control de los cables de conexión.																															
		Control de la Correa de transmisión.																															
		Reemplazo del Filtro de aceite.																															
		Control de funcionamiento del ventilador.																															
		Control de funcionamiento del tensor automático.																															
		Control de accionamiento del botón de encendido.																															
		Control del pulsador de restablecimiento térmico de la electroválvula.																															
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																															
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																															
		Control de funcionamiento de la unidad de compresión.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza de los Filtros.																															
		Limpieza del ventilador.																															
		Limpieza del depósito desengrasador.																															
		Limpieza del Panel de control electrónico.																															
		Cambio de Aceite																															
		Engrase de los Cojinetes																															
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Inspección por medio de Ultrasonido.																															
		Análisis de Lubricantes.																															
		Análisis de Vibraciones.																															
		Análisis de Presión.																															
		Análisis de Temperatura.																															
		Análisis Termográfico.																															
		Análisis de Impulsos de choque.																															

Tabla 189.- Gama de mantenimiento del Compresor correspondiente al mes de Febrero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																												
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	
			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	
COMPRESOR	PREVENTIVO	Reemplazo del Filtro de aire.																													
		Control de los cables de conexión.																													
		Control de la Correa de transmisión.																													
		Reemplazo del Filtro de aceite.																													
		Control de funcionamiento del ventilador.																													
		Control de funcionamiento del tensor automático.																													
		Control de accionamiento del botón de encendido.																													
		Control del pulsador de restablecimiento térmico de la electroválvula.																													
		Control del nivel de oxidación de los tornillos de sujeción.																													
		Control de funcionamiento del regulador de presión.																													
		Control de funcionamiento de la unidad de compresión.																													
		Limpieza general de la máquina																													
		Limpieza de los Filtros.																													
		Limpieza del ventilador.																													
		Limpieza del depósito desengrasador.																													
		Limpieza del Panel de control electrónico.																													
		Cambio de Aceite																													
		Engrase de los Cojinetes																													
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																													
		Inspección por medio de Ultrasonido.																													
		Análisis de Lubricantes.																													
		Análisis de Vibraciones.																													
		Análisis de Presión.																													
		Análisis de Temperatura.																													
		Análisis Termográfico.																													
		Análisis de Impulsos de choque.																													













### 3.1.13. Lámpara de Secado de Pintura

Tabla 200.- Ficha técnica de la Lámpara de Secado de Pintura

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA	X	EQUIPO	HERRAMIENTA
			
		<b>CÓDIGO:</b>	LP01, LP02
		LAMPARA DE SECADO DE PINTURA	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>MARCA:</b>	Infratech	<b>POTENCIA:</b>	1500 W
<b>MODELO:</b>	Sru 1615	<b>ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA:</b>	110 V
<b>AÑO:</b>	2013	<b>ÁREA DE COBERTURA:</b>	(2 X 3) m
<b>PROCEDENCIA:</b>	Americana	<b>ALTURA MÁXIMA:</b>	1,80 m
<b>TIPO:</b>	Móvil	<b>DIMENSIONES:</b>	(210 x 229 x 210) mm
COMPONENTES			
Estructura		Tarjeta electrónica	
Reflector		Botón de encendido	
Cable de alimentación eléctrica		Resortes	
Tubos de luz ultravioleta		Panel de control electrónico	
Pernos de Sujeción			
<p><b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para proporcionar secado de partes o piezas de adentro hacia afuera mediante radiación infrarroja, con la finalidad de reducir los tiempos y mejorar la calidad en el trabajo.</p>			
<p><b>OBSERVACIONES:</b> La presente ficha técnica hace mención a dos Lámparas de Secado de Pintura con sus respectivos códigos LP01 y LP02, ya que son de la misma marca, modelo y presentan las mismas características. La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se lo puede observar en el anexo X.</p>			

## Características de la Máquina

- Potencia: 1500 W
- Alimentación eléctrica: 110 V
- Área de cobertura: (2 X 3) m
- Altura máxima: 1,80 m
- Dimensiones: (210 x 229 x 210) mm

## Condiciones de Servicio

- Temperatura ambiental: (0 - 45) °C
- Tipo de instalación: Móvil
- Tiempo de Funcionamiento: 4 horas
- Número de operadores requeridos: 1

## Componentes

**Tabla 180.-** Componentes de la Lámpara de Secado de Pintura.

N°	Componente	Función
1	Estructura	Sujetar los componentes de la máquina.
2	Reflector	Reflejar la luz ultravioleta.
3	Tubos de luz ultravioleta	Absorber la radiación y convertirla en luz visible y calorífica.
4	Cable de alimentación eléctrica	Permite el paso de la energía entre los componentes de la máquina.
5	Tarjeta electrónica	Controlar las funciones de la máquina.
6	Botón de encendido	Activar o desactivar la lámpara de secado de pintura.
7	Resortes	Distribuir y compensar las fuerzas que actúan sobre los mismos.
8	Panel de control electrónico	Controlar los parámetros de funcionamiento de la lámpara de secado de pintura.
9	Pernos de Sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.

## Componentes Sustituibles

**Tabla 181.-** Componentes Sustituibles de la Lámpara de Secado de Pintura.

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Pernos de sujeción	10	Pernos de 2 pulgadas
Cables de conexión	5	Calibre 10
Botón de encendido	1	Material plástico o cerámico
Resortes	2	Resortes para Tracción y Compresión
Tubos de luz ultravioleta	2	Tubos de 1 pulgada de diámetro

## Instrucciones de Funcionamiento

- Verificar la instalación eléctrica se encuentre en buen estado.
- Verificar que los pernos se encuentren correctamente ajustados.
- Conectar el enchufe.
- Encender la lámpara de secado de pintura
- Ajustar la temperatura requerida.
- Colocar el reflector a una distancia del área a calentar de entre (18 a 30) pulgadas, según convenga.
- Esperar un tiempo de (6 a 40) minutos, según el tipo de pintura o recubrimiento a curar.
- Apagar la máquina luego de que el curado se ha completado

## Normas de Seguridad

- La máquina debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- En caso de que se produzca un incendio en la máquina, se debe utilizar extintores de polvo.
- Prohibido ingerir alimentos o bebidas junto a la máquina.
- Para realizar cualquier trabajo en la lámpara de secado de pintura, primero se la debe desconectar de la red eléctrica.
- En la máquina existen algunas partes que tienden a alcanzar temperaturas elevadas, así que hay que tener mucho cuidado con la manipulación de la misma.
- Prohibido manipular las partes de la máquina cuando ésta se encuentra encendida.

- Utilizar siempre el equipo de protección personal.
- Mantener fuera del alcance de los niños.
- Utilizar componentes de repuestos originales y no realizar modificaciones por ningún motivo.
- Tener cuidado con este equipo ya que es muy potente, puede derretir el plástico en pocos minutos.
- No usar en presencia de productos inflamables.
- Usar siempre con una fuente de alimentación que esté conectada a tierra.

### Instrucciones de mantenimiento

**Tabla 182.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Lámpara de secado de Pintura [16].

Operaciones de Mantenimiento	Diaria	Semanal	Quincenal	Mensual	Semestral	Anual
Control del cable de alimentación eléctrica.		X				
Reemplazo de tubos de luz ultravioleta.						X
Control de funcionamiento de la tarjeta electrónica.		X				
Control de accionamiento del botón de encendido.	X					
Control de funcionamiento de los resortes.				X		
Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.					X	

**Tabla 183.-** Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura [16].

Operaciones de Limpieza	Diaria	Semanal	Quincenal	Mensual	Semestral	Anual
Limpieza general de la maquina				X		
Limpieza de Tubos de luz ultravioleta.		X				
Limpieza del reflector.		X				

**Tabla 184.-** Frecuencias de Operaciones de la Cabina de Pintura [16].

Operaciones de Lubricación	Diaria	Semanal	Quincenal	Mensual	Semestral	Anual
Engrase de los resortes					X	

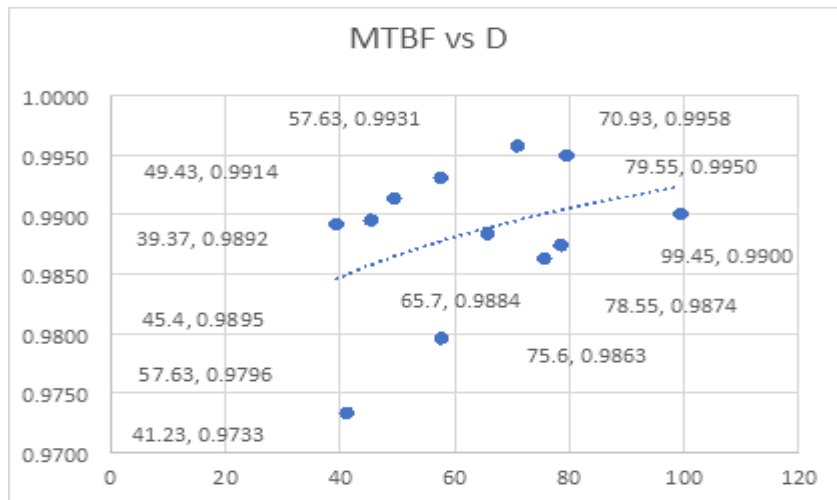
## Estadístico de Mantenimiento Anual

**Tabla 185.-** Estadístico de la Lámpara de Secado de Pintura.

MÁQUINA	LAMPARA DE SECADO DE PINTURA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
<b>ENERO</b>	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					39,37	0,0254	0,43	2,3256	98,92%
	Control de accionamiento del botón de encendido.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,8	1,1	0,6	1,7					
	Control del cable de alimentación eléctrica.	21/1/2019	62,3	0,1	0,1	0,2					
<b>FEBRERO</b>	limpieza de los tubos de luz ultravioleta.	4/2/2019	63,8	0,7	0,3	1	45,4	0,022	0,48	2,0833	98,95%
	Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.	11/2/2019	39	0,4	0,2	0,6					
	Control de funcionamiento de la tarjeta electrónica.	18/2/2019	39,4	0,5	0,1	0,6					
	Control de funcionamiento de los resortes.	25/2/2019	39,4	0,3	0,1	0,4					
<b>MARZO</b>	Control del cable de alimentación eléctrica.	4/3/2019	39,6	0,1	0,1	0,2	57,63	0,0174	1,2	0,8333	97,96%
	Reemplazo del reflector.	20/3/2019	95,8	1,7	0,8	2,5					
	Limpieza general de la máquina	25/3/2019	37,5	1,8	0,4	2,2					
<b>ABRIL</b>	Reemplazo de los resortes.	1/4/2019	29,8	0,9	0,3	1,2	41,23	0,0243	1,13	0,885	97,33%
	Reemplazo del botón de encendido.	8/4/2019	38,8	0,7	0,2	0,9					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	55,1	1,8	0,4	2,2					
<b>MAYO</b>	Control del cable de alimentación eléctrica.	6/5/2019	101,8	0,2	0,1	0,3	65,7	0,0152	0,77	1,2987	98,84%
	Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.	13/5/2019	39,7	0,3	0,1	0,4					
	Limpieza general de la máquina.	24/5/2019	55,6	1,8	0,4	2,2					

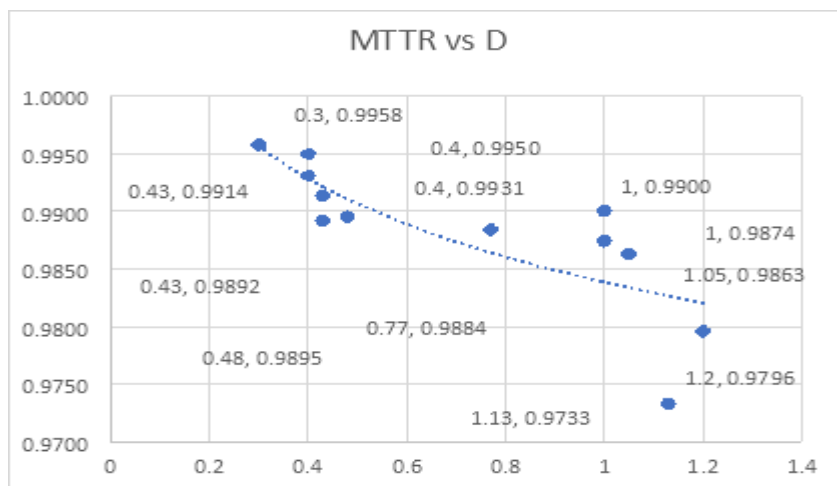
MÁQUINA	LAMPARA DE SECADO DE PINTURA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
JUNIO	Control de funcionamiento de los resortes.	3/6/2019	53,8	0,4	0,2	0,6	57,63	0,0174	0,4	2,5	99,31%
	Control del cable de alimentación eléctrica.	10/6/2019	39,4	0,2	0,1	0,3					
	Control de funcionamiento de la tarjeta electrónica.	24/6/2019	79,7	0,6	0,2	0,8					
JULIO	Control del cable de alimentación eléctrica.	8/7/2019	79,2	0,2	0,1	0,3	99,45	0,0101	1	1	99,00%
	Limpieza general de la máquina.	29/7/2019	119,7	1,8	0,4	2,2					
AGOSTO	Control de funcionamiento de los resortes.	5/8/2019	37,8	0,6	0,4	1	49,43	0,0202	0,43	2,3256	99,14%
	Control de accionamiento del botón de encendido.	23/8/2019	95	0,3	0,2	0,5					
	Control del cable de alimentación eléctrica.	26/8/2019	15,5	0,4	0,3	0,7					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,3	1,8	0,4	2,2	78,55	0,0127	1	1	98,74%
	Control del cable de alimentación eléctrica.	23/9/2019	101,8	0,2	0,1	0,3					
OCTUBRE	Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.	7/10/2019	79,7	0,5	0,1	0,6	79,55	0,0126	0,4	2,5	99,50%
	Control de accionamiento del botón de encendido.	21/10/2019	79,4	0,3	0,1	0,4					
NOVIEMBRE	Control del cable de alimentación eléctrica.	8/11/2019	87,6	0,3	0,1	0,4	75,6	0,0132	1,05	0,9524	98,63%
	Limpieza general de la máquina.	18/11/2019	63,6	1,8	0,4	2,2					
DICIEMBRE	Control del cable de alimentación eléctrica.	9/12/2019	117,8	0,4	0,2	0,6	70,93	0,0141	0,3	3,3333	99,58%
	Control de accionamiento del botón de encendido.	16/12/2019	39,4	0,2	0,2	0,4					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,6	1,8	0,4	2,2					
<b>TOTALES</b>			<b>1938,1</b>	<b>22,5</b>	<b>7,8</b>	<b>30,3</b>	<b>1938,1</b>	<b>0,001</b>	<b>22,5</b>	<b>0,044</b>	<b>98,85%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,42</b>	<b>0,74</b>	<b>0,25</b>	<b>0,98</b>	<b>60,42</b>	<b>0,017</b>	<b>0,74</b>	<b>1,351</b>	<b>98,79%</b>





**Figura 66.-** Gráfica MTBF vs D de la Lámpara de Secado de Pintura.

En la figura 66 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9958 (MTBF= 70,93 h) y un mínimo de 0,9733 (MTBF= 41,23 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 99,45 h (D=0,9900) y el mínimo de 39,37 h (D=0,9892). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 67.-** Gráfica MTTR vs D de la Lámpara de Secado de Pintura.

En la figura 67 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9958 (MTTR= 0,3 h) y un mínimo de 0,9733 (MTTR= 1,13 h), además se observa que el tiempo medio de reparación máximo es de 1,2 h (D=0,9796) y el mínimo de 0,3 h (D=0,9958). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.

**Matriz AMFE**

**Tabla 186.-** Matriz AMFE de la Lámpara de Secado de Pintura.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Infratech		<b>Fecha Rea:</b>	9/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Lámpara de Secado de Pintura		<b>Modelo:</b>	Sru 1615		<b>Fecha Rev:</b>	10/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Estructura	Sujetar los componentes de la máquina.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la estructura	4	4	3	48	Recubrir con pintura las partes expuestas
2	Reflector	Reflejar la luz ultravioleta.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del reflector	3	5	3	45	Recubrir con pintura las partes expuestas
3	Tubos de luz ultravioleta	Absorber la radiación y convertirla en luz visible y calorífica.	El tubo no enciende	Cortocircuito	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	4	9	3	108	Verificar periódicamente el estado de los cables.
4	Cable de alimentación eléctrica	Permite el paso de la energía entre los componentes de la máquina.	Rotura del cable	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	8	4	128	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
5	Tarjeta electrónica	Controlar las funciones de la máquina.	Rotura de las líneas de conexión	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	7	7	147	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Infratech		<b>Fecha Rea:</b>	9/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Lámpara de Secado de Pintura		<b>Modelo:</b>	Sru 1615		<b>Fecha Rev:</b>	10/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
6	Botón de encendido	Activar o desactivar la lámpara de secado de pintura.	Rotura del botón	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	2	5	3	30	Utilizar una fuerza moderada para pulsar el botón.
7	Resortes	Distribuir y compensar las fuerzas que actúan sobre los mismos.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de los resortes	3	3	3	27	Recubrir con grasa las partes expuestas
8	Panel de control electrónico	Controlar los parámetros de funcionamiento de la lámpara de secado de pintura.	Rotura de los cables	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	3	8	5	120	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.
9	Pernos de Sujeción	Fijar todos los componentes de la estructura de la máquina.	Oxidación de los pernos	Desgaste	Corrosión	Inestabilidad en la estructura de la máquina	3	4	4	48	Limpieza adecuada de los pernos para evitar la oxidación
PROMEDIO										77,9	

**Determinación de la Fiabilidad de la Lámpara de Secado de Pintura mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.**

**Modelo Matemático de la Lámpara de Secado de Pintura.**

**Tabla 187.-** Datos estadísticos de la Lámpara de Secado de Pintura.

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	62,3	4,132
4	1	63,8	4,1558
5	1	39,0	3,6636
6	1	39,4	3,6738
7	1	39,4	3,6738
8	1	39,6	3,6788
9	1	95,8	4,5623
10	1	37,5	3,6243
11	1	29,8	3,3945
12	1	38,8	3,6584
13	1	55,1	4,0091
14	1	101,8	4,623
15	1	39,7	3,6814
16	1	55,6	4,0182
17	1	53,8	3,9853
18	1	39,4	3,6738
19	1	79,7	4,3783
20	1	79,2	4,372
21	1	119,7	4,785
22	1	37,8	3,6323
23	1	95,0	4,5539
24	1	15,5	2,7408
25	1	55,3	4,0128
26	1	101,8	4,623
27	1	79,7	4,3783
28	1	79,4	4,3745
29	1	87,6	4,4728
30	1	63,6	4,1526
31	1	117,8	4,769
32	1	39,4	3,6738
33	1	55,6	4,0182
<b>33</b>			<b>131,783</b>

**Tabla 188.-** Datos calculados de la Lámpara de Secado de Pintura.

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2
1	1	24,0	3,1781	0,6647
2	1	31,8	3,4595	0,285
3	1	62,3	4,132	0,0192
4	1	63,8	4,1558	0,0264
5	1	39,0	3,6636	0,1088
6	1	39,4	3,6738	0,1021
7	1	39,4	3,6738	0,1021
8	1	39,6	3,6788	0,099
9	1	95,8	4,5623	0,3236
10	1	37,5	3,6243	0,1362
11	1	29,8	3,3945	0,3587
12	1	38,8	3,6584	0,1122
13	1	55,1	4,0091	0,0002
14	1	101,8	4,623	0,3964
15	1	39,7	3,6814	0,0973
16	1	55,6	4,0182	0,0006
17	1	53,8	3,9853	0,0001
18	1	39,4	3,6738	0,1021
19	1	79,7	4,3783	0,1481
20	1	79,2	4,372	0,1433
21	1	119,7	4,785	0,6266
22	1	37,8	3,6323	0,1304
23	1	95,0	4,5539	0,3142
24	1	15,5	2,7408	1,569
25	1	55,3	4,0128	0,0004
26	1	101,8	4,623	0,3964
27	1	79,7	4,3783	0,1481
28	1	79,4	4,3745	0,1452
29	1	87,6	4,4728	0,2298
30	1	63,6	4,1526	0,0253
31	1	117,8	4,769	0,6016
32	1	39,4	3,6738	0,1021
33	1	55,6	4,0182	0,0006
	<b>33</b>		<b>131,783</b>	<b>7,5158</b>

**Tabla 189.-** Parámetros iniciales de la Lámpara de Secado de Pintura.

<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	3,9934
<b>VARIANZA S^2</b>	1,7652
<b>DESVIASION S</b>	1,3286
<b>BETTA β</b>	0,9653
<b>ALPHA α</b>	98,6274

Se procede a calcular la fiabilidad y la in fiabilidad de Weibull con la utilización de las ecuaciones siguientes.

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_0 - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

**Tabla 190.-** Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Lámpara de Secado de Pintura.

<b>LAMPARA DE SECADO DE PINTURA</b>								
<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>	<b>R(t)</b>	<b>R(t) %</b>	<b>F(t)</b>	<b>F(t) %</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6647	0,7935	79,35	0,2065	20,65
2	1	31,8	3,4595	0,285	0,7338	73,38	0,2662	26,62
3	1	62,3	4,132	0,0192	0,5372	53,72	0,4628	46,28
4	1	63,8	4,1558	0,0264	0,529	52,9	0,471	47,1
5	1	39,0	3,6636	0,1088	0,6822	68,22	0,3178	31,78
6	1	39,4	3,6738	0,1021	0,6794	67,94	0,3206	32,06
7	1	39,4	3,6738	0,1021	0,6794	67,94	0,3206	32,06
8	1	39,6	3,6788	0,099	0,678	67,8	0,322	32,2
9	1	95,8	4,5623	0,3236	0,379	37,9	0,621	62,1
10	1	37,5	3,6243	0,1362	0,6927	69,27	0,3073	30,73
11	1	29,8	3,3945	0,3587	0,7487	74,87	0,2513	25,13
12	1	38,8	3,6584	0,1122	0,6836	68,36	0,3164	31,64
13	1	55,1	4,0091	0,0002	0,5786	57,86	0,4214	42,14
14	1	101,8	4,623	0,3964	0,3558	35,58	0,6442	64,42
15	1	39,7	3,6814	0,0973	0,6773	67,73	0,3227	32,27
16	1	55,6	4,0182	0,0006	0,5757	57,57	0,4243	42,43
17	1	53,8	3,9853	0,0001	0,5864	58,64	0,4136	41,36
18	1	39,4	3,6738	0,1021	0,6794	67,94	0,3206	32,06
19	1	79,7	4,3783	0,1481	0,4485	44,85	0,5515	55,15
20	1	79,2	4,372	0,1433	0,4508	45,08	0,5492	54,92
21	1	119,7	4,785	0,6266	0,2946	29,46	0,7054	70,54
22	1	37,8	3,6323	0,1304	0,6905	69,05	0,3095	30,95
23	1	95,0	4,5539	0,3142	0,3822	38,22	0,6178	61,78
24	1	15,5	2,7408	1,569	0,8633	86,33	0,1367	13,67
25	1	55,3	4,0128	0,0004	0,5774	57,74	0,4226	42,26
26	1	101,8	4,623	0,3964	0,3558	35,58	0,6442	64,42
27	1	79,7	4,3783	0,1481	0,4485	44,85	0,5515	55,15
28	1	79,4	4,3745	0,1452	0,4499	44,99	0,5501	55,01
29	1	87,6	4,4728	0,2298	0,413	41,3	0,587	58,7
30	1	63,6	4,1526	0,0253	0,5301	53,01	0,4699	46,99
31	1	117,8	4,769	0,6016	0,3006	30,06	0,6994	69,94
32	1	39,4	3,6738	0,1021	0,6794	67,94	0,3206	32,06

LAMPARA DE SECADO DE PINTURA								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
33	1	55,6	4,0182	0,0006	0,5757	57,57	0,4243	42,43
	<b>33</b>		<b>131,783</b>	<b>7,5158</b>				

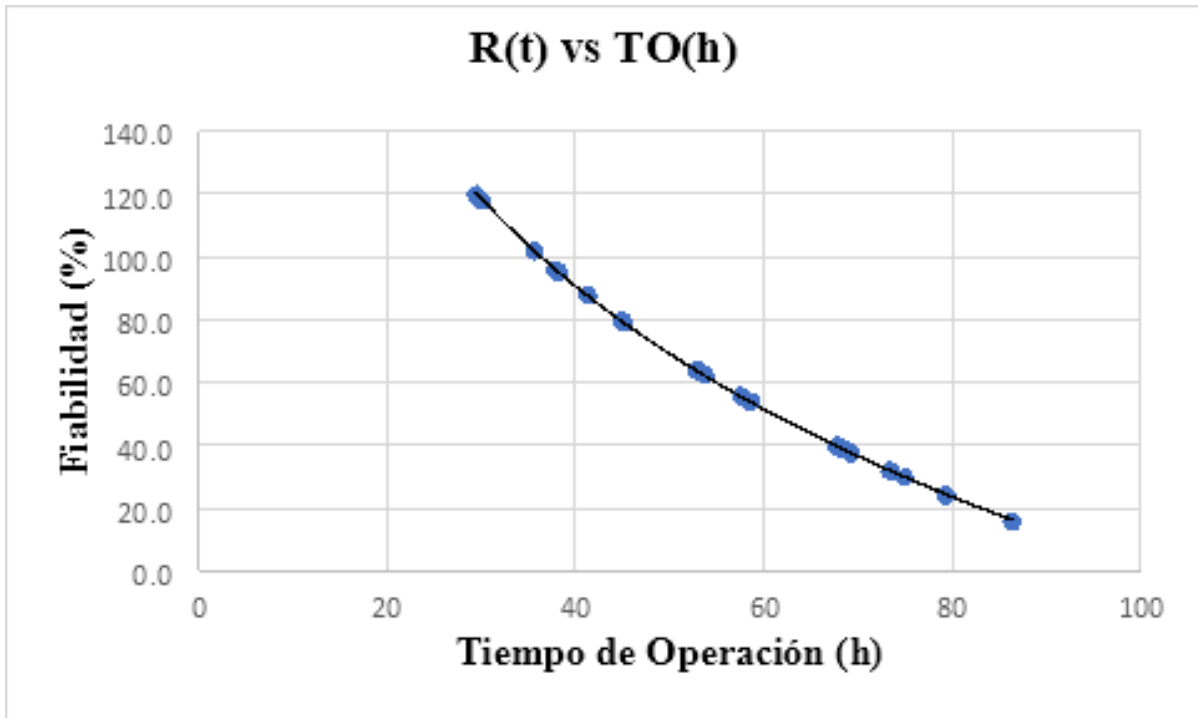


Figura 68.- Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Lámpara de Secado de Pintura.

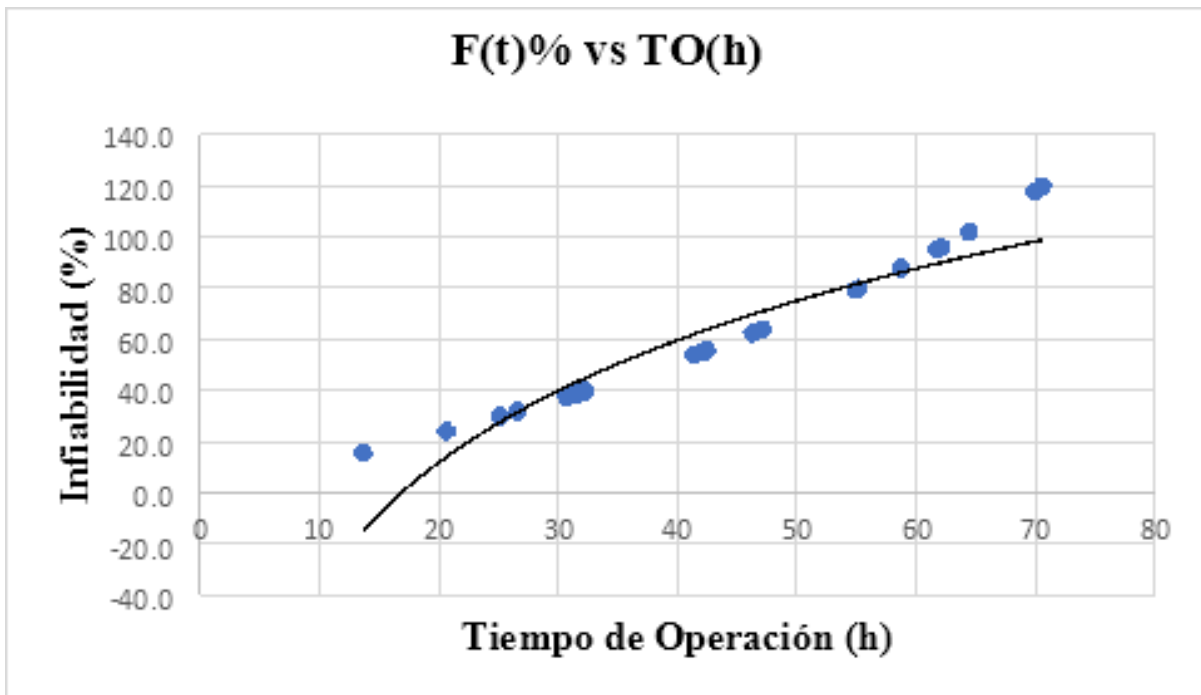


Figura 69.- Gráfica infiabilidad vs tiempo de la Lámpara de Secado de Pintura.

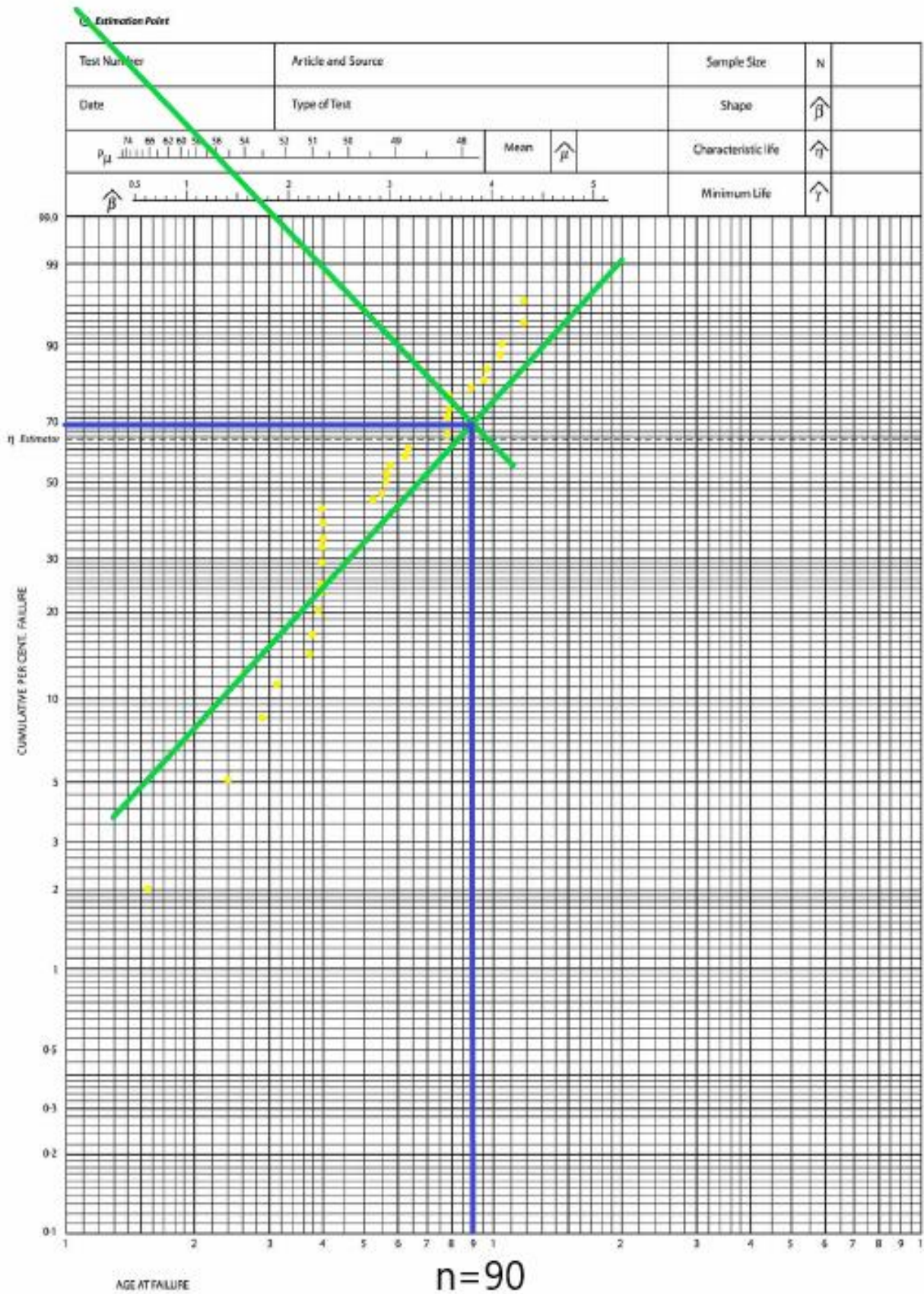
**Modelo Gráfico de Weibull de la Lámpara de Secado de Pintura.**

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

**Tabla 191.-** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
1	15,5	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	29,8	0,0808	8,08
4	31,8	0,1108	11,08
5	37,5	0,1407	14,07
6	37,8	0,1707	17,07
7	38,8	0,2006	20,06
8	39	0,2305	23,05
9	39,4	0,2605	26,05
10	39,4	0,2904	29,04
11	39,4	0,3204	32,04
12	39,4	0,3503	35,03
13	39,6	0,3802	38,02
14	39,7	0,4102	41,02
15	53,8	0,4401	44,01
16	55,1	0,4701	47,01
17	55,3	0,5	50
18	55,6	0,5299	52,99
19	55,6	0,5599	55,99
20	62,3	0,5898	58,98
21	63,6	0,6198	61,98
22	63,8	0,6497	64,97
23	79,2	0,6796	67,96
24	79,4	0,7096	70,96
25	79,7	0,7395	73,95
26	79,7	0,7695	76,95
27	87,6	0,7994	79,94
28	95	0,8293	82,93
29	95,8	0,8593	85,93
30	101,8	0,8892	88,92
31	101,8	0,9192	91,92
32	117,8	0,9491	94,91
33	119,7	0,979	97,9





**Figura 70.-** Papel de Weibull de la Lámpara de Secado de Pintura.

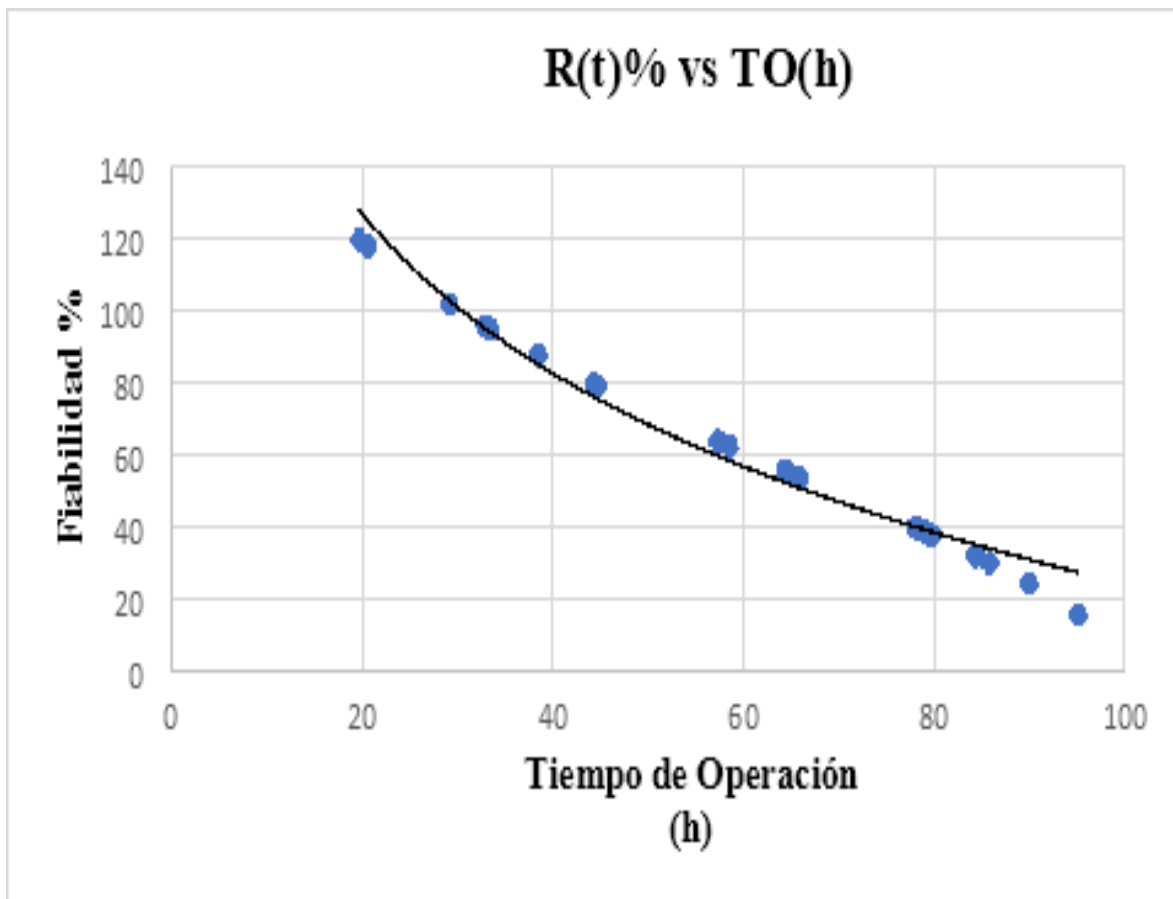
**Tabla 192.-** Parámetros de Fallas de la Lámpara de Secado de Pintura.

$P\mu$	56
$\beta$	1,7
n	90

**Tabla 193.-** Fiabilidad de Weibull de la Lámpara de Secado de Pintura.

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>	<b>R (t)</b>	<b>R (t) (%)</b>
1	15,5	0,021	2,1	0,951	95,1
2	24	0,0509	5,09	0,8997	89,97
3	29,8	0,0808	8,08	0,8584	85,84
4	31,8	0,1108	11,08	0,8432	84,32
5	37,5	0,1407	14,07	0,7979	79,79
6	37,8	0,1707	17,07	0,7955	79,55
7	38,8	0,2006	20,06	0,7872	78,72
8	39	0,2305	23,05	0,7856	78,56
9	39,4	0,2605	26,05	0,7823	78,23
10	39,4	0,2904	29,04	0,7823	78,23
11	39,4	0,3204	32,04	0,7823	78,23
12	39,4	0,3503	35,03	0,7823	78,23
13	39,6	0,3802	38,02	0,7806	78,06
14	39,7	0,4102	41,02	0,7798	77,98
15	53,8	0,4401	44,01	0,659	65,9
16	55,1	0,4701	47,01	0,6477	64,77
17	55,3	0,5	50	0,646	64,6
18	55,6	0,5299	52,99	0,6434	64,34
19	55,6	0,5599	55,99	0,6434	64,34
20	62,3	0,5898	58,98	0,5856	58,56
21	63,6	0,6198	61,98	0,5745	57,45
22	63,8	0,6497	64,97	0,5728	57,28
23	79,2	0,6796	67,96	0,4472	44,72

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
24	79,4	0,7096	70,96	0,4457	44,57
25	79,7	0,7395	73,95	0,4434	44,34
26	79,7	0,7695	76,95	0,4434	44,34
27	87,6	0,7994	79,94	0,3848	38,48
28	95	0,8293	82,93	0,3341	33,41
29	95,8	0,8593	85,93	0,3289	32,89
30	101,8	0,8892	88,92	0,2914	29,14
31	101,8	0,9192	91,92	0,2914	29,14
32	117,8	0,9491	94,91	0,2059	20,59
33	119,7	0,979	97,9	0,1971	19,71



**Figura 71.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de la Lámpara de Secado de Pintura.

Gamas de mantenimiento

Tabla 194.- Gama de mantenimiento de la Lámpara de Secado de Pintura, correspondiente al mes de Enero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																																	
			Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom			
			rne	ado	go	nes	rtes	rcos	ves	nes	ado	go	nes	rtes	rtes	ves	nes	ado	go	nes	rtes	rtes	ves	nes	ado	go	nes	rtes	rtes	ves	nes	ado	go	nes		
LAMPARA DE SECADO DE PINTURA	PREVENTIVO	Control del cable de alimentación eléctrica.																																		
		Reemplazo de los tubos de luz ultravioleta.																																		
		Control de funcionamiento de la tarjeta electrónica.																																		
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																		
		Control de funcionamiento de los resortes.																																		
		Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.																																		
		Limpieza general de la máquina																																		
		Limpieza de los Tubos de luz ultravioleta.																																		
		Limpieza del reflector.																																		
		Engrase de los resortes																																		
		Recubrimiento con pintura de las partes expuestas de la estructura.																																		
		Limpieza general de la tarjeta electrónica.																																		
		Limpieza del panel de control electrónico.																																		
		PREDICTIVO	Inspección Visual.																																	
			Análisis de Temperatura.																																	
Análisis Termográfico.																																				

Tabla 195.- Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Febrero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																																	
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom						
			nes	rtes	rtes	ves	nes	ado	go	nes	rtes	rtes	ves	nes	ado	go	nes	rtes	rtes	ves	nes	ado	go	nes	rtes	rtes	ves	nes	ado	go	nes					
LAMPARA DE SECADO DE PINTURA	PREVENTIVO	Control del cable de alimentación eléctrica.																																		
		Reemplazo de los tubos de luz ultravioleta.																																		
		Control de funcionamiento de la tarjeta electrónica.																																		
		Control de accionamiento del botón de encendido.																																		
		Control de funcionamiento de los resortes.																																		
		Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.																																		
		Limpieza general de la máquina																																		
		Limpieza de los Tubos de luz ultravioleta.																																		
		Limpieza del reflector.																																		
		Engrase de los resortes																																		
		Recubrimiento con pintura de las partes expuestas de la estructura.																																		
		Limpieza general de la tarjeta electrónica.																																		
		Limpieza del panel de control electrónico.																																		
		PREDICTIVO	Inspección Visual.																																	
			Análisis de Temperatura.																																	
Análisis Termográfico.																																				







**Tabla 202.- Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Septiembre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																														
			Miércoles	Jueves	Viernes	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	
<b>LAMPARA DE SECADO DE PINTURA</b>	<b>PREVENTIVO</b>	Control del cable de alimentación eléctrica.																															
		Reemplazo de los tubos de luz ultravioleta.																															
		Control de funcionamiento de la tarjeta electrónica.																															
		Control de accionamiento del botón de encendido.																															
		Control de funcionamiento de los resortes.																															
		Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza de los Tubos de luz ultravioleta.																															
		Limpieza del reflector.																															
		Engrase de los resortes																															
		Recubrimiento con pintura de las partes expuestas de la estructura.																															
		Limpieza general de la tarjeta electrónica.																															
		Limpieza del panel de control electrónico.																															
		<b>PREDICTIVO</b>	Inspección Visual.																														
Análisis de Temperatura.																																	
Análisis Termográfico.																																	

**Tabla 203.- Gama de mantenimiento Lámpara de Secado de Pintura correspondiente al mes de Octubre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	OCTUBRE																														
			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
<b>LAMPARA DE SECADO DE PINTURA</b>	<b>PREVENTIVO</b>	Control del cable de alimentación eléctrica.																															
		Reemplazo de los tubos de luz ultravioleta.																															
		Control de funcionamiento de la tarjeta electrónica.																															
		Control de accionamiento del botón de encendido.																															
		Control de funcionamiento de los resortes.																															
		Control del nivel de oxidación de los pernos de sujeción.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza de los Tubos de luz ultravioleta.																															
		Limpieza del reflector.																															
		Engrase de los resortes																															
		Recubrimiento con pintura de las partes expuestas de la estructura.																															
		Limpieza general de la tarjeta electrónica.																															
		Limpieza del panel de control electrónico.																															
		<b>PREDICTIVO</b>	Inspección Visual.																														
Análisis de Temperatura.																																	
Análisis Termográfico.																																	





### 3.1.14. Pistola de Pintura

Tabla 206.- Ficha técnica de la Pistola de Pintura

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
MÁQUINA		EQUIPO		HERRAMIENTA
				
		<b>CÓDIGO:</b>	PP01, PP02, PP03, PP04, PP05, PP06, PP07, PP08, PP09, PP10	
		PISTOLA DE PINTURA		
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
<b>MARCA:</b>	Ani	<b>PRESIÓN DE TRABAJO:</b>	4,5 bar	
<b>MODELO:</b>	F 150	<b>PRESIÓN MÁXIMA:</b>	5,5 bar	
<b>AÑO:</b>	2013	<b>FLUJO DE AIRE:</b>	(113 a 345) l/min	
<b>PROCEDENCIA:</b>	Americana	<b>PESO:</b>	0,5 kg	
<b>TIPO:</b>	Móvil	<b>DIMENSIONES:</b>	(340 x 175 x 110) mm	
COMPONENTES				
Cuerpo de la Pistola		Válvulas tipo aguja		
Boquilla		Tornillo de Ajuste de la aguja		
Resorte del gatillo		Tapa del depósito		
Gatillo		Recipiente		
<p><b>OBSERVACIONES:</b> La presente ficha técnica hace mención a diez Pistolas de Pintura con sus respectivos códigos PP01, PP02, PP03, PP04, PP05, PP06, PP07, PP08, PP09 y PP10, ya que son de la misma marca, modelo y presentan las mismas características. La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se lo puede observar en el anexo XI.</p>				
<p><b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para atomizar la pintura contenida en el recipiente, permite aplicarla en cualquier superficie de una manera uniforme.</p>				

### Características de la Máquina

- Presión de trabajo: 4,5 bar
- Presión máxima: 5,5 bar
- Flujo de aire: (113 a 345) l/min
- Peso: 0,5 Kg
- Dimensiones: (340 x 175 x 110) mm

### Condiciones de Servicio

- Temperatura ambiental: (5 - 45) °C
- Tipo de instalación: Móvil
- Tiempo de Funcionamiento: Indefinido
- Número de operadores requeridos: 1

### Componentes

**Tabla 207.-** Componentes de la Pistola de Pintura.

N°	Componente	Función
1	Cuerpo de la Pistola	Contener a los componentes de la pistola.
2	Boquilla	Expulsar la pintura.
3	Resorte del gatillo	Regresar al gatillo a la posición inicial.
4	Gatillo	Succionar la pintura del depósito y atomizarla.
5	Tapa del depósito	Sellar el depósito de pintura.
6	Depósito	Almacenar la pintura.
7	Válvulas tipo aguja	Regularla cantidad de pintura o de aire.
8	Tornillo de Ajuste de la válvula tipo aguja	Ajustar o aflojar la válvula tipo aguja.
9	Resorte de la válvula tipo aguja	Regresar la válvula tipo aguja a su posición inicial.

## Componentes Sustituibles

**Tabla 208.-** Componentes Sustituibles de la Pistola de Pintura.

<b>Repuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
Boquilla	1	Tipo mariposa
Resorte del gatillo	1	Tracción y Compresión
Gatillo	1	Metálico
Tapa del depósito	1	Metálica con respiradero
Depósito	1	Metálico
Válvulas tipo aguja	2	Metálico de 4 cm de largo
Tornillo de Ajuste de la aguja	2	Metálico de rosca milimétrica
Resorte de la aguja	2	Tracción y Compresión

## Instrucciones de Funcionamiento

- Verificar que la instalación de aire se encuentre en buen estado.
- Verificar que la manguera del aire se encuentre en buen estado.
- Limpiar detenidamente la pistola con disolvente.
- Conectar la pistola a la manguera.
- Abrir la tapa del depósito.
- Colocar la pintura en el depósito, utilizando un colador.
- Llenar el depósito hasta los  $\frac{3}{4}$  de su capacidad.
- Regular las válvulas de salida de aire y pintura.
- Regular la boquilla según el movimiento que desea, ya sea vertical u horizontal.
- Utilizar un cartón para regular correctamente la salida de aire y pintura
- Presionar el gatillo para disipar la pintura.
- Mantener la boquilla de la pistola a una distancia de (15 a 23) cm de la superficie a pintar.
- Finalmente, luego de ser utilizada se debe lavar con abundante disolvente para evitar taponamientos.

## Normas de Seguridad

- La pistola debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- Prohibido desarmar la pistola, mientras ésta se encuentra conectada a la manguera de aire.
- Utilizar siempre el equipo de protección personal, en especial para los ojos y los oídos.
- Mantener fuera del alcance de los niños.
- No exceder la presión máxima recomendada.

## Instrucciones de mantenimiento

**Tabla 209.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Pistola de Pintura [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control de funcionamiento del resorte del gatillo.		X				
Control de funcionamiento del gatillo.		X				
Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.		X				
Control de funcionamiento del tornillo de Ajuste de la aguja.	X					
Reemplazo del resorte de la aguja.					X	

**Tabla 210.-** Frecuencias de Operaciones de la Pistola de Pintura [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina		X				
Limpieza de la boquilla.	X					
Limpieza del gatillo.		X				
Limpieza de la tapa del depósito	X					
Limpieza del depósito	X					

**Tabla 211.-** Frecuencias de Operaciones de la Pistola de Pintura [16].

<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Engrase del resorte del gatillo.				X		

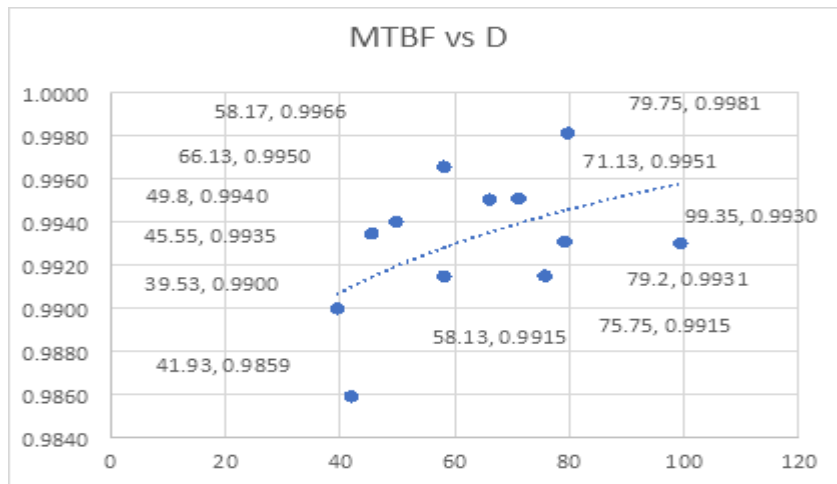
## Estadístico de mantenimiento anual

**Tabla 212.-** Estadístico de la Pistola de Pintura.

MÁQUINA	PISTOLA DE PINTURA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
ENERO	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					39,53	0,0253	0,4	2,5	99,00%
	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	11/1/2019	31,8	0,9	0,3	1,2					
	Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.	21/1/2019	62,8	0,2	0,1	0,3					
FEBRERO	Limpieza de la boquilla.	4/2/2019	63,7	0,4	0,3	0,7	45,55	0,022	0,3	3,3333	99,35%
	Limpieza del depósito	11/2/2019	39,3	0,4	0,2	0,6					
	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.	18/2/2019	39,4	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza de la boquilla.	25/2/2019	39,8	0,3	0,2	0,5					
MARZO	Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.	4/3/2019	39,5	0,1	0,1	0,2	58,13	0,0172	0,5	2	99,15%
	Reemplazo del resorte de la aguja.	20/3/2019	95,8	0,6	0,3	0,9					
	Limpieza general de la máquina	25/3/2019	39,1	0,8	0,1	0,9					
ABRIL	Limpieza del depósito	1/4/2019	31,1	0,4	0,2	0,6	41,93	0,0238	0,6	1,6667	98,59%
	Reemplazo del resorte de la aguja.	8/4/2019	39,4	0,5	0,2	0,7					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	55,3	0,9	0,3	1,2					
MAYO	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.	6/5/2019	102,8	0,1	0,1	0,2	66,13	0,0151	0,33	3,0303	99,50%
	Limpieza de la tapa del depósito	13/5/2019	39,8	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	24/5/2019	55,8	0,8	0,3	1,1					
JUNIO	Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.	3/6/2019	54,9	0,1	0,1	0,2	58,17	0,0172	0,2	5	99,66%

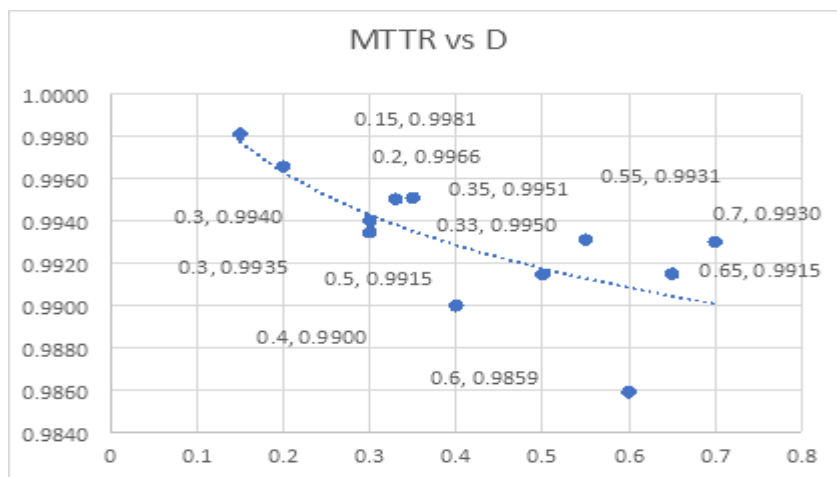
MÁQUINA	PISTOLA DE PINTURA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.	10/6/2019	39,8	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza de la tapa del depósito	24/6/2019	79,8	0,4	0,2	0,6					
JULIO	Limpieza del depósito	8/7/2019	79,4	0,5	0,2	0,7	99,35	0,0101	0,7	1,4286	99,30%
	Limpieza general de la máquina.	29/7/2019	119,3	0,9	0,4	1,3					
AGOSTO	Limpieza del depósito	5/8/2019	38,7	0,5	0,4	0,9	49,8	0,0201	0,3	3,3333	99,40%
	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.	23/8/2019	95,1	0,2	0,2	0,4					
	Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.	26/8/2019	15,6	0,2	0,1	0,3					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,7	1	0,3	1,3	79,2	0,0126	0,55	1,8182	99,31%
	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.	23/9/2019	102,7	0,1	0,1	0,2					
OCTUBRE	Engrase del resorte del gatillo.	7/10/2019	79,8	0,2	0,1	0,3	79,75	0,0125	0,15	6,6667	99,81%
	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.	21/10/2019	79,7	0,1	0,1	0,2					
NOVIEMBRE	Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.	8/11/2019	87,8	0,2	0,1	0,3	75,75	0,0132	0,65	1,5385	99,15%
	Limpieza general de la máquina.	18/11/2019	63,7	1,1	0,4	1,5					
DICIEMBRE	Limpieza del depósito	9/12/2019	118,5	0,5	0,2	0,7	71,13	0,0141	0,35	2,8571	99,51%
	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.	16/12/2019	39,3	0,2	0,2	0,4					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,6	1	0,3	1,3					
<b>TOTALES</b>			<b>1949,2</b>	<b>14</b>	<b>6,5</b>	<b>20,5</b>	<b>1949,2</b>	<b>0,001</b>	<b>14</b>	<b>0,071</b>	<b>99,29%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,75</b>	<b>0,42</b>	<b>0,2</b>	<b>0,62</b>	<b>60,75</b>	<b>0,016</b>	<b>0,42</b>	<b>2,381</b>	<b>99,31%</b>





**Figura 72.-** Gráfica MTBF vs D de la Pistola de Pintura.

En la figura 72 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9981 (MTBF= 79,75 h) y un mínimo de 0,9859 (MTBF= 41,93 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 99,35 h (D=0,9930) y el mínimo de 39,53 h (D=0,99). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 73.-** Gráfica MTTR vs D de la Lámpara de Pistola de Pintura.

En la figura 73 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9981 (MTTR= 0,15 h) y un mínimo de 0,9859 (MTTR= 0,6 h), además se observa que el tiempo medio de reparación máximo es de 0,7 h (D=0,9930) y el mínimo de 0,15 h (D=0,9981). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.

**Matriz AMFE**

**Tabla 213.-** Matriz AMFE de la Pistola de Pintura.

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Ani		<b>Fecha Rea:</b>	11/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Pistola de Pintura		<b>Modelo:</b>	F 150		<b>Fecha Rev:</b>	12/5/2021		<b>De:</b>	1	
<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modo de fallo</b>	<b>Causa Raíz</b>	<b>Efecto</b>	<b>Valoraciones</b>				<b>Recomendaciones</b>
							<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>IPR</b>	
1	Cuerpo de la Pistola	Contener a los componentes de la pistola.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del cuerpo	3	4	2	24	Limpiar adecuadamente el cuerpo de la pistola.
2	Boquilla	Expulsar la pintura.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la boquilla	3	5	4	60	Limpiar adecuadamente la boquilla.
3	Resorte del gatillo	Regresar al gatillo a la posición inicial.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de los resortes	3	3	3	27	Recubrir con grasa las partes expuestas
4	Gatillo	Succionar la pintura del depósito y atomizarla.	Rotura	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	5	9	3	135	Utilizar una fuerza moderada para accionar el gatillo.
5	Tapa del depósito	Sellar el depósito de pintura.	Rotura	Rotura	Incorrecta manipulación	Salpicaduras de pintura	2	5	2	20	Utilizar una fuerza moderada para ajustar la tapa.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	Ani		<b>Fecha Rea:</b>	11/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Pistola de Pintura		<b>Modelo:</b>	F 150		<b>Fecha Rev:</b>	12/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
6	Depósito	Almacenar la pintura.	Rotura del depósito	Rotura	Incorrecta manipulación	Parada del Proceso	4	9	3	108	Utilizar una fuerza moderada para regular el depósito.
7	Válvulas tipo aguja	Regularla cantidad de pintura o de aire.	Taponamiento de la válvula	Taponamiento	Impurezas incrustadas en el interior	Parada del proceso	5	7	5	175	Limpiar adecuadamente el depósito.
8	Tornillo de Ajuste de la válvula tipo aguja	Ajustar o aflojar la válvula tipo aguja.	Rosca dañada	Rotura de los filamentos de la rosca	Sobrepresión	Parada del proceso	4	7	4	112	Utilizar una fuerza moderada para ajustar o aflojar la válvula tipo aguja.
9	Resorte de la válvula tipo aguja	Regresar la válvula tipo aguja a su posición inicial.	Rotura	Oxidación	Corrosión	Desgaste del resorte	2	4	4	32	Recubrir con grasa las partes expuestas
PROMEDIO										77	

**Determinación de la Fiabilidad de la pistola de Pintura mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.**

**Modelo Matemático de la Pistola de Pintura.**

**Tabla 214.-** Datos estadísticos de la Pistola de Pintura.

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	62,8	4,14
4	1	63,7	4,1542
5	1	39,3	3,6712
6	1	39,4	3,6738
7	1	39,8	3,6839
8	1	39,5	3,6763
9	1	95,8	4,5623
10	1	39,1	3,6661
11	1	31,1	3,4372
12	1	39,4	3,6738
13	1	55,3	4,0128
14	1	102,8	4,6328
15	1	39,8	3,6839
16	1	55,8	4,0218
17	1	54,9	4,0055
18	1	39,8	3,6839
19	1	79,8	4,3795
20	1	79,4	4,3745
21	1	119,3	4,7816
22	1	38,7	3,6558
23	1	95,1	4,5549
24	1	15,6	2,7473
25	1	55,7	4,02
26	1	102,7	4,6318
27	1	79,8	4,3795
28	1	79,7	4,3783
29	1	87,8	4,4751
30	1	63,7	4,1542
31	1	118,5	4,7749
32	1	39,3	3,6712
33	1	55,6	4,0182
	<b>33</b>		<b>132,0139</b>

**Tabla 215.-** Datos calculados de la Pistola de Pintura.

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2
1	1	24,0	3,1781	0,6762
2	1	31,8	3,4595	0,2926
3	1	62,8	4,14	0,0195
4	1	63,7	4,1542	0,0237
5	1	39,3	3,6712	0,1084
6	1	39,4	3,6738	0,1067
7	1	39,8	3,6839	0,1002
8	1	39,5	3,6763	0,105
9	1	95,8	4,5623	0,3157
10	1	39,1	3,6661	0,1118
11	1	31,1	3,4372	0,3172
12	1	39,4	3,6738	0,1067
13	1	55,3	4,0128	0,0002
14	1	102,8	4,6328	0,3999
15	1	39,8	3,6839	0,1002
16	1	55,8	4,0218	0,0005
17	1	54,9	4,0055	0,0000
18	1	39,8	3,6839	0,1002
19	1	79,8	4,3795	0,1437
20	1	79,4	4,3745	0,14
21	1	119,3	4,7816	0,6103
22	1	38,7	3,6558	0,1187
23	1	95,1	4,5549	0,3075
24	1	15,6	2,7473	1,5703
25	1	55,7	4,02	0,0004
26	1	102,7	4,6318	0,3987
27	1	79,8	4,3795	0,1437
28	1	79,7	4,3783	0,1428
29	1	87,8	4,4751	0,2253
30	1	63,7	4,1542	0,0237
31	1	118,5	4,7749	0,5999
32	1	39,3	3,6712	0,1084
33	1	55,6	4,0182	0,0003
<b>33</b>			<b>132,0139</b>	<b>7,4184</b>

**Tabla 216.-** Parámetros iniciales de la Pistola de Pintura.

<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	4,0004
<b>VARIANZA S^2</b>	1,7198
<b>DESVIASION S</b>	1,3114
<b>BETTA β</b>	0,978
<b>ALPHA α</b>	98,552

Se procede a calcular la fiabilidad y la in fiabilidad de Weibull con la utilización de las ecuaciones siguientes.

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_0 - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

**Tabla 217.-** Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Pistola de Pintura.

PISTOLA DE PINTURA								
Actividad	Nº de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
1	1	24,0	3,1781	0,6762	0,7899	78,99	0,2101	21,01
2	1	31,8	3,4595	0,2926	0,7301	73,01	0,2699	26,99
3	1	62,8	4,14	0,0195	0,5322	53,22	0,4678	46,78
4	1	63,7	4,1542	0,0237	0,5273	52,73	0,4727	47,27
5	1	39,3	3,6712	0,1084	0,6766	67,66	0,3234	32,34
6	1	39,4	3,6738	0,1067	0,676	67,6	0,324	32,4
7	1	39,8	3,6839	0,1002	0,6732	67,32	0,3268	32,68
8	1	39,5	3,6763	0,105	0,6753	67,53	0,3247	32,47
9	1	95,8	4,5623	0,3157	0,3785	37,85	0,6215	62,15
10	1	39,1	3,6661	0,1118	0,678	67,8	0,322	32,2
11	1	31,1	3,4372	0,3172	0,7353	73,53	0,2647	26,47
12	1	39,4	3,6738	0,1067	0,676	67,6	0,324	32,4
13	1	55,3	4,0128	0,0002	0,5747	57,47	0,4253	42,53
14	1	102,8	4,6328	0,3999	0,352	35,2	0,648	64,8
15	1	39,8	3,6839	0,1002	0,6732	67,32	0,3268	32,68
16	1	55,8	4,0218	0,0005	0,5718	57,18	0,4282	42,82
17	1	54,9	4,0055	0,0000	0,5771	57,71	0,4229	42,29
18	1	39,8	3,6839	0,1002	0,6732	67,32	0,3268	32,68
19	1	79,8	4,3795	0,1437	0,4467	44,67	0,5533	55,33
20	1	79,4	4,3745	0,14	0,4485	44,85	0,5515	55,15
21	1	119,3	4,7816	0,6103	0,2965	29,65	0,7035	70,35
22	1	38,7	3,6558	0,1187	0,6808	68,08	0,3192	31,92
23	1	95,1	4,5549	0,3075	0,3813	38,13	0,6187	61,87
24	1	15,6	2,7473	1,5703	0,8591	85,91	0,1409	14,09
25	1	55,7	4,02	0,0004	0,5724	57,24	0,4276	42,76
26	1	102,7	4,6318	0,3987	0,3524	35,24	0,6476	64,76
27	1	79,8	4,3795	0,1437	0,4467	44,67	0,5533	55,33
28	1	79,7	4,3783	0,1428	0,4472	44,72	0,5528	55,28
29	1	87,8	4,4751	0,2253	0,4112	41,12	0,5888	58,88
30	1	63,7	4,1542	0,0237	0,5273	52,73	0,4727	47,27
31	1	118,5	4,7749	0,5999	0,299	29,9	0,701	70,1
32	1	39,3	3,6712	0,1084	0,6766	67,66	0,3234	32,34

PISTOLA DE PINTURA								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
33	1	55,6	4,0182	0,0003	0,573	57,3	0,427	42,7
	33		132,0139	7,4184				

Con los datos calculados se procede a realizar la gráfica de fiabilidad vs tiempo de operación y también la gráfica de in fiabilidad vs tiempo de operación.

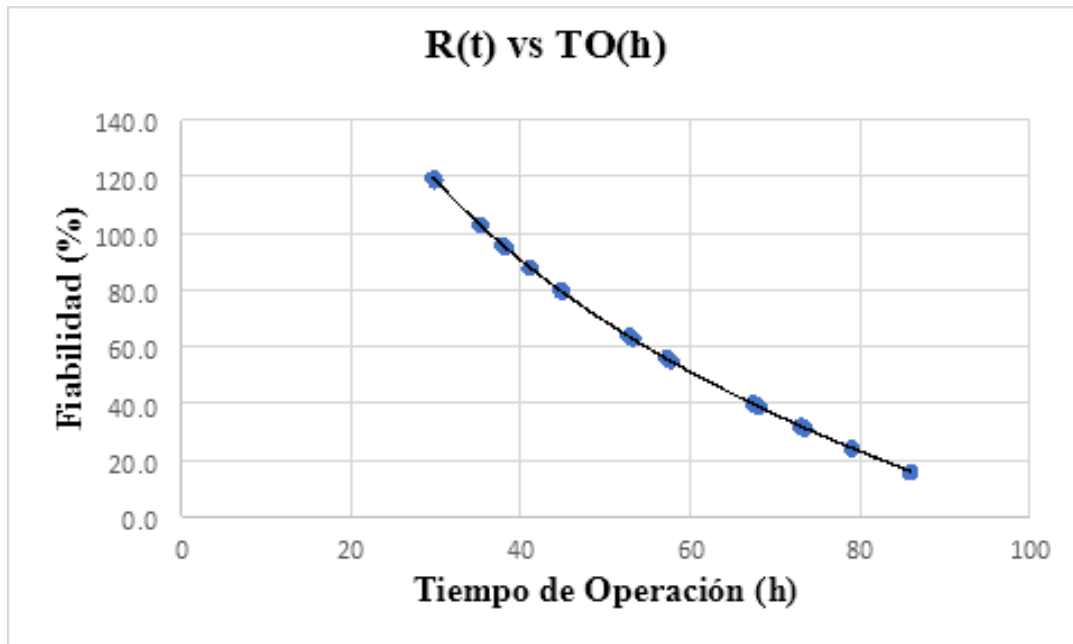


Figura 74.- Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Pistola de Pintura.

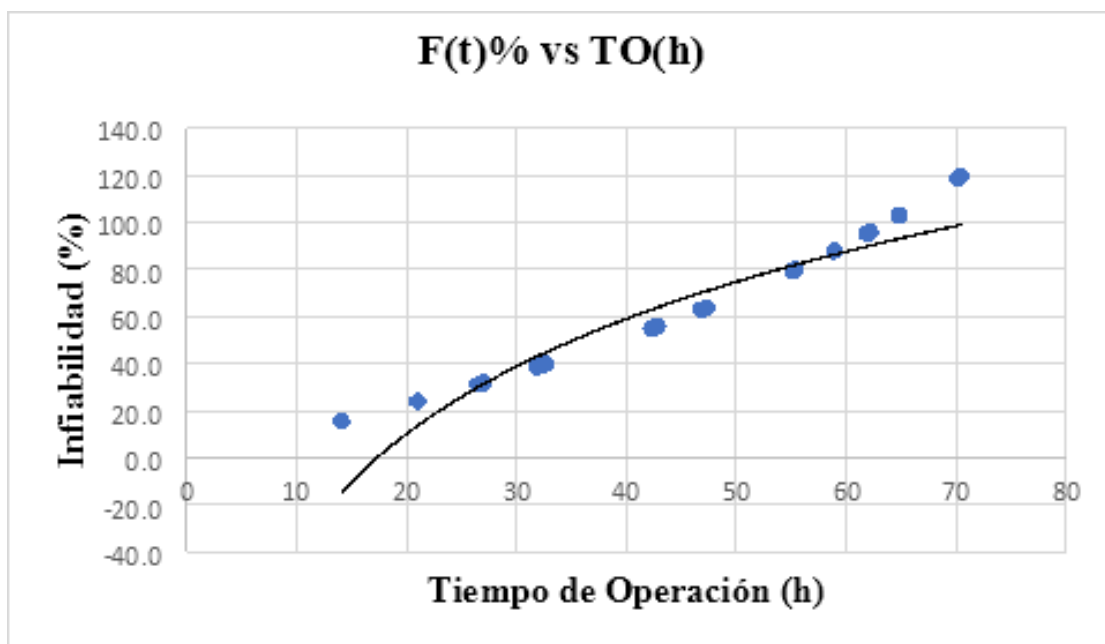


Figura 75.- Gráfica in fiabilidad vs tiempo de la Pistola de Pintura.

**Modelo Gráfico de Weibull de la Pistola de Pintura.**

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

**Tabla 218.-** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
1	15,6	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	31,1	0,0808	8,08
4	31,8	0,1108	11,08
5	38,7	0,1407	14,07
6	39,1	0,1707	17,07
7	39,3	0,2006	20,06
8	39,3	0,2305	23,05
9	39,4	0,2605	26,05
10	39,4	0,2904	29,04
11	39,5	0,3204	32,04
12	39,8	0,3503	35,03
13	39,8	0,3802	38,02
14	39,8	0,4102	41,02
15	54,9	0,4401	44,01
16	55,3	0,4701	47,01
17	55,6	0,5	50
18	55,7	0,5299	52,99
19	55,8	0,5599	55,99
20	62,8	0,5898	58,98
21	63,7	0,6198	61,98
22	63,7	0,6497	64,97
23	79,4	0,6796	67,96
24	79,7	0,7096	70,96
25	79,8	0,7395	73,95
26	79,8	0,7695	76,95
27	87,8	0,7994	79,94
28	95,1	0,8293	82,93
29	95,8	0,8593	85,93
30	102,7	0,8892	88,92
31	102,8	0,9192	91,92
32	118,5	0,9491	94,91
33	119,3	0,979	97,9



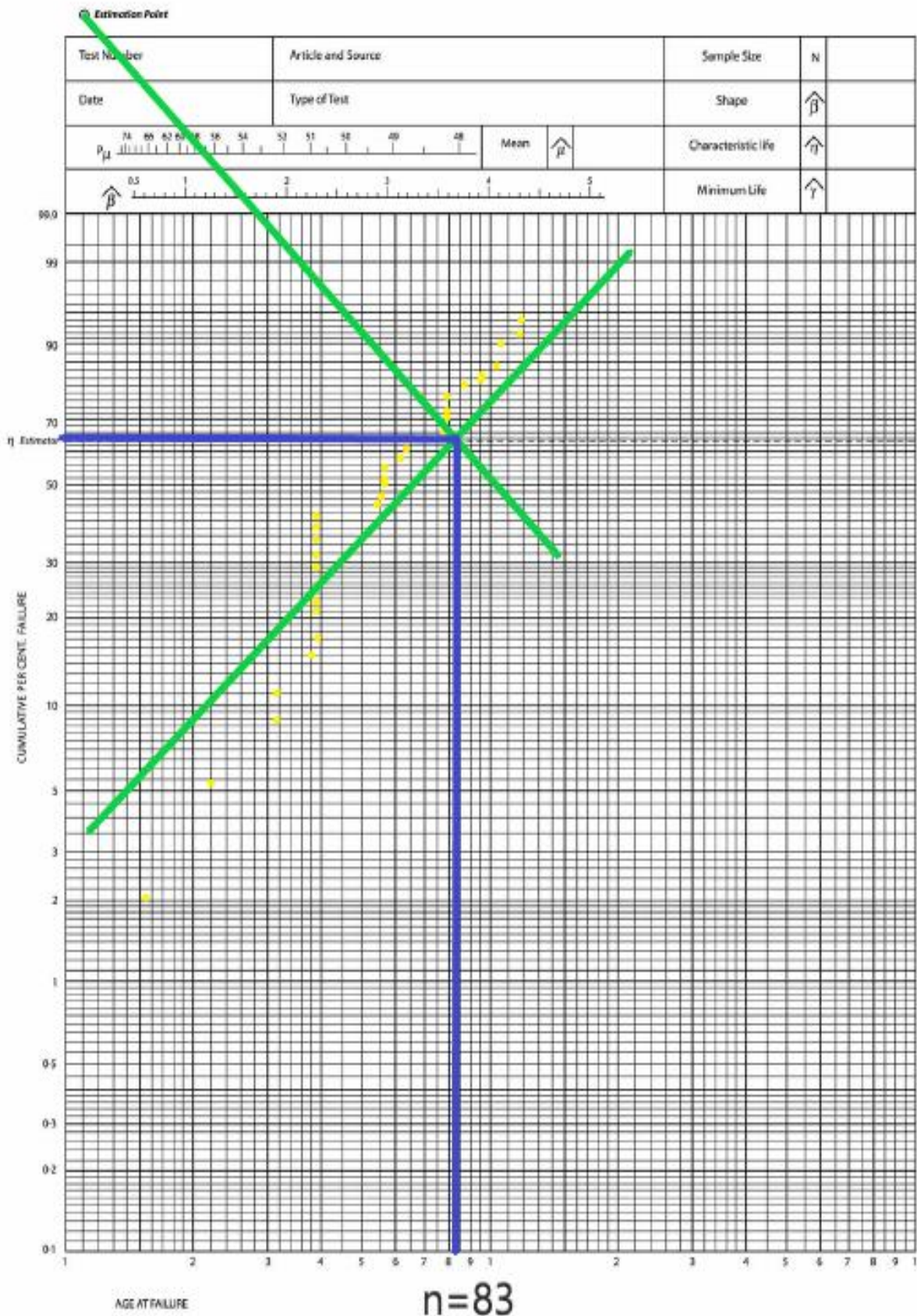


Figura 76.- Papel de Weibull de la Pistola de Pintura.

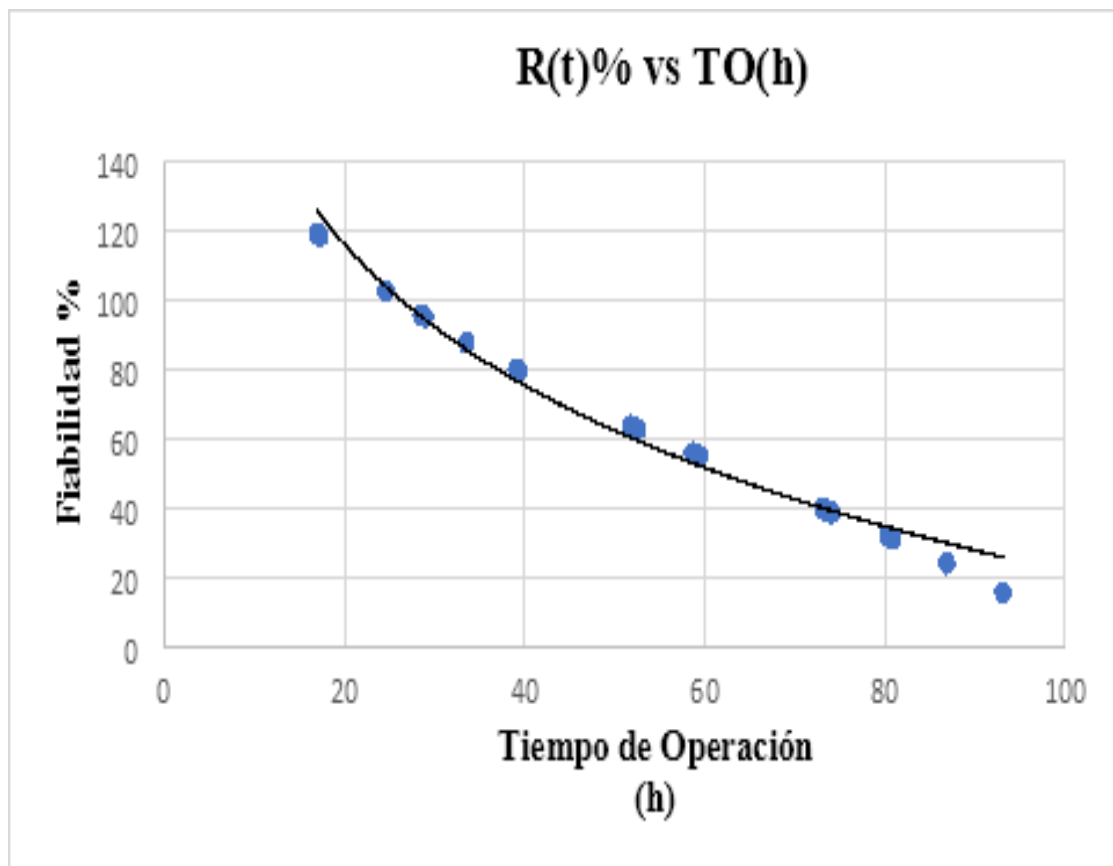
**Tabla 219.-** Parámetros de Fallas de la Pistola de Pintura.

$P\mu$	57
$\beta$	1,58
n	83

**Tabla 220.-** Fiabilidad de Weibull de la Pistola de Pintura.

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>	<b>R (t)</b>	<b>R (t) (%)</b>
1	15,6	0,021	2,1	0,9312	93,12
2	24	0,0509	5,09	0,8687	86,87
3	31,1	0,0808	8,08	0,8089	80,89
4	31,8	0,1108	11,08	0,8028	80,28
5	38,7	0,1407	14,07	0,7412	74,12
6	39,1	0,1707	17,07	0,7375	73,75
7	39,3	0,2006	20,06	0,7357	73,57
8	39,3	0,2305	23,05	0,7357	73,57
9	39,4	0,2605	26,05	0,7348	73,48
10	39,4	0,2904	29,04	0,7348	73,48
11	39,5	0,3204	32,04	0,7339	73,39
12	39,8	0,3503	35,03	0,7312	73,12
13	39,8	0,3802	38,02	0,7312	73,12
14	39,8	0,4102	41,02	0,7312	73,12
15	54,9	0,4401	44,01	0,5943	59,43
16	55,3	0,4701	47,01	0,5907	59,07
17	55,6	0,5	50	0,588	58,8
18	55,7	0,5299	52,99	0,5871	58,71
19	55,8	0,5599	55,99	0,5863	58,63
20	62,8	0,5898	58,98	0,5254	52,54
21	63,7	0,6198	61,98	0,5178	51,78
22	63,7	0,6497	64,97	0,5178	51,78
23	79,4	0,6796	67,96	0,3936	39,36

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
24	79,7	0,7096	70,96	0,3914	39,14
25	79,8	0,7395	73,95	0,3907	39,07
26	79,8	0,7695	76,95	0,3907	39,07
27	87,8	0,7994	79,94	0,3352	33,52
28	95,1	0,8293	82,93	0,2894	28,94
29	95,8	0,8593	85,93	0,2853	28,53
30	102,7	0,8892	88,92	0,2466	24,66
31	102,8	0,9192	91,92	0,2461	24,61
32	118,5	0,9491	94,91	0,1729	17,29
33	119,3	0,979	97,9	0,1697	16,97



**Figura 77.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de la Pistola de Pintura.

Gamas de Mantenimiento

Tabla 221.- Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura, correspondiente al mes de Enero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																																	
			Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Domingo	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom			
			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			
<b>PISTOLA DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.				■																														
		Control de funcionamiento del gatillo.				■																														
		Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.				■																														
		Control de funcionamiento del tornillo de Ajuste de la aguja.	■																																	
		Reemplazo del resorte de la aguja.																																		
		Limpieza general de la máquina				■																														
		Limpieza de la boquilla.	■																																	
		Limpieza del gatillo.				■																														
		Limpieza de la tapa del depósito	■																																	
		Limpieza del depósito	■																																	
	Engrase del resorte del gatillo.				■																															
	PREDICTIVO	Inspección Visual.				■																														
Análisis de Presión.					■																															

Tabla 222.- Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Febrero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																																		
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do							
			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							
<b>PISTOLA DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.																																			
		Control de funcionamiento del gatillo.																																			
		Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.																																			
		Control de funcionamiento del tornillo de Ajuste de la aguja.																																			
		Reemplazo del resorte de la aguja.																																			
		Limpieza general de la máquina				■																															
		Limpieza de la boquilla.	■																																		
		Limpieza del gatillo.				■																															
		Limpieza de la tapa del depósito	■																																		
		Limpieza del depósito	■																																		
	Engrase del resorte del gatillo.				■																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																			
Análisis de Presión.					■																																

**Tabla 223.-** Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Marzo

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	MARZO																																	
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié			
			nes	s	les	ves	s	ado	go	nes	s	les	ves	s	ado	go	nes	s	les	ves	s	ado	go	nes	s	les	ves	s	ado	go	nes	s	les	ves	s	
			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			
<b>PISTOLA DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.																																		
		Control de funcionamiento del gatillo.																																		
		Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.																																		
		Control de funcionamiento del tornillo de Ajuste de la aguja.																																		
		Reemplazo del resorte de la aguja.																																		
		Limpieza general de la máquina																																		
		Limpieza de la boquilla.																																		
		Limpieza del gatillo.																																		
		Limpieza de la tapa del depósito																																		
		Limpieza del depósito																																		
	Engrase del resorte del gatillo.																																			
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																		
		Análisis de Presión.																																		

**Tabla 224.-** Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Abril

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ABRIL																																		
			Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie					
			ves	s	ado	go	nes	s	les	ves	s	ado	go	nes	s	les	ves	s	ado	go	nes	s	les	ves	s	ado	go	nes	s	les	ves	s	ado	go	nes	s	
			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					
<b>PISTOLA DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.																																			
		Control de funcionamiento del gatillo.																																			
		Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.																																			
		Control de funcionamiento del tornillo de Ajuste de la aguja.																																			
		Reemplazo del resorte de la aguja.																																			
		Limpieza general de la máquina																																			
		Limpieza de la boquilla.																																			
		Limpieza del gatillo.																																			
		Limpieza de la tapa del depósito																																			
		Limpieza del depósito																																			
	Engrase del resorte del gatillo.																																				
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																			
		Análisis de Presión.																																			





MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																														
			Miércoles	Jueves	Vie	Sábado	Do	Lu	Ma	Miércoles	Jue	Vie	Sábado	Do	Lu	Ma	Miércoles	Jue	Vie	Sábado	Do	Lu	Ma	Miércoles	Jue	Vie	Sábado	Do	Lu	Mar	Miércoles	Jue	
			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	
<b>PISTOLA DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.																															
		Control de funcionamiento del gatillo.																															
		Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.																															
		Control de funcionamiento del tornillo de Ajuste de la aguja.																															
		Reemplazo del resorte de la aguja.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza de la boquilla.																															
		Limpieza del gatillo.																															
		Limpieza de la tapa del depósito																															
		Limpieza del depósito																															
		Engrase del resorte del gatillo.																															
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Análisis de Presión.																															

Tabla 230.- Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Octubre

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	OCTUBRE																														
			Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Miércoles	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Miércoles	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Miércoles	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lu	Mar	Miércoles	Jue	Vie	Sáb	Do
			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
<b>PISTOLA DE PINTURA</b>	PREVENTIVO	Control de funcionamiento del resorte del gatillo.																															
		Control de funcionamiento del gatillo.																															
		Control de funcionamiento de la válvula tipo aguja.																															
		Control de funcionamiento del tornillo de Ajuste de la aguja.																															
		Reemplazo del resorte de la aguja.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza de la boquilla.																															
		Limpieza del gatillo.																															
		Limpieza de la tapa del depósito																															
		Limpieza del depósito																															
		Engrase del resorte del gatillo.																															
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Análisis de Presión.																															



Tabla 231.- Gama de mantenimiento de la Pistola de Pintura correspondiente al mes de Noviembre





### 3.1.15. Lijadora

Tabla 233.- Ficha técnica de la Lijadora

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
MÁQUINA		EQUIPO	HERRAMIENTA
			
		<b>CÓDIGO:</b> LI01, LI02, LI03	
		<b>LIJADORA</b>	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>MARCA:</b>	3M	<b>PRESIÓN DE TRABAJO:</b>	2,5 bar
<b>MODELO:</b>	28516	<b>PRESIÓN MÁXIMA:</b>	6,2 bar
<b>AÑO:</b>	2013	<b>VELOCIDAD MÁXIMA DE ROTACIÓN:</b>	12000 RPM
<b>PROCEDENCIA:</b>	Americana	<b>PESO:</b>	0,904 kg
<b>TIPO:</b>	Móvil	<b>DIMENSIONES:</b>	(245 x 150 x 92,6) mm
COMPONENTES			
Cuerpo de la Lijadora		Regulador de Velocidad	
Rodamiento rígido de bolas		Bolsa de Filtro	
Rotor maquinado		Vástago	
Protector antipolvo del rodamiento		Anillo de Retención	
Válvula		Resorte de la válvula	
<b>FUNCIÓN:</b> Máquina utilizada para lijar superficies de diferentes materiales mediante el montaje de un papel de lija o tela de lija.			
<b>OBSERVACIONES:</b> La presente ficha técnica hace mención a tres Lijadoras con sus respectivos códigos LI01, LI02 y LI03, ya que son de la misma marca, modelo y presentan las mismas características. La portada del manual en el cual se encuentran los planos de la máquina se lo puede observar en el anexo XII.			

## Características de la Máquina

- Presión de trabajo: 2,5 bar
- Presión máxima: 6,2 bar
- Velocidad máxima de rotación: 12000 RPM
- Peso: 0,904 Kg
- Dimensiones: (245 x 150 x 92,6) mm
- Longitud máxima de la manguera: 8 m
- Diámetro mínimo de la manguera: 10 mm

## Condiciones de Servicio

- Temperatura ambiental: (5 - 45) °C
- Tipo de instalación: Móvil
- Tiempo de Funcionamiento: Indefinido
- Número de operadores requeridos: 1

## Componentes

**Tabla 234.-** Componentes de la Lijadora.

N°	Componente	Función
1	Cuerpo de la Lijadora	Contener a los componentes de la lijadora.
2	Rodamiento rígido de bolas	Disminuir la fricción entre dos componentes.
3	Rotor maquinado	Transmitir la potencia.
4	Protector antipolvo del rodamiento	Proteger al rodamiento de partículas e impurezas.
5	Vástago	Transmitir movimiento.
6	Anillo de Retención	Retener partes del ensamblaje.
7	Regulador de Velocidad	Regular la velocidad de la lijadora.
8	Bolsa de Filtro	Recoger el polvo producido al lijar para evitar que ingrese al interior de la máquina.

N°	Componente	Función
9	Resorte de la válvula	Regresar la válvula a su posición inicial.
10	Válvula	Permitir el paso del aire.

### Componentes Sustituibles

**Tabla 235.-** Componentes Sustituibles de la Lijadora.

Repuestos	Cantidad	Características
Rodamiento rígido de bolas	1	10 mm x 22 mm x 6 mm (2 protectores, 6900ZZ)
Resorte de la válvula	1	Tracción y Compresión
Protector antipolvo del rodamiento	1	Plástico
Anillo de Retención	1	Metálico
Control de Velocidad	1	Plástico o cerámico
Válvula	1	Tipo aguja metálica de 2 cm de largo
Bolsa de filtro	1	3M™ (127 mm x 50 mm)

### Instrucciones de Funcionamiento

- Verificar que la instalación de aire se encuentre en buen estado.
- Verificar que la manguera del aire se encuentre en buen estado.
- Asegurarse de que la herramienta esté desconectada del suministro de aire.
- Limpiar detenidamente la bolsa de filtro.
- Colocar la lija en la almohadilla
- Conectar la lijadora a la manguera.
- Sujetar la herramienta con mucha firmeza.

- Encender la lijadora.
- Regular la velocidad de la lijadora.
- Lijar en sentido contrario a la rotación de la lijadora
- Finalmente, luego de ser utilizada se debe vaciar la bolsa de filtro.

### Normas de Seguridad

- La lijadora debe ser utilizada por personal debidamente calificado.
- Evitar el acercamiento de personas ajenas a la zona de trabajo.
- Prohibido desarmar la lijadora, mientras ésta se encuentra conectada al suministro de aire.
- No cambiar de lija mientras la herramienta se encuentra conectada al suministro de aire.
- Permanecer siempre de pie y con un buen agarre sobre la herramienta.
- Utilizar siempre repuestos originales.
- Mantener las manos fuera de la rotación de la almohadilla.
- Utilizar siempre el equipo de protección personal, en especial para los ojos y los oídos.
- Mantener fuera del alcance de los niños.
- No exceder la presión máxima recomendada.
- En caso de existir fallas en el funcionamiento de la herramienta, suspender de manera inmediata su utilización.

### Instrucciones de mantenimiento

**Tabla 236.-** Frecuencias de Operaciones de mantenimiento de la Lijadora [16].

<b>Operaciones de Mantenimiento</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.	X					
Control de funcionamiento de la válvula.		X				

Reemplazo de La Bolsa de Filtro.					X	
Reemplazo del resorte de la Válvula.					X	

**Tabla 237.-** Frecuencias de Operaciones de la Lijadora [16].

<b>Operaciones de Limpieza</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Limpieza general de la maquina					X	
Limpieza del Rotor.				X		
Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.				X		
Limpieza de la Bolsa de Filtro.		X				
Limpieza del Regulador de Velocidad.	X					

**Tabla 238.-** Frecuencias de Operaciones de la Lijadora [16].

<b>Operaciones de Lubricación</b>	<b>Diaria</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Engrase del rodamiento rígido de bolas.				X		

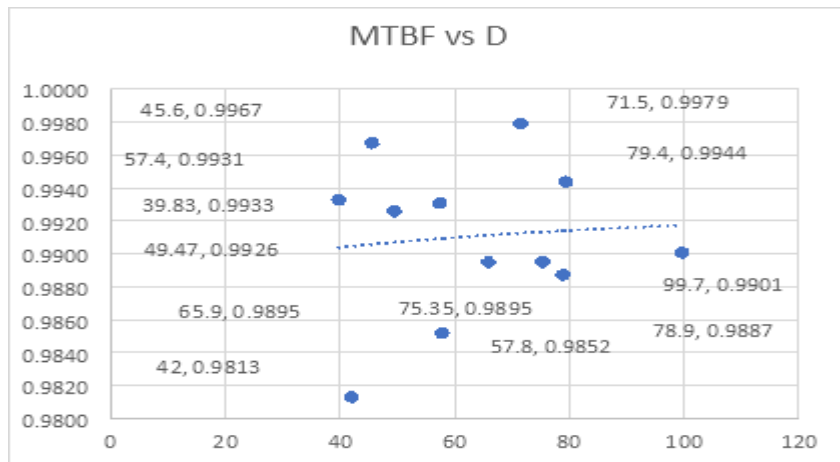
## Estadístico de mantenimiento anual

**Tabla 239.- Estadístico de la Lijadora.**

MÁQUINA	LIJADORA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
ENERO	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	3/1/2019					39,83	0,0251	0,27	3,7037	99,33%
	Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.	7/1/2019	24	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza de la Bolsa de Filtro.	11/1/2019	31,8	0,2	0,1	0,3					
	Engrase del rodamiento rígido de bolas.	21/1/2019	63,7	0,5	0,2	0,7					
FEBRERO	Reemplazo del resorte de la Válvula.	4/2/2019	63,3	0,3	0,2	0,5	45,6	0,0219	0,15	6,6667	99,67%
	Reemplazo de La Bolsa de Filtro.	11/2/2019	39,5	0,1	0,1	0,2					
	Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.	18/2/2019	39,8	0,1	0,1	0,2					
	Control de funcionamiento de la válvula.	25/2/2019	39,8	0,1	0,1	0,2					
MARZO	Engrase del rodamiento rígido de bolas.	4/3/2019	39,8	0,6	0,2	0,8	57,8	0,0173	0,87	1,1494	98,52%
	Limpieza del Rotor.	20/3/2019	95,2	1,2	0,4	1,6					
	Limpieza general de la máquina	25/3/2019	38,4	0,8	0,1	0,9					
ABRIL	Control de funcionamiento de la válvula.	1/4/2019	31,1	0,1	0,1	0,2	42	0,0238	0,8	1,25	98,13%
	Limpieza de la Bolsa de Filtro.	8/4/2019	39,8	0,7	0,2	0,9					
	Limpieza general de la máquina.	19/4/2019	55,1	1,6	0,3	1,9					
MAYO	Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.	6/5/2019	102,1	0,1	0,1	0,2	65,9	0,0152	0,7	1,4286	98,95%
	Control de funcionamiento de la válvula.	13/5/2019	39,8	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	24/5/2019	55,8	1,9	0,4	2,3					

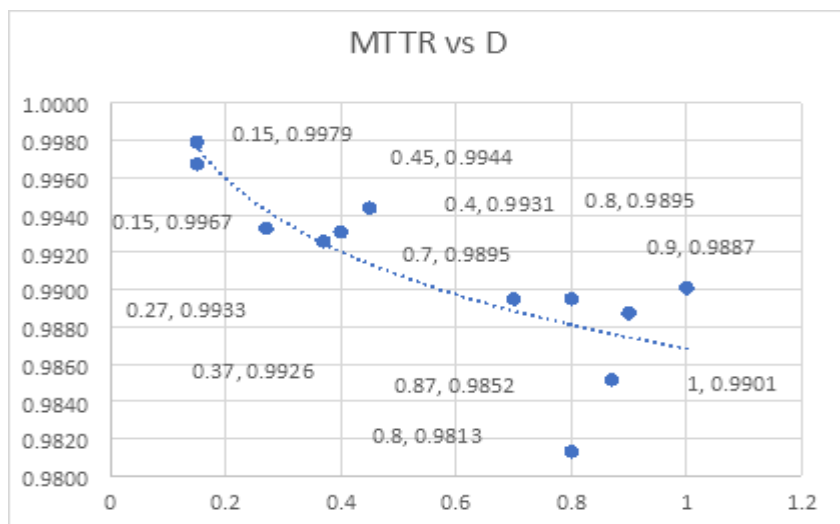
MÁQUINA	LIJADORA										
HORAS DE TRABAJO	8										
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	$\lambda$	MTTR (h)	$\mu$	D (%)
JUNIO	Engrase del rodamiento rígido de bolas.	3/6/2019	53,7	0,9	0,3	1,2	57,4	0,0174	0,4	2,5	99,31%
	Control de funcionamiento de la válvula.	10/6/2019	38,8	0,2	0,1	0,3					
	Reemplazo de La Bolsa de Filtro.	24/6/2019	79,7	0,1	0,1	0,2					
JULIO	Reemplazo del resorte de la Válvula.	8/7/2019	79,8	0,2	0,2	0,4	99,7	0,01	1	1	99,01%
	Limpieza general de la máquina.	29/7/2019	119,6	1,8	0,4	2,2					
AGOSTO	Limpieza del Rotor.	5/8/2019	37,8	0,8	0,3	1,1	49,47	0,0202	0,37	2,7027	99,26%
	Limpieza del Regulador de velocidad.	23/8/2019	94,9	0,2	0,1	0,3					
	Control de funcionamiento de la válvula.	26/8/2019	15,7	0,1	0,1	0,2					
SEPTIEMBRE	Limpieza general de la máquina	6/9/2019	55,8	1,7	0,3	2	78,9	0,0127	0,9	1,1111	98,87%
	Control de funcionamiento de la válvula.	23/9/2019	102	0,1	0,1	0,2					
OCTUBRE	Limpieza de la Bolsa de Filtro.	7/10/2019	79,8	0,8	0,2	1	79,4	0,0126	0,45	2,2222	99,44%
	Control de funcionamiento de la válvula.	21/10/2019	79	0,1	0,1	0,2					
NOVIEMBRE	Engrase del rodamiento rígido de bolas.	8/11/2019	87,8	0,9	0,2	1,1	75,35	0,0133	0,8	1,25	98,95%
	Limpieza del Rotor.	18/11/2019	62,9	0,7	0,3	1					
DICIEMBRE	Reemplazo de La Bolsa de Filtro.	9/12/2019	119	0,2	0,1	0,3	71,5	0,014	0,15	6,6667	99,79%
	Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.	16/12/2019	39,7	0,1	0,1	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	27/12/2019	55,8	1,9	0,4	2,3					
<b>TOTALES</b>			<b>1945</b>	<b>19,3</b>	<b>6,2</b>	<b>25,5</b>	<b>1945</b>	<b>0,001</b>	<b>19,3</b>	<b>0,052</b>	<b>99,02%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>60,63</b>	<b>0,58</b>	<b>0,19</b>	<b>0,77</b>	<b>60,63</b>	<b>0,016</b>	<b>0,58</b>	<b>1,724</b>	<b>99,05%</b>





**Figura 78.-** Gráfica MTBF vs D de la Lijadora

En la figura 78 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9979 (MTBF= 71,5 h) y un mínimo de 0,9813 (MTBF= 42 h), además se observa que el tiempo medio entre fallos máximo es de 99,7 h (D=0,9901) y el mínimo de 39,83 h (D=0,9933). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.



**Figura 79.-** Gráfica MTTR vs D de la Lijadora.

En la figura 79 se presenta el punto máximo de disponibilidad con un valor de 0,9979 (MTTR= 0,15 h) y un mínimo de 0,9813 (MTTR= 0,8 h), además se observa que el tiempo medio de reparación máximo es de 1 h (D=0,9901) y el mínimo de 0,15 h (D=0,9967). El coeficiente de determinación o también llamado de correlación múltiple no se acerca a la unidad, esto se debe a que los datos encontrados no tienen una correlación determinada, ya que estos se hallan dispersos.

**Matriz AMFE**

**Tabla 240.- Matriz AMFE de la Lijadora.**

<b>Matriz AMFE</b>											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	3M		<b>Fecha Rea:</b>	15/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Lijadora		<b>Modelo:</b>	28.516		<b>Fecha Rev:</b>	17/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Cuerpo de la Lijadora	Contener a los componentes de la lijadora.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del cuerpo	2	4	2	16	Limpiar adecuadamente el cuerpo de la lijadora.
2	Rodamiento rígido de bolas	Disminuir la fricción entre dos componentes.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste del rodamiento	4	6	5	120	Engrasar adecuadamente el rodamiento.
3	Rotor maquinado	Transmitir la potencia.	Rotura del devanado	Rotura	Cortocircuito	Parada del proceso	4	7	4	112	Utilizar moderadamente la máquina para no sobrecargarla.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	3M		<b>Fecha Rea:</b>	15/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Lijadora		<b>Modelo:</b>	28.516		<b>Fecha Rev:</b>	17/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
4	Protector antipolvo del rodamiento	Proteger al rodamiento de partículas impurezas.	Rotura del Protector	Desgaste	Fricción	Desgaste del rodamiento	3	5	5	75	Revisar periódicamente el protector.
5	Vástago	Transmitir movimiento.	Atascamiento del vástago	Atascamiento	Impurezas incrustadas	Parada del Proceso	2	7	5	70	Limpiar periódicamente la máquina.
6	Anillo de Retención	Retener partes del ensamblaje.	Rotura del anillo de retención	Rotura	Incorrecta manipulación	Desajuste del ensamblaje	3	4	3	36	Utilizar una fuerza moderada para retirar el anillo de retención.
7	Regulador de Velocidad	Regular la velocidad de la lijadora.	Atascamiento del regulador	Atascamiento	Impurezas incrustadas	Parada del Proceso	8	7	2	112	Limpiar periódicamente la máquina.

Matriz AMFE											
<b>Área:</b>	Enderezado y Pintura		<b>Marca:</b>	3M		<b>Fecha Rea:</b>	15/5/2021		<b>Hoja N°:</b>	1	
<b>Equipo:</b>	Lijadora		<b>Modelo:</b>	28.516		<b>Fecha Rev:</b>	17/5/2021		<b>De:</b>	1	
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
8	Bolsa de Filtro	Recoger el polvo producido al lijar para evitar que ingrese al interior de la máquina.	Rotura de la bolsa de Filtro	Rotura	Incorrecta manipulación	Incrustación de impurezas al interior de la máquina	5	7	3	105	Manipular correctamente la máquina.
9	Resorte de la válvula	Regresar la válvula a su posición inicial.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de los resortes	2	4	6	48	Recubrir con grasa las partes expuestas
10	Válvula	Permitir el paso del aire.	Taponamiento de la válvula	Impurezas incrustadas en la válvula	Bolsa de filtro en mal estado	Parada del Proceso	5	5	4	100	Limpiar periódicamente la máquina.
PROMEDIO										79,4	

**Determinación de la Fiabilidad de la Lijadora mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.**

**Modelo Matemático de la Lijadora.**

**Tabla 241.-** Datos estadísticos de la Lijadora.

<b>Actividad</b>	<b>N° de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>
1	1	24,0	3,1781
2	1	31,8	3,4595
3	1	63,7	4,1542
4	1	63,3	4,1479
5	1	39,5	3,6763
6	1	39,8	3,6839
7	1	39,8	3,6839
8	1	39,8	3,6839
9	1	95,2	4,556
10	1	38,4	3,6481
11	1	31,1	3,4372
12	1	39,8	3,6839
13	1	55,1	4,0091
14	1	102,1	4,626
15	1	39,8	3,6839
16	1	55,8	4,0218
17	1	53,7	3,9834
18	1	38,8	3,6584
19	1	79,7	4,3783
20	1	79,8	4,3795
21	1	119,6	4,7842
22	1	37,8	3,6323
23	1	94,9	4,5528
24	1	15,7	2,7537
25	1	55,8	4,0218
26	1	102,0	4,625
27	1	79,8	4,3795
28	1	79,0	4,3694
29	1	87,8	4,4751
30	1	62,9	4,1415
31	1	119,0	4,7791
32	1	39,7	3,6814
33	1	55,8	4,0218
	<b>33</b>		<b>131,9509</b>

**Tabla 242.-** Datos calculados de la Lijadora.

Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2
1	1	24,0	3,1781	0,6731
2	1	31,8	3,4595	0,2905
3	1	63,7	4,1542	0,0242
4	1	63,3	4,1479	0,0223
5	1	39,5	3,6763	0,1038
6	1	39,8	3,6839	0,099
7	1	39,8	3,6839	0,099
8	1	39,8	3,6839	0,099
9	1	95,2	4,556	0,3108
10	1	38,4	3,6481	0,1228
11	1	31,1	3,4372	0,3151
12	1	39,8	3,6839	0,099
13	1	55,1	4,0091	0,0001
14	1	102,1	4,626	0,3938
15	1	39,8	3,6839	0,099
16	1	55,8	4,0218	0,0005
17	1	53,7	3,9834	0,0002
18	1	38,8	3,6584	0,1157
19	1	79,7	4,3783	0,1442
20	1	79,8	4,3795	0,1452
21	1	119,6	4,7842	0,6173
22	1	37,8	3,6323	0,1341
23	1	94,9	4,5528	0,3072
24	1	15,7	2,7537	1,5495
25	1	55,8	4,0218	0,0005
26	1	102,0	4,625	0,3925
27	1	79,8	4,3795	0,1452
28	1	79,0	4,3694	0,1376
29	1	87,8	4,4751	0,2271
30	1	62,9	4,1415	0,0204
31	1	119,0	4,7791	0,6093
32	1	39,7	3,6814	0,1006
33	1	55,8	4,0218	0,0005
<b>33</b>			<b>131,9509</b>	<b>7,3991</b>

**Tabla 243.-** Parámetros iniciales de la Lijadora.

<b>PARAMETROS OBTENIDOS</b>	
<b>MEDIA X</b>	3,9985
<b>VARIANZA S^2</b>	1,7108
<b>DESVIACION S</b>	1,308
<b>BETTA β</b>	0,9805
<b>ALPHA α</b>	98,217

Se procede a calcular la fiabilidad y la in fiabilidad de Weibull con la utilización de las ecuaciones siguientes.

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t_0 - \gamma}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

**Tabla 244.-** Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad de la Lijadora.

<b>LIJADORA</b>								
<b>Actividad</b>	<b>Nº de Falla</b>	<b>TO (h)</b>	<b>ln(to)</b>	<b>(ln(t)-X) ^2</b>	<b>R(t)</b>	<b>R(t) %</b>	<b>F(t)</b>	<b>F(t) %</b>
1	1	24,0	3,1781	0,6731	0,7885	78,85	0,2115	21,15
2	1	31,8	3,4595	0,2905	0,7286	72,86	0,2714	27,14
3	1	63,7	4,1542	0,0242	0,5257	52,57	0,4743	47,43
4	1	63,3	4,1479	0,0223	0,5279	52,79	0,4721	47,21
5	1	39,5	3,6763	0,1038	0,6737	67,37	0,3263	32,63
6	1	39,8	3,6839	0,099	0,6717	67,17	0,3283	32,83
7	1	39,8	3,6839	0,099	0,6717	67,17	0,3283	32,83
8	1	39,8	3,6839	0,099	0,6717	67,17	0,3283	32,83
9	1	95,2	4,556	0,3108	0,3796	37,96	0,6204	62,04
10	1	38,4	3,6481	0,1228	0,6813	68,13	0,3187	31,87
11	1	31,1	3,4372	0,3151	0,7338	73,38	0,2662	26,62
12	1	39,8	3,6839	0,099	0,6717	67,17	0,3283	32,83
13	1	55,1	4,0091	0,0001	0,5743	57,43	0,4257	42,57
14	1	102,1	4,626	0,3938	0,3533	35,33	0,6467	64,67
15	1	39,8	3,6839	0,099	0,6717	67,17	0,3283	32,83
16	1	55,8	4,0218	0,0005	0,5702	57,02	0,4298	42,98
17	1	53,7	3,9834	0,0002	0,5826	58,26	0,4174	41,74
18	1	38,8	3,6584	0,1157	0,6785	67,85	0,3215	32,15
19	1	79,7	4,3783	0,1442	0,4457	44,57	0,5543	55,43
20	1	79,8	4,3795	0,1452	0,4452	44,52	0,5548	55,48
21	1	119,6	4,7842	0,6173	0,2945	29,45	0,7055	70,55
22	1	37,8	3,6323	0,1341	0,6855	68,55	0,3145	31,45
23	1	94,9	4,5528	0,3072	0,3808	38,08	0,6192	61,92
24	1	15,7	2,7537	1,5495	0,8572	85,72	0,1428	14,28
25	1	55,8	4,0218	0,0005	0,5702	57,02	0,4298	42,98
26	1	102,0	4,625	0,3925	0,3537	35,37	0,6463	64,63
27	1	79,8	4,3795	0,1452	0,4452	44,52	0,5548	55,48
28	1	79,0	4,3694	0,1376	0,4489	44,89	0,5511	55,11
29	1	87,8	4,4751	0,2271	0,4099	40,99	0,5901	59,01
30	1	62,9	4,1415	0,0204	0,5301	53,01	0,4699	46,99
31	1	119,0	4,7791	0,6093	0,2963	29,63	0,7037	70,37
32	1	39,7	3,6814	0,1006	0,6723	67,23	0,3277	32,77

LIJADORA								
Actividad	N° de Falla	TO (h)	ln(to)	(ln(t)-X) ^2	R(t)	R(t) %	F(t)	F(t) %
33	1	55,8	4,0218	0,0005	0,5702	57,02	0,4298	42,98
	<b>33</b>		<b>131,9509</b>	<b>7,3991</b>				

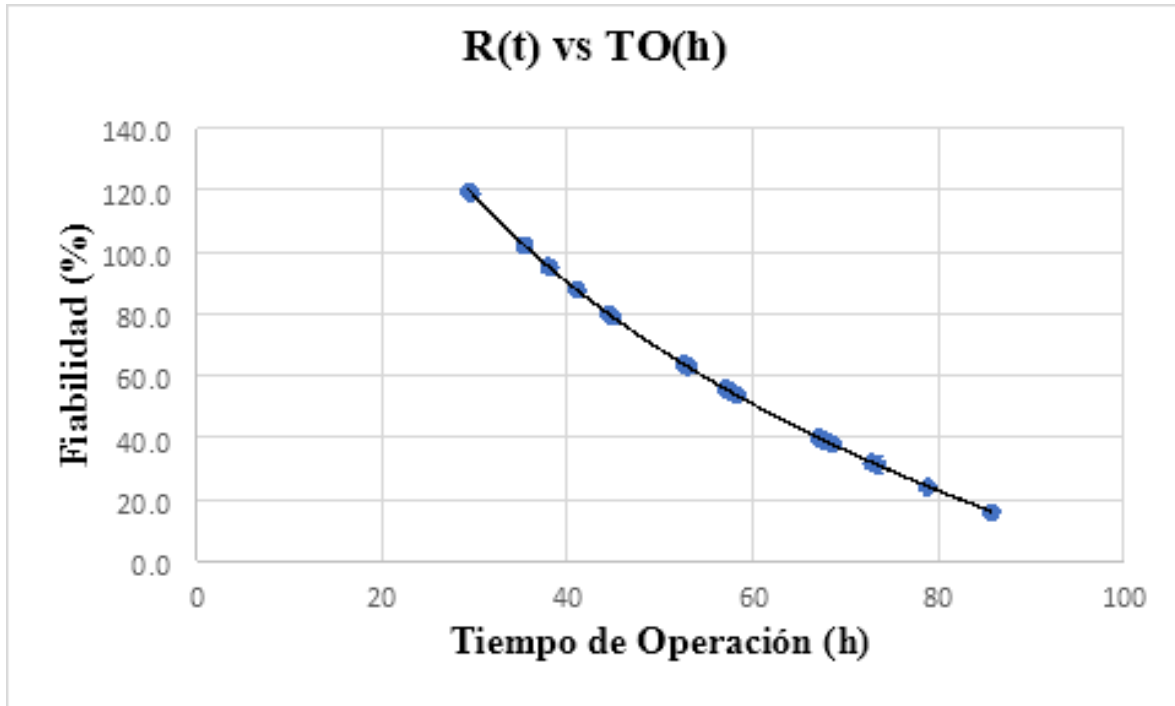


Figura 80.- Gráfica fiabilidad vs tiempo de operación de la Lijadora.

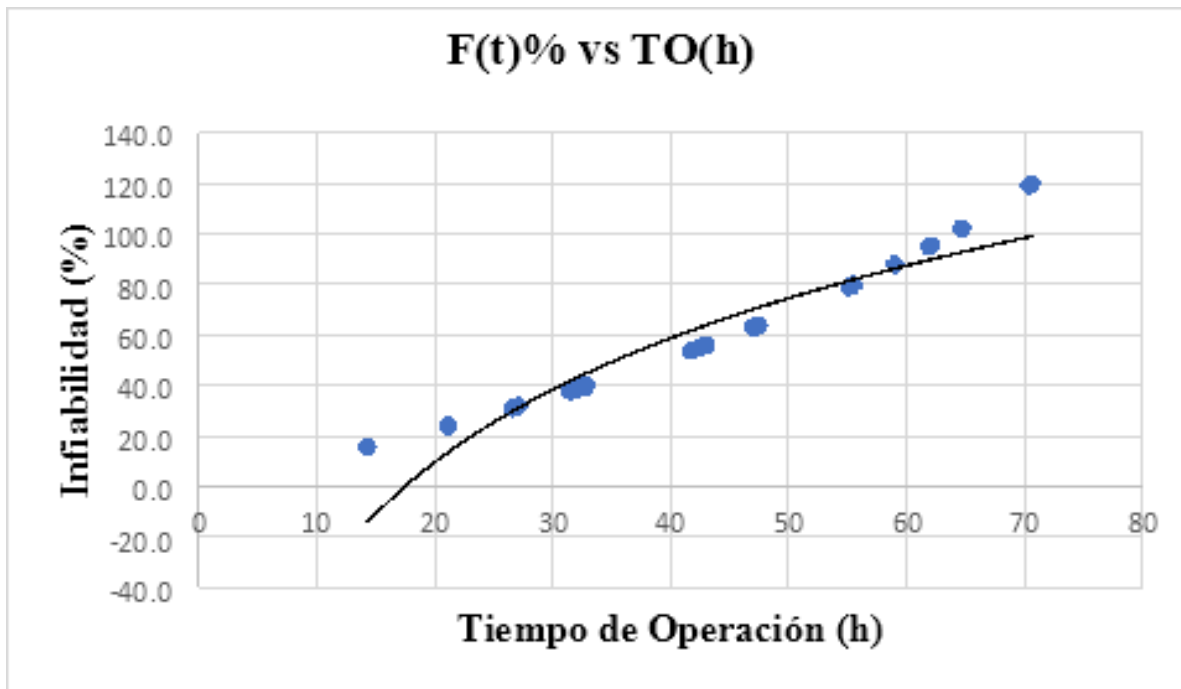


Figura 81.- Gráfica infiabilidad vs tiempo de la Lijadora.



**Modelo Gráfico de Weibull de la Lijadora.**

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

**Tabla 245.-** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa

<b>Numero de Fallas (i)</b>	<b>To (h)</b>	<b>Rango medio</b>	<b>Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)</b>
1	15,7	0,021	2,1
2	24	0,0509	5,09
3	31,1	0,0808	8,08
4	31,8	0,1108	11,08
5	37,8	0,1407	14,07
6	38,4	0,1707	17,07
7	38,8	0,2006	20,06
8	39,5	0,2305	23,05
9	39,7	0,2605	26,05
10	39,8	0,2904	29,04
11	39,8	0,3204	32,04
12	39,8	0,3503	35,03
13	39,8	0,3802	38,02
14	39,8	0,4102	41,02
15	53,7	0,4401	44,01
16	55,1	0,4701	47,01
17	55,8	0,5	50
18	55,8	0,5299	52,99
19	55,8	0,5599	55,99
20	62,9	0,5898	58,98
21	63,3	0,6198	61,98
22	63,7	0,6497	64,97
23	79	0,6796	67,96
24	79,7	0,7096	70,96
25	79,8	0,7395	73,95
26	79,8	0,7695	76,95
27	87,8	0,7994	79,94
28	94,9	0,8293	82,93
29	95,2	0,8593	85,93
30	102	0,8892	88,92
31	102,1	0,9192	91,92
32	119	0,9491	94,91
33	119,6	0,979	97,9

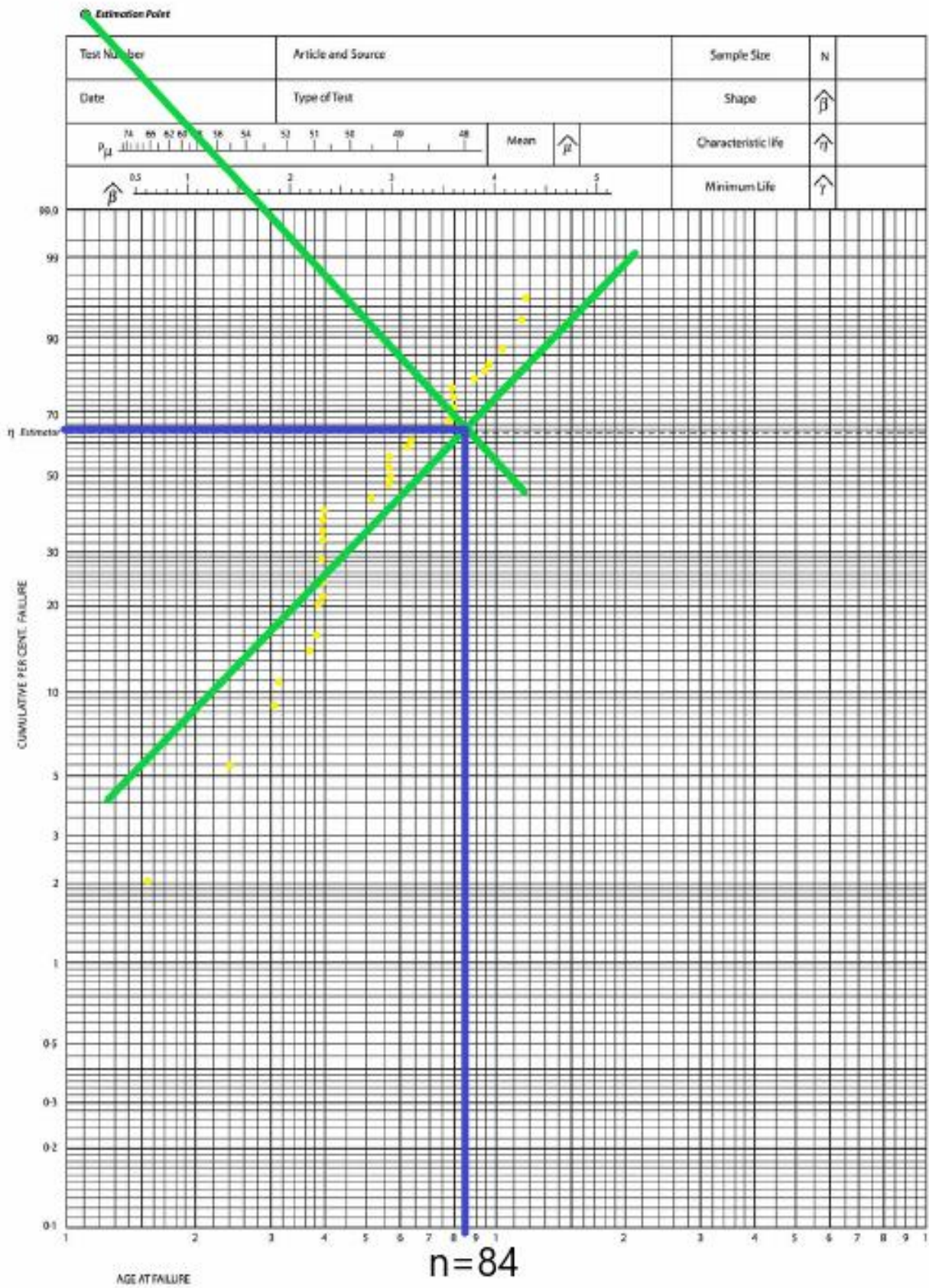


Figura 82.- Papel de Weibull de la Lijadora.

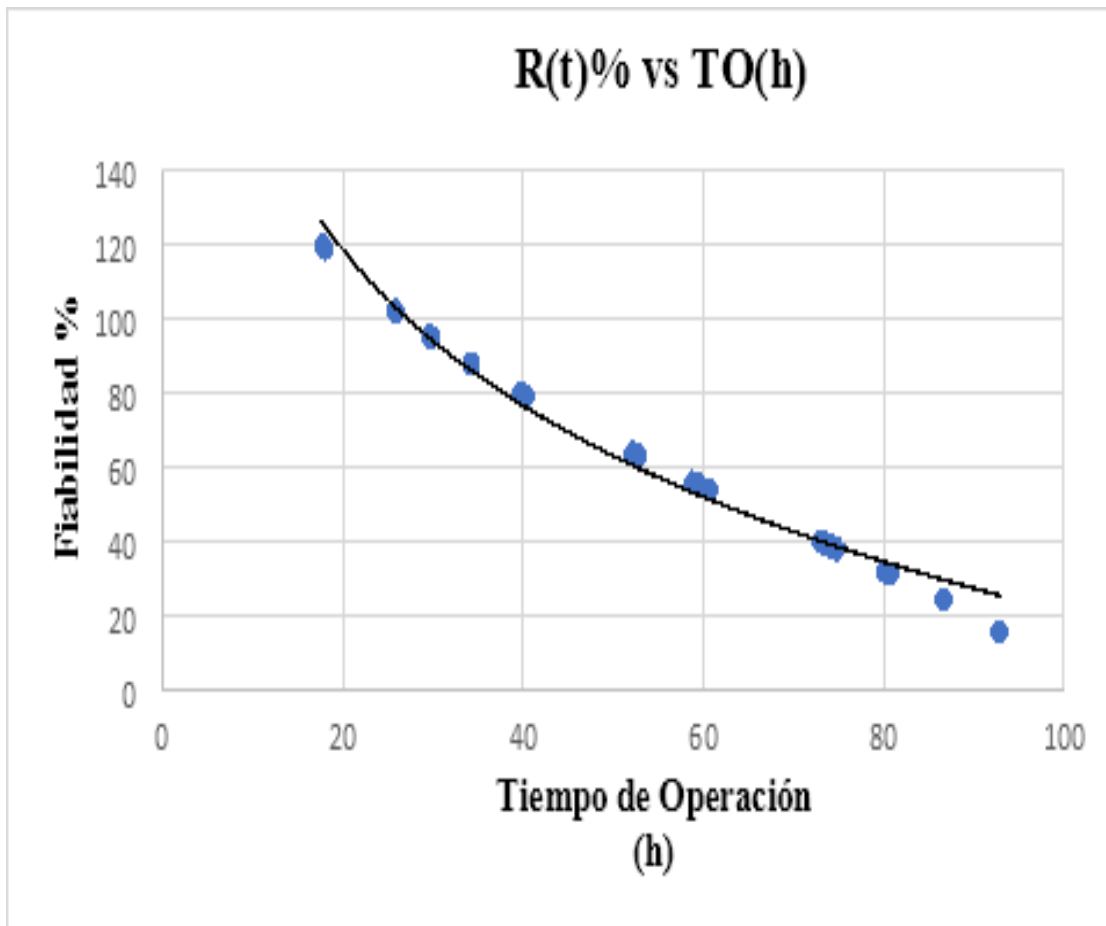
**Tabla 246.-** Parámetros de Fallas de la Lijadora.

$P\mu$	56,5
$\beta$	1,55
n	84

**Tabla 247.-** Fiabilidad de Weibull de la Lijadora.

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
1	15,7	0,021	2,1	0,9284	92,84
2	24	0,0509	5,09	0,8664	86,64
3	31,1	0,0808	8,08	0,8071	80,71
4	31,8	0,1108	11,08	0,801	80,1
5	37,8	0,1407	14,07	0,7482	74,82
6	38,4	0,1707	17,07	0,7429	74,29
7	38,8	0,2006	20,06	0,7393	73,93
8	39,5	0,2305	23,05	0,7331	73,31
9	39,7	0,2605	26,05	0,7313	73,13
10	39,8	0,2904	29,04	0,7304	73,04
11	39,8	0,3204	32,04	0,7304	73,04
12	39,8	0,3503	35,03	0,7304	73,04
13	39,8	0,3802	38,02	0,7304	73,04
14	39,8	0,4102	41,02	0,7304	73,04
15	53,7	0,4401	44,01	0,6066	60,66
16	55,1	0,4701	47,01	0,5944	59,44
17	55,8	0,5	50	0,5883	58,83
18	55,8	0,5299	52,99	0,5883	58,83
19	55,8	0,5599	55,99	0,5883	58,83
20	62,9	0,5898	58,98	0,528	52,8
21	63,3	0,6198	61,98	0,5247	52,47
22	63,7	0,6497	64,97	0,5214	52,14
23	79	0,6796	67,96	0,4028	40,28
24	79,7	0,7096	70,96	0,3978	39,78

Numero de Fallas (i)	To (h)	Rango medio	Porcentaje de Falla acumulativa Fi (%)	R (t)	R (t) (%)
25	79,8	0,7395	73,95	0,3971	39,71
26	79,8	0,7695	76,95	0,3971	39,71
27	87,8	0,7994	79,94	0,3427	34,27
28	94,9	0,8293	82,93	0,2987	29,87
29	95,2	0,8593	85,93	0,297	29,7
30	102	0,8892	88,92	0,2589	25,89
31	102,1	0,9192	91,92	0,2584	25,84
32	119	0,9491	94,91	0,1798	17,98
33	119,6	0,979	97,9	0,1774	17,74



**Figura 83.-** Gráfica de fiabilidad vs tiempo de la Lijadora.

## Gamas de Mantenimiento

**Tabla 248.-** Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Enero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ENERO																															
			Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	
			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	
<b>LIJADORA</b>	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																																
		Control de funcionamiento de la válvula.																																
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																																
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza del Rotor.																																
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																																
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																																
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																																
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																																
		Limpieza de la Válvula.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de Lubricantes.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Temperatura.																																
		Análisis Termográfico.																																
	Análisis de Impulsos de choque.																																	

**Tabla 249.-** Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Febrero

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	FEBRERO																														
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do			
			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			
<b>LIJADORA</b>	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																															
		Control de funcionamiento de la válvula.																															
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																															
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza del Rotor.																															
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																															
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																															
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																															
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																															
	Limpieza de la Válvula.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Análisis de Lubricantes.																															
		Análisis de Vibraciones.																															
Análisis de Temperatura.																																	
Análisis de Impulsos de choque.																																	

**Tabla 250.- Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Marzo**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	MARZO																																
			Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié		
			nes	rtes	rcos	rcos	rcos	ados	agos	nes	rtes	rcos	rcos	rcos	ados	agos	nes	rtes	rcos	rcos	rcos	ados	agos	nes	rtes	rcos	rcos	rcos	ados	agos	nes	rtes	rcos	rcos	rcos
LIJADORA	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																																	
		Control de funcionamiento de la válvula.																																	
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																																	
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																																	
		Limpieza general de la máquina																																	
		Limpieza del Rotor.																																	
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																																	
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																																	
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																																	
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																																	
	Limpieza de la Válvula.																																		
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																	
		Análisis de Lubricantes.																																	
		Análisis de Vibraciones.																																	
		Análisis de Temperatura.																																	
Análisis Termográfico.																																			
Análisis de Impulsos de choque.																																			

**Tabla 251.- Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Abril**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	ABRIL																															
			Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mié				
			ves	nes	ado	ado	nes	rtes	rcos	rcos	rcos	ados	agos	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados	ados
LIJADORA	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																																
		Control de funcionamiento de la válvula.																																
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																																
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza del Rotor.																																
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																																
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																																
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																																
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																																
	Limpieza de la Válvula.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de Lubricantes.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Temperatura.																																
Análisis Termográfico.																																		
Análisis de Impulsos de choque.																																		

**Tabla 252.- Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Mayo**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	MAYO																															
			Sábado	Dom	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Sáb	Do	Lu	
			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	
<b>LIJADORA</b>	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																																
		Control de funcionamiento de la válvula.																																
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																																
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza del Rotor.																																
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																																
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																																
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																																
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																																
	Limpieza de la Válvula.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de Lubricantes.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Temperatura.																																
		Análisis Termográfico.																																
		Análisis de Impulsos de choque.																																

**Tabla 253.- Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Junio**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	JUNIO																														
			Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mi	Jue	Vie	Do		
			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	
<b>LIJADORA</b>	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																															
		Control de funcionamiento de la válvula.																															
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																															
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza del Rotor.																															
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																															
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																															
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																															
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																															
	Limpieza de la Válvula.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Análisis de Lubricantes.																															
		Análisis de Vibraciones.																															
		Análisis de Temperatura.																															
		Análisis Termográfico.																															
		Análisis de Impulsos de choque.																															

**Tabla 254.- Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Julio**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	JULIO																														
			Jueves	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb			
			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
LIJADORA	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																															
		Control de funcionamiento de la válvula.																															
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																															
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza del Rotor.																															
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																															
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																															
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																															
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																															
	Limpieza de la Válvula.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Análisis de Lubricantes.																															
		Análisis de Vibraciones.																															
		Análisis de Temperatura.																															
		Análisis Termográfico.																															
		Análisis de Impulsos de choque.																															

**Tabla 255.- Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Agosto**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	AGOSTO																														
			Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Ma	Mié	Jue	Vie	Do	Lu	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar			
			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
LIJADORA	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																															
		Control de funcionamiento de la válvula.																															
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																															
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																															
		Limpieza general de la máquina																															
		Limpieza del Rotor.																															
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																															
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																															
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																															
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																															
	Limpieza de la Válvula.																																
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																															
		Análisis de Lubricantes.																															
		Análisis de Vibraciones.																															
		Análisis de Temperatura.																															
		Análisis Termográfico.																															
		Análisis de Impulsos de choque.																															



**Tabla 256.- Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Septiembre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																															
			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		
<b>LIJADORA</b>	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																																
		Control de funcionamiento de la válvula.																																
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																																
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza del Rotor.																																
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																																
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																																
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																																
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																																
	Limpieza de la Válvula.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de Lubricantes.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Temperatura.																																
		Análisis Termográfico.																																
		Análisis de Impulsos de choque.																																

**Tabla 257.- Gama de mantenimiento de la Lijadora, correspondiente al mes de Octubre**

MÁQUINA	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES	OCTUBRE																															
			Vie	Do	Ma	Mi	Vie	Do	Ma	Mi	Vie	Do	Ma	Mi	Vie	Do	Ma	Mi	Vie	Do	Ma	Mi	Vie	Do	Ma	Mi	Vie	Do	Ma	Mi	Vie	Do		
			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	
<b>LIJADORA</b>	PREVENTIVO	Reemplazo del resorte de la Válvula.																																
		Control de funcionamiento de la válvula.																																
		Reemplazo de La Bolsa de Filtro.																																
		Control de funcionamiento del Regulador de velocidad.																																
		Limpieza general de la máquina																																
		Limpieza del Rotor.																																
		Limpieza del Protector antipolvo del rodamiento.																																
		Limpieza de la Bolsa de Filtro.																																
		Limpieza del Regulador de Velocidad.																																
		Engrase del rodamiento rígido de bolas.																																
	Limpieza de la Válvula.																																	
	PREDICTIVO	Inspección Visual.																																
		Análisis de Lubricantes.																																
		Análisis de Vibraciones.																																
		Análisis de Temperatura.																																
		Análisis Termográfico.																																
		Análisis de Impulsos de choque.																																



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

Mediante un análisis de fallos y modos de fallo AMFE se determinó el estado de las máquinas presentes en el área de enderezada y pintura, conjuntamente con la ayuda de la nota técnica de prevención NTP 679 se elaboró una matriz de criterios ponderados y una ficha en la cual se detalló la frecuencia y la gravedad con la que ocurrieron los fallos en cada una de las máquinas, esto permitió elaborar de una forma correcta la matriz AMFE, en la cual se detectó los componentes que llegan a fallar con mayor frecuencia.

Se identificó los componentes más críticos mediante la matriz de criticidad de los componentes de cada una de las máquinas, conjuntamente con la ayuda de un sistema de colores se determinó que la cortadora plasma es la máquina que más componentes críticos posee, esto se debe a que es la más utilizada en el taller para cortar diferentes espesores de láminas de metal, por lo cual se le debe dar un mantenimiento preventivo y predictivo con un seguimiento adecuado para evitar paradas prolongadas en la empresa.

Los parámetros requeridos para el mantenimiento preventivo y predictivo fueron determinados utilizando la distribución de Weibull según la nota técnica de prevención NTP 331 para cada una de las máquinas, obteniendo como resultado: el tiempo de operación, parámetro de forma, parámetro de localización y el parámetro del papel de Weibull, cabe mencionar que estos valores tienden a variar ya que se realizó un análisis matemático y un análisis gráfico y la diferencia es que en el uno interviene el parámetro de localización, mientras que en el otro interviene el parámetro de papel de Weibull.

Se determinó la fiabilidad de las máquinas mediante la distribución de Weibull, a través de dos métodos: matemático y gráfico, en estos métodos intervinieron los datos que se obtuvieron a partir del estadístico de fallas y también de las ecuaciones estadísticas, las mismas que me permitieron determinar los parámetros requeridos para

el método matemático, además se utilizó la tabla o papel de Weibull para determinar dichos parámetros de una forma gráfica.

Se realizó las Gamas de mantenimiento preventivo y predictivo para cada una de las máquinas, en las cuales se detalló las actividades diarias, semanales, mensuales, semestrales o anuales, según los requerimientos de los componentes de cada máquina, mismas que se las deberá realizar con el fin de evitar posibles fallas en los períodos en que las máquinas se encuentren en funcionamiento, además detallé las actividades de limpieza y lubricación que se deberá realizar para prevenir fallos inesperados.

En el trabajo realizado se identificó, 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, es decir fallas tempranas y 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, pude constatar que se encuentran en la zona de período útil, es decir fallas aleatorias y por ende se debe realizar un mantenimiento preventivo.

#### **4.2. Recomendaciones**

Para el caso de la determinación de los parámetros de Weibull, recomiendo utilizar las ecuaciones de media y mediana, con el objetivo de obtener resultados más confiables.

Utilizar un programa de cálculo para reducir los tiempos de determinación de los parámetros de Weibull.

Para la elaboración del estadístico, recomiendo recolectar la información lo más reciente que sea posible para lograr obtener un análisis correcto sobre el estado de las máquinas.

Elaborar un sistema de colores para identificar de mejor manera las actividades que se deben realizar ya sea diaria, semanal, mensual, semestral o anual.

Recomiendo hacer uso de los manuales y planos de cada una de las máquinas para tener un panorama más amplio sobre los elementos que conforman cada una de las mismas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] J. Valdivieso, «Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa extruplas s.a.» [En Línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/12/UPS-CT001680.pdf>
- [2] J. Riera, «Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa cubiertas del ecuador kubiec s.a. en la planta esthela», [En Línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5974/1/T-ESPE-034434.pdf>
- [3] M. Tamariz, «Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa de mirasol.s.a.», [En Línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5080/1/TESIS.pdf>
- [4] «Técnicas de mantenimiento industrial», 5 de agosto 2004, Editorial ALCIÓN. Madrid (Bimensual)
- [5] L. Flores, «Plan de mantenimiento preventivo y correctivo para un despulpador de fruta (pulper) para la planta hortofrutícola Ambato Planhofa C.A», [En Línea]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/245/1/t297id.pdf>
- [6] C. Pérez y M. Salazar, «Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad», Universidad del Oriente, Barcelona, junio del 2009.
- [7] P. Medina, «Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para una paletizadora de sacos de cemento,» Universidad de Oriente, Puerto la Cruz, 2010.
- [8] R. Andogoya, «Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) del Autotransformador de Pomasqui,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2005.
- [9] C. Quinteros, J. Razzo, M. Solórzano y G. Rubio, «Análisis y Diseño de un modelo experimental de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el sector Industrial,» ESPOL, Guayaquil.
- [10] Fiabilidad: la distribución de Weibull, NTP 331
- [11] Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, NTP 679

- [12] J. González, «Estudio de la factibilidad de un banco de enderezada de carrocerías por golpes frontales para vehículos livianos en las instalaciones del taller de colisiones de la empresa KIA-ASIAUTO», 2015.
- [13] Technology, Automotive Technology. Recuperado el 12 de diciembre del 2020, de Autech: <http://www.autech.com.ec>
- [14] LINCOL ELECTRIC. Soldadura semiautomática con gas de protección (MIG-MAG). [Online]. Available: <https://www.solysol.com.es/data/documents/SoldaduraMIGMAG.pdf>
- [15] Pacheco Díaz, G. (2015). Procesos en soldadura. Grupo Editorial Éxodo. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/uta/128566?page=33>.
- [16] J. Pinto, «Diseño y Construcción de una cabina de pintura automotriz que funcione con energía solar»,2011.
- [17] Luszczewski, A. (2013). Redes industriales de tuberías: bombas para agua, ventiladores y compresores. Barcelona, Spain: Editorial Reverté. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/uta/46717?page=252>.
- [18] Ortega G. (2016). Diseño, construcción e implementación de un prototipo de un horno de secado (curado) de pintura automotriz y pruebas de pintura en las probetas al final del proceso.

# ANEXOS

## Anexo I.

Año: 1994



### NTP 331. Fiabilidad: la distribución de Weibull

Fiabilidad: la distribución 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<sup>a</sup> 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:

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

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

$\eta$  - parámetro de escala o vida característica

$\beta$  - 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:

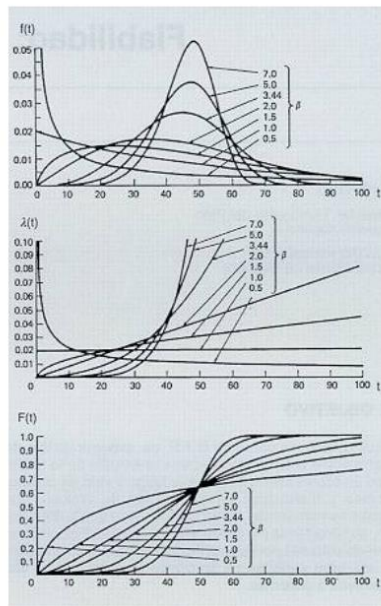
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (3)$$

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.
- $\eta$  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  $\beta$  ya que como hemos visto su valor no influye en los cálculos realizados. Por esta razón también se le llama usualmente vida característica.
- $\beta$  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  $\beta$ , 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  $\beta$**

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  $\beta$  bajos ( $\sim 0,5$ ) pueden asociarse con ciclos de fatigas bajos y los valores de  $\beta$  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 ( $t_0$ ,  $\eta$ ,  $\beta$ ) 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:  $\ln \ln [1 / 1 - F(t)]$  (Doble logaritmo neperiano)

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

Existen tres casos posibles en función del valor de  $t_0$

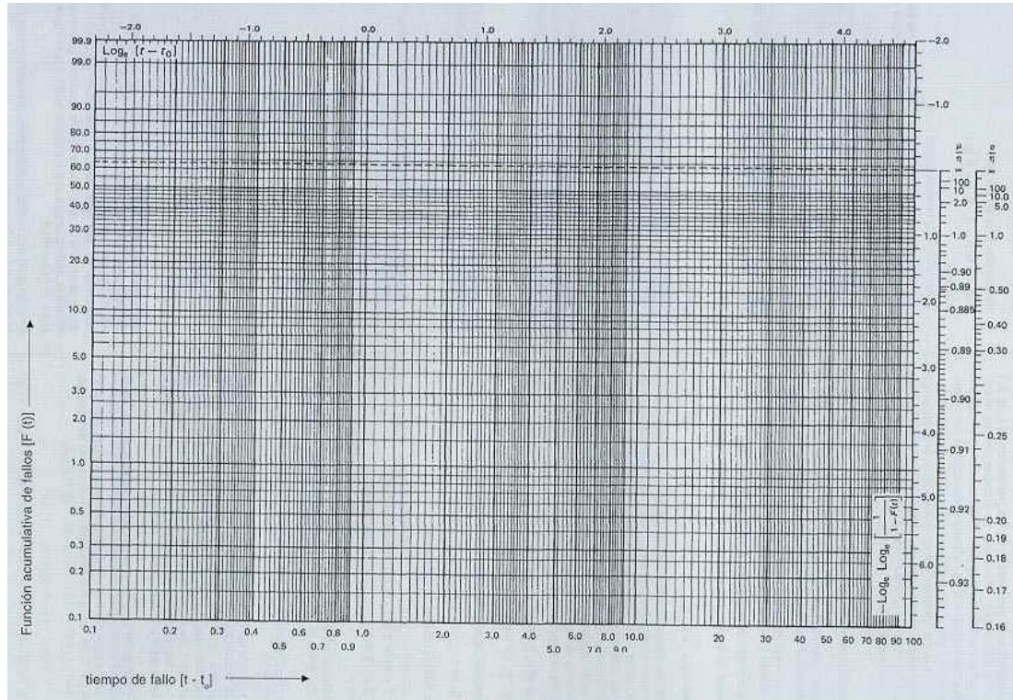
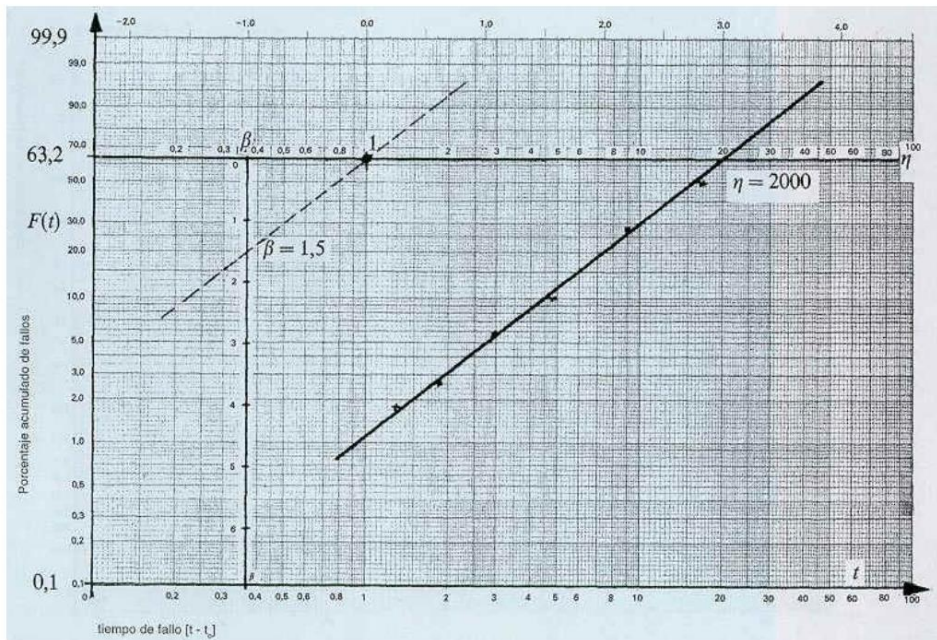


Fig. 2: Muestra del papel de Weibull



**Fig. 3: Lectura de los parámetros  $h$  y  $\beta$  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  $\beta$  y  $\eta$  se utiliza el papel de Weibull.

- Cálculo de  $\beta$ :  $\beta$  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  $\beta$  en una escala tabulada de 0 a 7. Ver gráfico en fig. 3.
- Cálculo de  $\eta$ :  $\eta$  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:

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

tendremos que se cumple:

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

$$X = \ln \eta$$

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

$\eta$  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 variancia  $\sigma$ : 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:

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

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

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

$\beta$	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	$\sigma/\eta$	$\beta$	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	$\sigma/\eta$
0	$\infty$	$\infty$	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	0,9649	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	0,8998	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	0,486			

**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

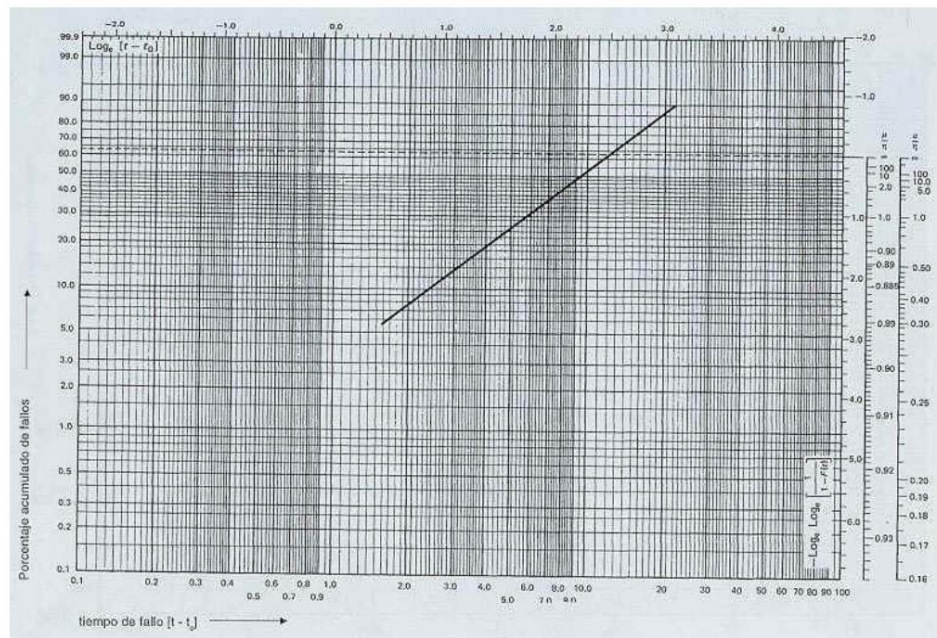
Tabla 2: Valores medios clasificados de fallos en función del tamaño de la muestra (columnas) y del número medio de fallos acumulados (filas)

	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	0,0432	1
2		0,7071	0,5000	0,3864	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	0,3213	0,2871	0,2594	0,2366	0,2175	0,2013	0,1873	0,1751	3
4				0,8499	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	0,5595	0,5000	0,4519	0,4122	0,3789	0,3506	0,3263	0,3051	5
6						0,8909	0,7805	0,6787	0,6065	0,5481	0,5000	0,4596	0,4253	0,3958	0,3700	6
7							0,9037	0,7979	0,7129	0,6443	0,5878	0,5404	0,5000	0,4653	0,4350	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	0,8899	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	0,3225	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	0,2992	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	0,3903	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	0,5787	0,5588	0,5394	0,5216	0,5050	0,4895	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	0,9169	0,8735	0,8346	0,7990	0,7662	0,7361	0,7082	0,6824	0,6584	0,6350	0,6131	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	0,8891	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  $\beta$ , por otro lado se puede ver gráficamente que  $t_0$  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  $\beta$  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:

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

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 :

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

$$\text{MTBF} = 12 \Gamma(1 + 1/1,5) = 12 \cdot 0,9028 = 10,83 \text{ meses}$$

La desviación tipo será :

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

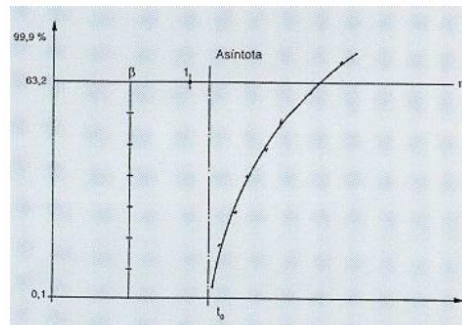
para  $\beta = 1,5$  y según las tablas nos da el valor de  $\sigma/\eta = 0,613$  que como  $\eta = 12$  tenemos que:  $\sigma = 12 \cdot 0,613 = 7,356$  meses.

#### Caso de $t_0 > 0$

Para este caso los datos no se alinean adoptando la forma indicada en 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:

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

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:

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

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

$$t' = t - t_0$$

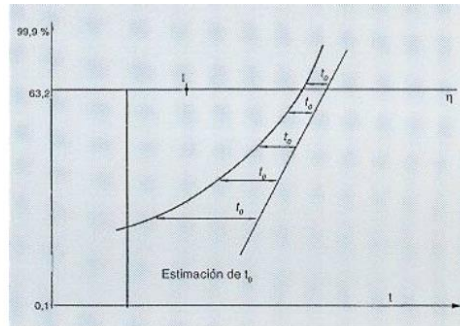
$t'$  = nuevo tiempo

$t$  = 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 mezcladas.

**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.

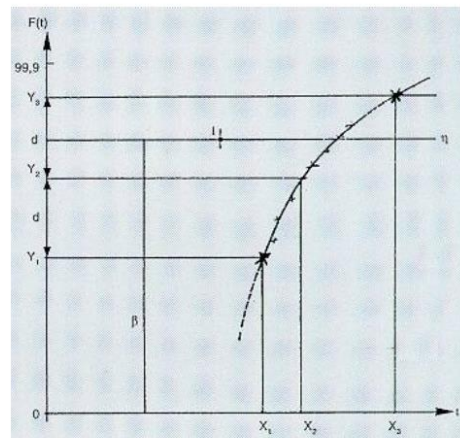


**Fig. 6: Representación gráfica para el caso de  $t_0 > 0$**

**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)

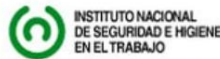
(2) ANTONIO CREUS SOLE  
**Fiabilidad y Seguridad. Su aplicación en procesos industriales**  
Marcombo Boixareu Editores. Barcelona (1992)

(3) J.MOTHES - J. TORRENS- IBERN  
**Estadística aplicada a la ingeniería**  
Ediciones Ariel. Esplugues 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)





## 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<sup>o</sup> 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 aeronáutica 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 con vertir 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 mejoría de 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 reciben 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 a 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 o 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 importante 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 deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haña 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 afectar 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 está 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 fallo.

#### 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 contribuyera 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 fallos 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 llega 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 Isikawa.
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. Continuación

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)												
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	MODO DE FALLO	FALLOS POTENCIALES		CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	ESTADO ACTUAL			ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA ACCIONES IMPLANTADAS
			MODOS DE FALLO	EFECTOS			F	G	D			
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO		COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE		
										Hoja: FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:		
Estaciones de geometría y soldadura en general	2.1	Dificultad de controlar puntos de soldadura ocultos	Rechazo, reparaciones, retrabajos	Imposibilidad de controlar al no poder sacar de la línea piezas que incluyen otras que después quedan tapadas	Ninguna	10	7	8	560	Modificar programas para sacar muestreo sin perder producción	Proceso Chapa / Anteproyecto	
	2.2	Piezas mal posicionadas o invertidas	Rechazos, retrabajos	Uñi permite varias posiciones	Ninguna	10	10	5	500	Pokayoke utilaje para encontrar solución	Proceso Chapa / Anteproyecto	
Fechado y marcado de conjuntos	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	Proceso Chapa / Anteproyecto	
	3.2	Marcaje deficiente	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Incorrecta 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	Proceso Chapa / Anteproyecto	

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 Díaz 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 III.



## ***CAMA DE ENDEREZADO***



***MANUAL DE INSTRUCCIONES***

Anexo IV.

# SPOTTER TECNA

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

SPOT 65



SPOT 85-85R



COMBI 6520-8520  
COMBI 6520AL-8520AL  
COMBI 6525-8525



### ATENCIÓN

Antes de utilizar la Spot, leer atentamente el presente manual.

Anexo V.



Anexo VI.

# ***powermax1000***<sup>®</sup>

## ***Sistema de corte por plasma***

***Manual del operador  
804293 – Revisión 1***



***PROWAR ELITE***

*El líder en tecnología  
de corte por plasma™*

***Español / Spanish***



**MANUAL DE INSTRUCCIÓN  
USO Y MANTENIMIENTO**



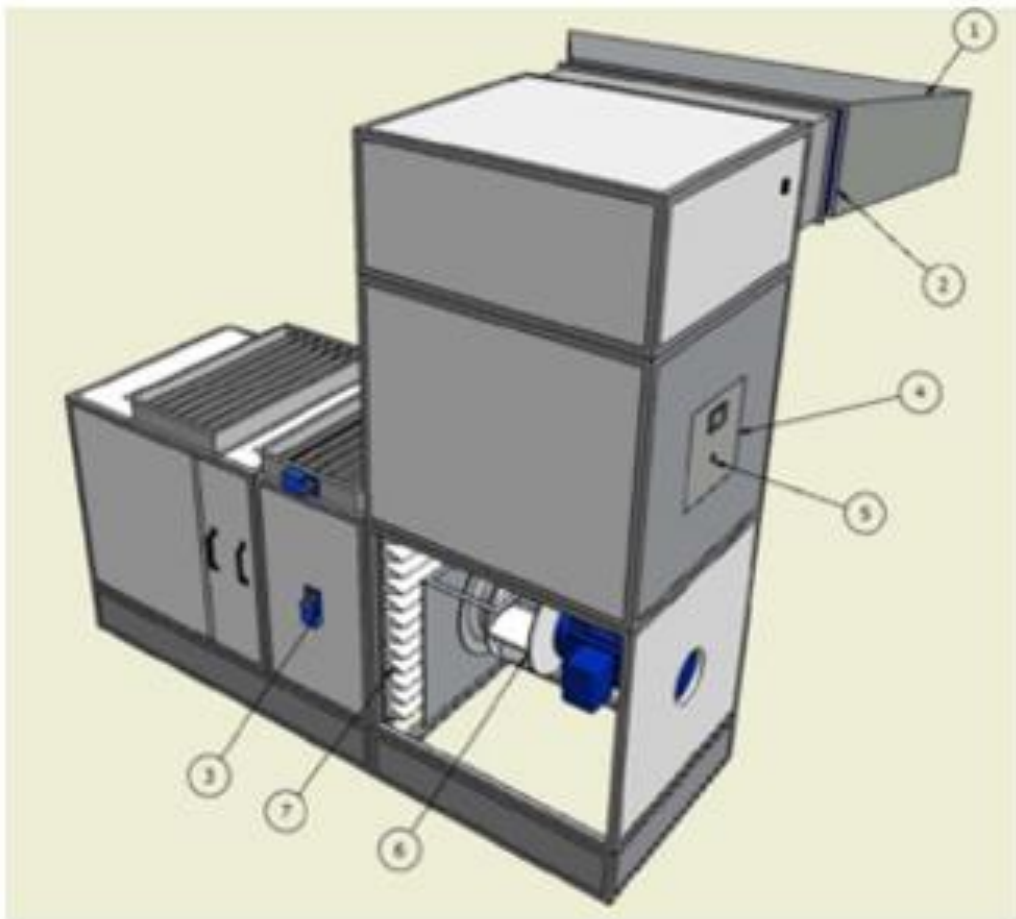
**CABINA DE PINTURA  
*MOD. Powertherm***





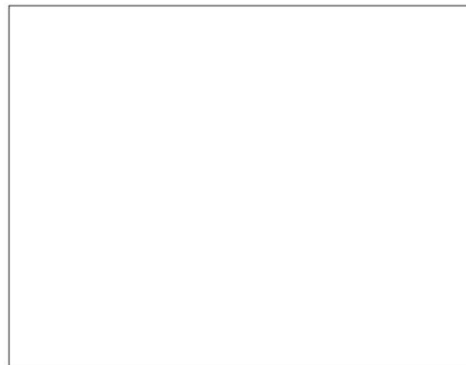


**MANUAL DE INSTRUCCIÓN  
USO Y MANTENIMIENTO**



**HORNO DE PINTURA**

**MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO**  
**ELECTROCOMPRESORES SILENCIADOS ROTATIVOS DE TORNILLO**



**ADVERTENCIAS:** antes de utilizar el compresor lea detenidamente las instrucciones indicadas en el siguiente manual.

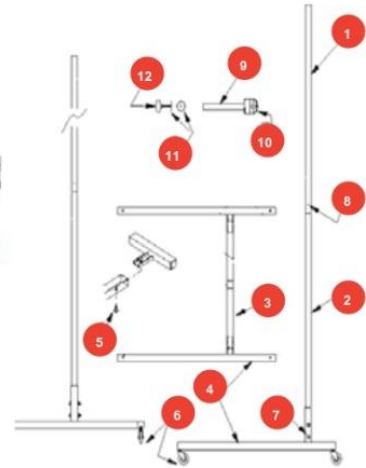
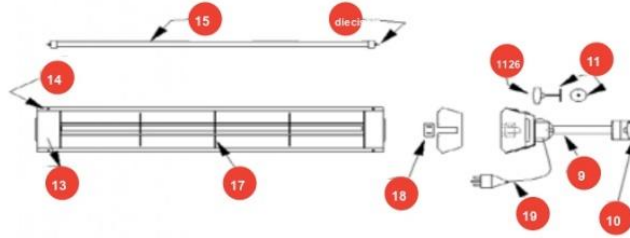
## Anexo X.

**INFRA**TECH  
AUTOMOTIVE

## INSTRUCCIONES DE MONTAJE

ONDA MEDIA

SRU-1615 | SRU-3215



Ámbito	PARTE	Descripción	Ámbito	PARTE	Descripción
1	13-1110	De pie	11,12	13-1095	Arandela de lengüeta con
2	13-1120	De pie (engarzado)	13	13-1000	carreta de extremo de perilla (juego de 2)
3	13-1102	Barra transversal de la base del soporte	14		Sujetador de carreta de extremo Torillo n.°
4	13-1100	Pie de pierna (izquierda)	15	10-1065	8 Elemento E-1512 (120V 32") Elemento
4	13-1101	Pie de pierna (derecha)			de electros
5		Perno del marco del soporte Rueda de 3 /	17	13-1010	Protector de parrilla
6	13-1130	8-16 x 3/4" (C / U)	18	13-1020	Soporte de clip de elemento
	13-1140	Soporte conjunto de hardware	19	13-1040	Cable de alimentación
7		Sujetador vertical de soporte / base		13-1080	Conjunto de hardware Speedray
8		Tornillo # 8 SRS ranurado con cabeza		13-1030	Reflector
	14-2550	hexagonal Juego de ruedas de 2" (4 C / U)		13-1050	Caja de conexiones con cable de
9	14-2555	Conjunto de brazo cruzado		13-1070	alimentación. Juego de cables conductores
10	13-1090	Perilla macho de 1 / 4-20 x 9/16"			

### MONTAJE DE SU NUEVO SISTEMA

**Desempaque su sistema:** Desembale con cuidado su nuevo sistema, asegurándose de que todas las piezas para el ensamblaje estén incluidas. Si falta alguna pieza, llame al servicio al cliente para su reemplazo.

**Montar soporte:** Instale las ruedas (4) y tapas de los extremos primero, luego deslice las patas juntas (4) y travesaño (3). Atornille las piezas del marco en H junto con los pernos de 3/8" suministrados (5). Montar en posición vertical deslizando prensado (2) y sin arrugar (1) secciones juntas e insertando el tornillo de bloqueo (8). Con el soporte sentado en posición vertical sobre sus ruedas, insértelo en posición vertical y asegúrelo con los sujetadores suministrados.

**Instalar elementos:** Coloque la carcasa del calentador boca arriba sobre una superficie de trabajo estable. Retire los reflectores de los extremos. Quite el protector de la parrilla agarrando el alambre transversal central del protector y con la otra mano, coloque el pulgar cerca del orificio de montaje de la parrilla. Presione suavemente el reflector con el pulgar mientras retira el cable del centro de protección del orificio. Retire el cable central de la parte inferior. Retire la protección deslizándola hacia la izquierda y luego hacia la derecha. A continuación, elimine los clips de elementos (18). Desembale con cuidado el elemento (NOTA: está hecho con vidrio de cuarzo y se puede romper fácilmente). Quite una tuerca de los extremos del elemento; terminales de anillo deslizando sobre espárragos y reemplace las tuercas. NOTA: Sostenga la cerámica del elemento firmemente mientras aprieta las tuercas (use dos

llaves). Las tuercas deben estar bien apretadas; las conexiones de anillo sueltas pueden dañar el elemento. Coloque el elemento en el canal en U y vuelva a instalar los clips. Vuelva a armar el calentador.

**Montaje final:** Conecte el brazo transversal a la carcasa del calentador con la perilla y la arandela de lengüeta suministradas. Instale la perilla de bloqueo deslizando vertical en el brazo transversal y deslice el conjunto sobre el poste vertical del soporte; asegúrelo en la posición deseada con la perilla de bloqueo.

**Primer uso:** Su sistema de curado Infratech está listo para usar. Solo conéctelo a una fuente de alimentación con conexión a tierra. Coloque el sistema a 18" o más lejos del área a curar.

#### ADVERTENCIAS:

**Fuente de posible ignición NUNCA bloquee el frente del calentador**

**NO opere a menos de 25' de materiales inflamables PELIGRO:** para reducir el riesgo de explosión, no lo use dentro de los 10' de las operaciones de pulverización durante la pulverización

**NUNCA dé servicio al calentador sin desconectarlo de la energía**

**Fuente de posible shock**

Úselo solo con una fuente de alimentación con conexión a tierra

#### REEMPLAZO DE ELEMENTOS

SRU-1615/3215

N° DE PEDIDO. 10-1065



Anexo XI.

# MANUAL DE USUARIO PISTOLA PULVERIZADORA ALTA PRESION



ANI  
F150

Anexo XII.



**RANDOM ORBITAL SANDER ELITE SERIES INSTRUCTION MANUAL**  
**127 mm (5 in.) and 152 mm (6 in.)**  
**12,000 RPM**

**Important Safety Information**

Please read understand and follow all safety information contained in these instructions prior to the use of this tool. Retain these instructions for future reference.

**Intended Use**

This pneumatic tool is intended for use in industrial locations, and used only by skilled, trained professionals in accordance with the instructions in this manual. This pneumatic tool is designed to be used with a disc pad and appropriate abrasive for sanding metals, wood, stone, plastics and other materials. It should only be used for such sanding applications and within marked capacity and ratings. Only accessories specifically recommended by 3M should be used with this tool. Use in any other manner or with other accessories could lead to unsafe operating conditions.

Do not operate tool in water or in an excessively wet application.

Do not use disc pads that have a Max RPM less than the tool Max RPM rating. Never use disc pads that have a weight and/or size different than what the tool was specifically designed for.

Summary of device labels containing safety information	
Marking	Description
	<b>⚠ WARNING:</b> Refer to Instructic
Always operate at 90 PSIG / 6.2 bar max	Maximum Pneumatic Inlet Pressure
12,000 RPM	Maximum Rotational Speed
Hand / Wrist / Arm injury can occur with prolonged exposure to vibration	Vibration Safety Note

Explanation of Signal Word Consequences	
<b>⚠ WARNING:</b>	Indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, may result in death or serious injury and/or property damage.
<b>⚠ CAUTION:</b>	Indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, may result in minor or moderate injury and/or property damage.

<p>Read the Material Safety Data Sheets (MSDS) before using any materials.</p> <p>Contact the suppliers of the workpiece materials and abrasive materials for copies of the MSDS if one is not readily available.</p>	<p><b>⚠ WARNING</b></p> <p>Exposure to <b>DUST</b> generated from workpiece and/or abrasive materials can result in lung damage and/or other physical injury.</p> <p>Use dust capture or local exhaust as stated in the MSDS. Wear government-approved respiratory protection and eye and skin protection.</p> <p>Failure to follow this warning can result in serious lung damage and/or physical injury.</p>
---	--

