



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD INGENIERÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Análisis del tiempo medio entre fallos en Industrias JESSA: Pronóstico de la disponibilidad y la productividad mediante series temporales.

**Trabajo de Titulación para optar al título de**  
**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Jurado Robayo, Marcus Damiano

**Tutor:**

MgSc. Luis Stalin López Telenchana.

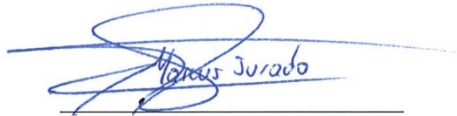
**Riobamba, Ecuador. 2026**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Jurado Robayo Marcus Damiano, con cédula de ciudadanía 060352823-3, autor del trabajo de investigación titulado: Análisis del tiempo medio entre fallos en industrias JESSA: pronóstico de la disponibilidad y la productividad mediante series temporales, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 29 días del mes de junio del 2026.



Marcus Damiano Jurado Robayo

C.I: 060352823-3

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

En la ciudad de Riobamba, a los 01 del mes de junio del 2026, luego de haber revisado el informe final del trabajo de investigación presentado por el estudiante Jurado Robayo Marcus Damiano con C.C 060352823-3, de la carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el dictamen favorable del informe final del trabajo de investigación titulado “Análisis del Tiempo Medio entre Fallos en Industrias JESSA: Pronóstico de la Disponibilidad y Productividad mediante series temporales”, por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes

En Riobamba, a los 01 dias del mes de junio de 2026




**Ing. Luis Stalin López Telenchana Mgs.  
Tutor**

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación: **Análisis del tiempo medio entre fallos en industrias JESSA: pronóstico de la disponibilidad y la productividad mediante series temporales**, presentado por Marcus Damiano Jurado Robayo, con cédula de identidad número 060352823-3, bajo la tutoría de Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mgs.; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 29 de junio de 2026

Magdala Lema Espinoza Mgs.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



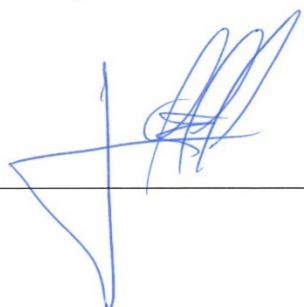
---

Vicente Soria Granizo Mgs.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Juan Carlos Mancheno PhD  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---



## CERTIFICACIÓN

Que, Jurado Robayo Marcus Damiano con CC: 0603528233, estudiante de la Carrera Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“Análisis del Tiempo Medio entre Fallos en Industrias JESSA: Pronóstico de la Disponibilidad y la Productividad mediante series temporales”**, cumple con el **6%**, de acuerdo al reporte del sistema Antiplagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 22 de junio de 2026.

---

Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mgs.

**TUTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de investigación a todas las personas que formaron parte de mi proceso de formación profesional y personal.

A mis padres y seres queridos, por ser la fuente permanente de motivación, apoyo y confianza. Su ejemplo de persistencia y compromiso me inspiró a afrontar cada desafío con responsabilidad y determinación. Gracias por acompañarme en cada etapa de este recorrido y por celebrar cada avance alcanzado.

A mi familia, por comprender las horas de dedicación, esfuerzo y sacrificio que demandó esta carrera. Su respaldo incondicional fue fundamental para mantenerme firme en cumplir mi meta y para superar los retos que se presentaron a lo largo de la formación académica.

A nuestros docentes, quienes compartieron sus conocimientos, experiencia y vocación, contribuyendo significativamente a mi crecimiento profesional. Sus enseñanzas no solo fortalecieron las capacidades técnicas, sino también a mi compromiso con la mejora continua y la búsqueda de soluciones que generen valor en la sociedad.

A nuestros compañeros y amigos, por el aprendizaje compartido, el trabajo en equipo y las experiencias que enriquecieron mi vida universitaria. Cada proyecto, desafío y logro alcanzado en conjunto dejó enseñanzas que permanecerán más allá de las aulas.

Finalmente, dedicamos este trabajo a la Facultad de Ingeniería Industrial, disciplina que nos enseñó a observar los procesos con una visión crítica, estratégica e innovadora, motivándome a contribuir al desarrollo de organizaciones más eficientes, sostenibles y orientadas al bienestar de las personas. Que este proyecto represente el esfuerzo, la dedicación y el compromiso que he depositado en mi formación profesional y en la construcción de mi futuro.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser mi fuente de fortaleza, sabiduría y perseverancia durante cada etapa de mi formación académica. Su guía me permitió superar los desafíos encontrados en el camino y alcanzar esta importante meta profesional.

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a la Carrera de Ingeniería Industrial, por brindarme una formación académica de calidad y un entorno propicio para el desarrollo de conocimientos, habilidades y valores que han contribuido significativamente a mi crecimiento personal y profesional.

A mi tutor de investigación, Mgs. Luis López, por su valioso acompañamiento, orientación y dedicación a lo largo de la ejecución de este trabajo. Su experiencia, conocimientos y observaciones fueron fundamentales para fortalecer el trabajo técnico y académico de la presente investigación.

A los miembros del tribunal de grado, por el tiempo dedicado a la revisión de este proyecto y por sus aportes, sugerencias y observaciones, los cuales permitieron enriquecer el contenido y mejorar la calidad de los resultados obtenidos.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial, quienes a través de su compromiso con la enseñanza compartieron conocimientos y experiencias que contribuyeron a mi formación como profesional. Sus enseñanzas constituyen una base sólida para afrontar los retos del ejercicio profesional con responsabilidad, ética y vocación de servicio.

Finalmente, agradezco a todas las personas que formaron parte de este proceso y contribuyeron a la culminación de esta investigación. Su apoyo, confianza y motivación fueron elementos esenciales para alcanzar este importante logro académico y profesional.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO .....	
ÍNDICE GENERAL .....	
ÍNDICE DE TABLAS .....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	
ÍNDICE DE ANEXOS.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT .....	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 Planteamiento del Problema .....	17
1.2 Antecedentes.....	19
1.3 Justificación .....	21
1.4 Objetivos.....	21
1.4.1 General .....	21
1.4.2 Específicos.....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	22
2.1 Fundamentación Teórica .....	22
2.1.1 Mantenimiento.....	22
2.1.2 Tipos de Mantenimiento.....	22
2.1.3 Análisis de Criticidad.....	22
2.1.4 Confiabilidad de Equipos .....	25
2.1.5 Tipos de Falla .....	26

2.1.6	Indicadores de Mantenimiento .....	26
2.1.7	Modelación Matemática en Mantenimiento .....	27
2.1.8	Mantenimiento Predictivo Basado en Datos.....	27
2.1.9	Pronóstico de la Disponibilidad.....	27
2.2	Marco Conceptual .....	27
2.2.1	MTBF.....	27
2.2.2	MTTR.....	27
2.2.3	Disponibilidad .....	27
2.2.4	Confiabilidad .....	28
2.2.5	Mantenibilidad.....	28
2.2.6	Falla .....	28
2.2.7	Equipo critico .....	28
2.2.8	Historial de fallas.....	28
2.3	Glosario .....	28
2.3.1	MTBF.....	28
2.3.2	MTTR.....	28
2.3.3	Disponibilidad .....	28
2.3.4	Mantenimiento.....	28
2.3.5	Python .....	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....		29
3.1	Tipo de Investigación.....	29
3.1.1	Investigación de Campo.....	29
3.1.2	Nivel Descriptivo.....	29
3.2	Diseño de Investigación.....	29
3.2.1	No Experimental.....	29
3.3	Técnicas de Recolección de Datos .....	29
3.3.1	Análisis Documental.....	29
3.3.2	Fichas .....	29
3.4	Población de Estudio y Tamaño de Muestra.....	29

3.4.1	Población.....	29
3.4.2	Muestra.....	30
3.5	Hipótesis.....	30
3.5.1	Operacionalización de Variables .....	31
3.6	Métodos de Análisis, y Procesamiento de Datos. ....	32
3.7	Estructura Organizacional de la Empresa.....	32
3.8	Mapa de Procesos.....	33
3.9	Diagrama de flujo.....	33
3.10	Fichas de Maquinaria .....	34
3.11	Contexto Operacional.....	34
3.11.1	Soldadora MIG .....	34
3.11.2	Soldadora TIC.....	35
3.11.3	Soldadora SMAW.....	36
3.11.4	Tronzadora.....	36
3.11.5	Taladro de Pedestal.....	37
3.11.6	Compresor Horizontal (A) PTK .....	38
3.11.7	Compresor Horizontal (B) HP .....	38
3.11.8	Esmeril .....	39
3.12	Calculo el MTBF para cada Activo.....	39
3.13	Diagrama de Flujo para Realizar un Análisis de Criticidad .....	41
3.14	Análisis Criticidad.....	41
3.15	Datos de los equipos críticos para el pronóstico matemático .....	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		43
4.1	Resultados del Análisis de Criticidad Realizado a Industrias JESSA.....	43
4.2	Desarrollar un Modelo Predictivo Basado en MTBF para Estimar la Fiabilidad y Disponibilidad de los Equipos.....	43
4.2.1	Datos Base Utilizados en el Modelo.....	44
4.2.2	Análisis Paso a Paso del Código Desarrollado .....	45
4.2.3	Análisis de los Resultados Obtenidos .....	46

4.2.4	Pronósticos de TTF y Plan de Mantenimiento.....	47
4.2.5	Evaluación Técnica del Plan de Mantenimiento.....	48
4.2.6	Observaciones Críticas y Oportunidades de Mejora del Modelo .....	49
4.2.7	Recomendaciones Técnicas.....	50
4.2.8	Síntesis metodológica del modelo .....	50
4.2.9	Conclusiones.....	51
4.3	Proponer Estrategias de Mantenimiento Predictivo Basadas en los Resultados del Pronóstico del MTBF para Maximizar la Disponibilidad y Productividad. ....	51
4.4	Análisis Técnico del Pronóstico de la Disponibilidad y la Productividad.....	51
4.4.1	Fundamento Técnico.....	51
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		55
5.1	Conclusiones.....	55
5.2	Recomendaciones.....	55
CAPITULO VI. PROPUESTA .....		56
6.1	Introducción .....	57
6.2	Objetivo General.....	57
6.3	Objetivos Específicos .....	57
6.4	Alcance .....	57
6.5	Estrategia de Mantenimiento Predictivo.....	57
6.6	Técnicas Predictivas .....	57
6.7	Plan Basado en TTF .....	57
6.8	Procedimiento de Inspección .....	58
6.9	Plan de Actividades.....	58
6.10	Recursos Requeridos.....	58
6.11	Cronograma de Implementación.....	58
6.12	Beneficios Esperados .....	58
6.13	Conclusiones.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....		59
ANEXOS .....		62

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Maquinaria/Equipos del área de producción</i> .....	19
<b>Tabla 2</b> <i>Calificación de frecuencia de fallas</i> .....	23
<b>Tabla 3</b> <i>Calificación impacto operacional</i> .....	23
<b>Tabla 4</b> <i>Calificación flexibilidad operacional</i> .....	24
<b>Tabla 5</b> <i>Calificación del tiempo promedio de reparación</i> .....	24
<b>Tabla 6</b> <i>Calificación del costo de mantenimiento</i> .....	24
<b>Tabla 7</b> <i>Calificación de Seguridad, Higiene y Ambiente</i> .....	25
<b>Tabla 8</b> <i>Operacionalización</i> .....	31
<b>Tabla 9</b> <i>MTBF de cada activo de la empresa</i> .....	40
<b>Tabla 10</b> <i>Datos de los equipos críticos para el pronóstico matemático</i> .....	42
<b>Tabla 11</b> <i>Resumen del Análisis de Criticidad</i> .....	43
<b>Tabla 12</b> <i>Resumen estadístico de los TTF históricos.</i> .....	44
<b>Tabla 13</b> <i>Principales resultados del modelo ARIMA ajustado.</i> .....	46
<b>Tabla 14</b> <i>Pronósticos, intervalos simulados y clasificación del mantenimiento</i> .....	47
<b>Tabla 16</b> <i>Propuesta operativa de control para mantenimiento basado en TTF.</i> .....	49
<b>Tabla 17</b> <i>Línea de fallas de la boquilla dañada de la Soldadora MIG A</i> .....	76
<b>Tabla 18</b> <i>Línea de fallas del gatillo desgastado de la Soldadora MIG A</i> .....	77
<b>Tabla 19</b> <i>Línea de fallas de la punta de contacto dañada de la Soldadora MIG A</i> .....	78
<b>Tabla 20</b> <i>Línea con todas las fallas de la Soldadora MIG A</i> .....	79
<b>Tabla 21</b> <i>Línea de fallas del gatillo desgastado de la Soldadora MIG B</i> .....	80
<b>Tabla 22</b> <i>Línea de fallas de la punta del cable roto de la Soldadora MIG B</i> .....	81
<b>Tabla 23</b> <i>Línea de fallas de la boquilla dañada de la Soldadora MIG B</i> .....	82
<b>Tabla 24</b> <i>Línea con todas las fallas de la Soldadora MIG B</i> .....	83
<b>Tabla 25</b> <i>Línea de fallas de la boquilla dañada de la Soldadora MIG C</i> .....	84
<b>Tabla 26</b> <i>Línea de fallas del daño en la tarjeta de la Soldadora MIG C</i> .....	85
<b>Tabla 27</b> <i>Línea de fallas de la punta de contacto dañada de la Soldadora MIG C</i> .....	86
<b>Tabla 28</b> <i>Línea de fallas del gatillo desgastado de la Soldadora MIG C</i> .....	87
<b>Tabla 29</b> <i>Línea con todas las fallas de la Soldadora MIG C</i> .....	88
<b>Tabla 30</b> <i>Línea de falla de la boquilla dañada de la soldadora TIC</i> .....	89
<b>Tabla 31</b> <i>Línea de falla del portaelectrodos desgastados de la Soldadora Eléctrica</i> .....	90
<b>Tabla 32</b> <i>Línea de falla del ventilador de la Soldadora Eléctrica</i> .....	91
<b>Tabla 33</b> <i>Línea con todas las fallas de la Soldadora Eléctrica</i> .....	92
<b>Tabla 34</b> <i>Línea de falla del desgaste de carbones de la Tronzadora</i> .....	93
<b>Tabla 35</b> <i>Línea de fallas del cambio de aceite del Compresor horizontal A</i> .....	94
<b>Tabla 36</b> <i>Línea de fallas del cambio de filtros del Compresor horizontal A</i> .....	95
<b>Tabla 37</b> <i>Línea con todas las fallas del Compresor horizontal A</i> .....	96
<b>Tabla 38</b> <i>Línea de falla del cambio de aceite del Compresor horizontal B</i> .....	97
<b>Tabla 39</b> <i>Línea de falla del cambio de filtros del Compresor horizontal B</i> .....	98
<b>Tabla 40</b> <i>Línea con todas las fallas del Compresor horizontal B</i> .....	99
<b>Tabla 41</b> <i>Línea de fallas del desgaste de bandas del Taladro de pedestal</i> .....	100
<b>Tabla 42</b> <i>Línea de fallas de la rueda abrasiva del Esmeril</i> .....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Árbol de problemas</i> .....	18
<b>Figura 2</b> <i>Matriz de criticidad</i> .....	25
<b>Figura 3</b> <i>Estructura organizacional de Industrias JESSA</i> .....	32
<b>Figura 4</b> <i>Mapa de procesos de Industrias JESSA</i> .....	33
<b>Figura 5</b> <i>Diagrama de flujo para elaboración de cocinas industriales</i> .....	34
<b>Figura 6</b> <i>Diagrama de flujo para realizar un análisis de criticidad</i> .....	41
<b>Figura 7</b> <i>Análisis de Criticidad de los equipos de Industrias JESSA</i> .....	42
<b>Figura 8</b> <i>Comportamiento temporal de los TTF históricos.</i> .....	44
<b>Figura 9</b> <i>Pronóstico de TTF, banda de incertidumbre simulada y TTF recomendado.</i> ....	48
<b>Figura 10</b> <i>Propuesta operativa de control para mantenimiento basado en TTF</i> .....	50

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> <i>Criticidad total de riesgo</i> .....	22
<b>Ecuación 2:</b> <i>Consecuencia</i> .....	23
<b>Ecuación 3:</b> <i>Expresión final de Criticidad Total de Riesgo</i> .....	23
<b>Ecuación 4:</b> <i>MTBF</i> .....	26
<b>Ecuación 5 .</b> <i>MTTR</i> .....	26
<b>Ecuación 6:</b> <i>Disponibilidad</i> .....	26

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Carta de intención.....	62
<b>Anexo 2</b> Ficha técnica de la Soldadora MIG.....	63
<b>Anexo 3</b> Ficha técnica de la Soldadora TIG.....	64
<b>Anexo 4</b> Ficha técnica de la Soldadora Eléctrica .....	65
<b>Anexo 5</b> Ficha técnica de la Tronzadora .....	66
<b>Anexo 6</b> Ficha técnica del Taladro de pedestal .....	67
<b>Anexo 7</b> Ficha técnica del Compresor horizontal A .....	68
<b>Anexo 8</b> Ficha técnica del Compresor horizontal B .....	69
<b>Anexo 9</b> Ficha técnica del Esmeril .....	70
<b>Anexo 10</b> Registro de fallas.....	71
<b>Anexo 11</b> Línea programada de la Soldadora MIG A.....	76
<b>Anexo 12</b> Línea programada de las fallas de la Soldadora MIG B .....	80
<b>Anexo 13</b> Línea programada de las fallas de la Soldadora MIG C.....	84
<b>Anexo 14</b> Línea de fallas de la Soldadora TIC .....	89
<b>Anexo 15</b> Línea de fallas de la Soldadora Eléctrica .....	90
<b>Anexo 16</b> Línea de fallas de la Tronzadora .....	93
<b>Anexo 17</b> Línea de fallas del Compresor horizontal A.....	94
<b>Anexo 18</b> Línea de fallas del Compresor horizontal B.....	97
<b>Anexo 19</b> Línea de fallas del Taladro de pedestal .....	100
<b>Anexo 20</b> Línea de fallas del Esmeril .....	101
<b>Anexo 21</b> Línea de fallas de los activos del área de producción de Industrias JESSA....	102
<b>Anexo 22</b> Análisis de criticidad.....	106

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en Industrias JESSA en la ciudad de Latacunga con el propósito de analizar el procedimiento, determinar los equipos críticos, pronosticar las fallas de los equipos críticos y proponer un Plan de Mantenimiento Predictivo a los equipos que intervienen en el proceso de elaboración de cocinas industriales, debido a que el gerente de la empresa noto que existía paradas no programadas.

En cuanto al análisis de criticidad se realizó mediante la información recabada de las reporte de novedades y se determinó que los equipos con alto Nivel de Criticidad fueron la Suelda Mig A, Mig B y Mig C, posteriormente se realizó la modelación matemática donde se tomó como información principal las fallas que se han producido en los equipos para así calcular los MTBFS ( Tiempo Medio de Funcionamiento) y los MTTRS (Tiempo Medio de Reparación) y con ello se realizó las líneas de programación para luego importarlas en AMIRA.

Finalmente, con los datos que nos proporcionó la modelación matemática se realizó un plan de mantenimiento predictivo que será de gran ayuda para Industrias JESSA.

**Palabras claves:** Criticidad, TTF, TTR, AMIRA

## ABSTRACT

This research project was conducted at Industrias JESSA in the city of Latacunga, with the purpose of analyzing the production process, identifying critical equipment, forecasting failures of critical equipment, and proposing a Predictive Maintenance Plan for the equipment used in the industrial kitchen production process, since the company manager noticed that there were unscheduled downtimes. Regarding the criticality analysis, it was carried out using data gathered from operational incident reports, which determined that the equipment with the highest criticality level was the MIG A Welder, MIG B Welder, and MIG C Welder. Subsequently, mathematical modeling was performed, using the recorded equipment failures as primary input to calculate MTBF (Mean Time Between Failures) and MTTR (Mean Time To Repair) values. From these calculations, programming lines were developed and then imported into AMIRA. Finally, based on the data from the mathematical modeling, a predictive maintenance plan was formulated to serve as a valuable tool for Industrias JESSA.

**Keywords:** Criticality, TTF, TTR, AMIRA.



Reviewed by:

Ms.C. Ana Maldonado León

ENGLISH PROFESSOR

C.I.0601975980

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

Actualmente la disponibilidad de los equipos es importante para la competitividad en los procesos productivos (Gonzales et al., 2025, p. 7). En Industrias JESSA empresa dedicada a la elaboración de cocinas industriales en Latacunga, las fallas imprevistas que se presentan en la maquinaria generan disminuciones considerables de los tiempos de producción. El tiempo medio entre falla (MTBF) es un indicador de confiabilidad que mide el rendimiento de equipos, indicando el tiempo promedio de funcionamiento entre fallos.

La modelación matemática ayuda a anticipar fallas y planificar las intervenciones antes de que ocurran averías graves, lo que mejora la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Por lo que esto conlleva al análisis preciso de las fecha y hora en la que se ha producido y cuanto se demora en reparar debido a que se ocupa estos datos para tener un análisis más preciso al momento de realizar la modelación para así determinar tareas predictivas que ayuden a reducir el número de fallas y tiempos de inactividad.

En adición a lo anterior, la presente investigación está distribuida de la siguiente manera:

Capítulo I, se presenta una introducción sobre el problema que se está presentando en Industrias JESSA, estudios anteriores en la que han utilizado la modelación matemática, la justificación por la que se realiza la investigación y los objetivos que se cumplieron en la misma.

A su vez en el Capítulo II, se da a conocer el marco teórico en la que se presenta definiciones o conceptos que ayudan a comprender de manera clara términos que se mencionan.

En el Capítulo III, se detalla la metodología que se aplicó, es decir, tipo, diseño, enfoque, técnicas e instrumentos de recolección de datos, primero se realizó una recopilación de toda la información de la empresa y equipos, para poder realizar el contexto operacional el mismo que ayudo a realizar el análisis de criticidad que fue el encargado de determinar los activos en estado crítico, posteriormente se calculó los MTBFS de todos los equipos y por último se realizó el pronóstico matemático con los MTBFS de los equipos críticos.

Capítulo IV, se presenta los resultados y la discusión que se obtuvieron al cumplir con los objetivos planteados

Capítulo V, de conclusiones se muestra una síntesis de los principales hallazgos que se llegó mediante la aplicación de la metodología mediante el cumplimiento de los objetivos.

Capítulo VI, se propuso el Plan de Mantenimiento Predictivo utilizando el modelo Matemático para los equipos del área de producción, para aumentar Disponibilidad de los activos físicos.

### 1.1 Planteamiento del Problema

A nivel mundial, la gestión del mantenimiento industrial tiene varios modelos matemáticos que se aplica dependiendo el tipo de falla que se detectan. En el mantenimiento correctivo y preventivo son comunes los modelos de confiabilidad basados en distribuciones estadísticas como la exponencial y Weibull, que permiten estimar la tasa de fallas y el MTBF. En el mantenimiento predictivo, en cambio, se emplean modelos más avanzados como procesos de renovación, cadenas de Markov y técnicas de aprendizaje automático para estimar la RUL (Vida Útil Restante) de los equipos. La selección del modelo matemático varía dependiendo

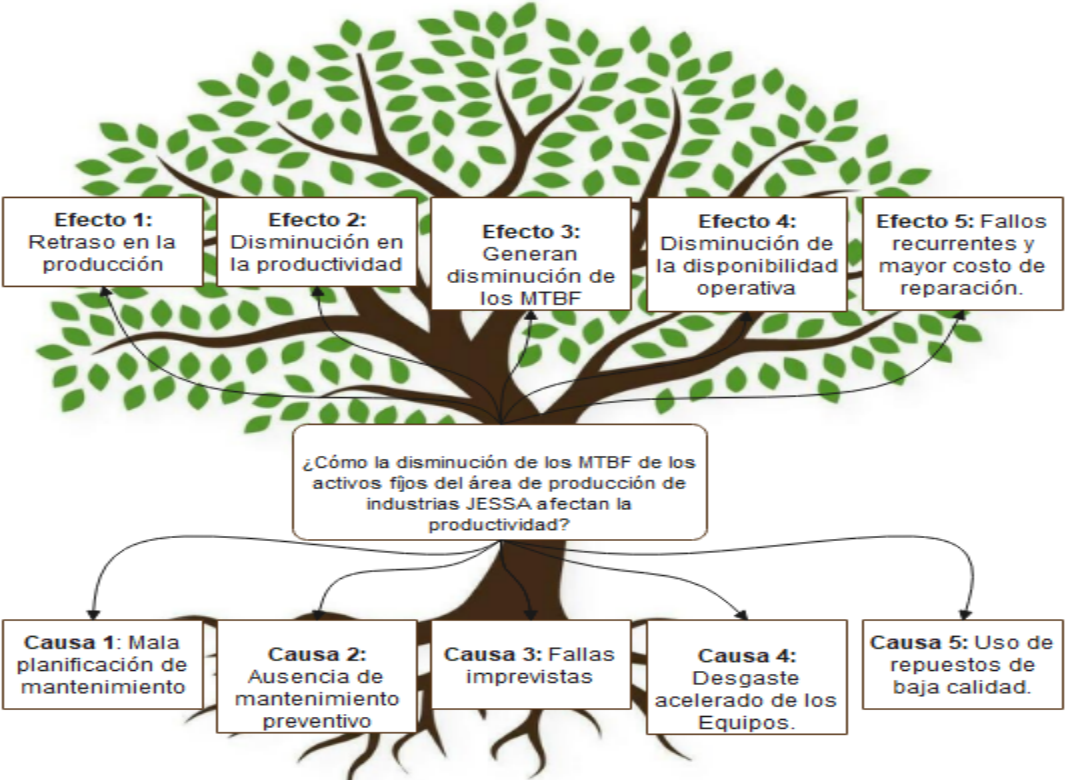
del comportamiento de falla del sistema, del historial de la disponibilidad del equipo, y el nivel de complejidad del proceso (Tapia et al., 2024).

En Latinoamérica, la aplicación de modelos matemáticos al mantenimiento industrial se ha incorporado de manera progresiva como Python para el análisis de datos, la predicción de fallas y la optimización de la confiabilidad de los equipos. Dependiendo el mantenimiento que se va a realizar se emplea distintos enfoques como: en el mantenimiento preventivo predominan modelos estadísticos como regresión y análisis de series temporales; en el predictivo se utilizan algoritmos de aprendizaje automático implementados en Python para estimar el tiempo de vida útil restante; y en el correctivo se aplican indicadores de confiabilidad como MTBF y MTTR para evaluar el desempeño del sistema (Sengupta et al., 2023).

Industrias Jessa, se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi ciudad de Latacunga es dedicada a la fabricación de cocinas y hornos industriales, dicha empresa está en el mercado ya por 10 años en la que su planta de producción se encuentra en Latacunga y sus dos puntos de venta en la ciudad de Ambato.

A continuación, se muestra el árbol de problemas que sirvió para identificar las causas y los efectos que se relacionó con la maquinaria.

**Figura 1**  
Árbol de problemas



*Nota:* La disminución del MTBF en los activos de Industrias JESSA se debe principalmente a la aparición de fallas imprevistas. *Fuente:* Jurado, 2026.

Las fallas imprevistas ocasionan el deterioro acelerado de los equipos y uso de piezas de mala calidad. Esta situación aumenta la frecuencia de fallas, reduce la disponibilidad operativa y provoca interrupciones no programadas, lo que eleva los gastos de mantenimiento.

Como resultado, se ve perjudicada la eficiencia del proceso productivo y se disminuye el nivel de productividad general.

Actualmente la maquinaria que se muestra en la Tabla 1 corresponde al área de producción, en donde existen fallos imprevistos que afecta la disponibilidad operativa y la productividad de la empresa. Esta investigación propone desarrollar pronósticos del MTBF utilizando modelación matemática para aumentar la Disponibilidad de los equipos y reducir los tiempos de inactividad, lo que contribuirá a mejorar la productividad de Industrias JESSA.

**Tabla 1.**

*Maquinaria/Equipos del área de producción*

<b>Maquinaria</b>	<b>Sistema</b>	<b>Cantidad</b>
Soldadora MIG	Eléctrica	3
Soldadora TIC	Eléctrica	1
Soldadora SMAW	Eléctrica	1
Tronzadora	Eléctrica	1
Compresor	Eléctrica	2
Taladro de pedestal	Eléctrica	1
Esmeril	Eléctrica	1

*Nota:* Jurado, 2026.

Para solucionar el problema, se propone desarrollar un modelo de mantenimiento predictivo basado en el pronóstico del MTBF, mediante la utilización de herramientas de modelación matemática. Para ello, se recopilará datos históricos de fallas de equipos críticos, que incluirán tiempos de operación, fallas y reparaciones; luego, se realizará un análisis de datos para identificar fallas funcionales; además, se calculará el MTBF y se desarrollará un modelo matemático predictivo con regresión lineal. Este modelo se validará con datos reales para evaluar la precisión de los datos pronosticados.

Para terminar, se propondrán estrategias de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de equipos y optimizar la productividad en Industrias JESSA.

## **1.2 Antecedentes**

A continuación, se presenta investigaciones y artículos científicos de autores que hablaron sobre fallas predictivas en equipos y el uso de modelos matemáticos para proponer planes de mantenimiento, cabe mencionar que el modelo matemático se basa en datos históricos, que son transformados en series de tiempo y que permiten desarrollar pronósticos fiables.

Según Gonzales et al. (2025), en su artículo de investigación titulado, Mantenimiento predictivo con inteligencia artificial en equipos electromecánicos para minimizar riesgos ambientales, demostraron que los modelos de redes neuronales pueden anticipar averías, mejorando el rendimiento de los equipos y disminuyendo efectos ambientales por paradas inesperadas, en el que usaron herramientas de código abierto como TensorFlow y Python, para crear modelos predictivos con redes neuronales LSTM (Long Short-Term Memory) y MLP (Multilayer Perceptron). En los resultados mostraron una reducción del 35% en fallas críticas

donde mejoraron la eficiencia energética y redujeron los incidentes ambientales, optimizando mantenimientos y reduciendo los costos operativos.

De acuerdo con Andino (2025), en su trabajo de titulación llamado, Mantenimiento predictivo en equipos rotativos utilizando análisis de vibraciones y modelos de supervivencia con Machine Learning, propuso una solución de mantenimiento predictivo para equipos rotativos en la industria donde combinó el análisis de vibraciones con algoritmos de aprendizaje automático y modelos de supervivencia. En la investigación utilizó el conjunto de datos HUST y registros operativos, integrando variables como la aceleración RMS (Root Mean Square), la frecuencia, la temperatura y las horas de operación, donde desarrolló un modelo de clasificación supervisada con XGBoost, logrando un AUC (Área Bajo la Curva ROC) de 0.947 y un F1 Score de 0.88 en el que demostró que se puede determinar mejoras con datos reales. Y por último implementó un modelo de Cox Proporcional de Riesgos para estimar la probabilidad de fallo, mostrando que el aumento de temperatura y frecuencia incrementa el riesgo de fallo y concluyó que se puede anticipar fallos hasta con 20 días de anticipación.

Según Rea (2026), en su trabajo de investigación titulado, Sistema de preprocesamiento de datos sensoriales utilizando Python en la gestión de mantenimiento predictivo de bombas hidráulicas en la producción de crudo menciona que la gestión del mantenimiento predictivo en la industria petrolera se basa en la calidad de los datos sensoriales por lo que su trabajo se centró en implementar un sistema de preprocesamiento de datos sensoriales utilizando Python para el mantenimiento predictivo de bombas hidráulicas. Trabajó con la metodología CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) que guio desde la comprensión del problema hasta la preparación de los datos para modelos predictivos. En el sistema indicó sobre tres fases: diagnóstico de calidad, reconstrucción temporal e imputación, y generación de características estadísticas. En los resultados mostro que la calidad de los datos afecta el rendimiento de los modelos, con Regresión Logística mostrando un 34.92% de exactitud y Random Forest del 99.57%.

Teniendo en cuenta a Alvarez (2024), en su trabajo de titulación llamado Sistema de mantenimiento predictivo utilizando algoritmos de Machine Learning en un compresor de aire industrial en el sector industrial, tuvo como objetivo principal desarrollar un Sistema de Mantenimiento Predictivo para reducir la inactividad causada por reparaciones de maquinaria en el sector industrial en 2024. La investigación que realizó fue cuantitativa, no experimental y correlacional, en el que utilizó datos de un compresor de aire industrial. Aplico algoritmos avanzados de Machine Learning en Python y como resultados mostro que en el modelo de regresión logística mejoró hasta un 92,5%, el árbol de decisión tuvo 85,1% de precisión y el random forest alcanzó un F1-score de 90,3%.

Finamente Urrea (2025), en su trabajo de investigación llamado Modelo de Mantenimiento Predictivo Basado en Machine Learning y Datos Telemáticos para Optimización Logística en el Servicio Posventa de Vehículos Pesados definió una propuesta para el mantenimiento predictivo, empleando métodos de aprendizaje automático e información de telemática para anticipar fallos en partes esenciales y optimizar la asignación de recursos. En la que examinó un grupo de 117 vehículos, señalando un sensor particular como una pieza propensa a averiarse a menudo. Por lo que evaluaron tres algoritmos de clasificación: Árboles de Decisión, Random Forest y Gradient Boosting, para seleccionar el mejor modelo. El modelo

Gradient Boosting mostró el mejor desempeño con una exactitud de 99,97 %, sensibilidad de 99,40% y AUC de 0,9997, lo que indicó su gran capacidad para detectar fallas en el sensor de nivel de DEF.

### **1.3 Justificación**

La optimización de la disponibilidad de los activos es esencial para aumentar la productividad en Industrias JESSA. Mediante el pronóstico del MTBF, es posible predecir fallos y mejorar la gestión del mantenimiento, lo que a su vez reducirá los tiempos de inactividad y optimizará el rendimiento de los equipos. Esta investigación proporcionará una herramienta valiosa para tomar decisiones con datos históricos, con ello se pretende, mejorar la eficiencia operativa en la fabricación de cocinas industriales.

El presente proyecto se desarrollará por requerimiento de la Industrias JESSA el mismo que se presenta en el Anexo 1, donde se solicita desarrollar un plan de mantenimiento que permita mejorar la productividad sin que esto genere más costos o interrupciones en la producción.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 General**

Analizar el MTBF en la empresa JESSA utilizando modelación matemática para pronosticar la disponibilidad de los activos y optimizar la productividad.

#### **1.4.2 Específicos**

- Identificar los equipos críticos en la producción de cocinas industriales para determinar la disponibilidad operativa.
- Desarrollar un modelo predictivo basado en MTBF para estimar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Proponer estrategias de mantenimiento predictivo basadas en los resultados del pronóstico del MTBF para maximizar la disponibilidad y productividad.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Fundamentación Teórica

#### 2.1.1 *Mantenimiento*

De acuerdo M. Pérez et al. (2025) con el mantenimiento es un conjunto de pasos conectados entre sí, planificados y automatizados que toma en cuenta la economía, el medio ambiente, la sociedad y la tecnología, asegurando que los equipos se manejen de forma correcta durante todo su uso (p. 14).

#### 2.1.2 *Tipos de Mantenimiento*

**2.1.2.1 Mantenimiento Correctivo.** Según Pérez (2021) se lleva a cabo cuando un equipo presenta una falla, y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, minimizando el impacto en la productividad. Normalmente, se repara o se sustituye la parte del dispositivo de la máquina, realizando la intervención en el menor tiempo factible (p. 37).

**2.1.2.2 Mantenimiento preventivo.** De acuerdo con Pérez (2021) es una serie de pasos o actividades programadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos. Su objetivo es garantizar que los activos de una compañía operen de manera correcta (p. 39).

**2.1.2.3 Mantenimiento Predictivo.** Según Pérez (2021) es un método para anticipar el momento en el que un componente de una máquina puede fallar, funcionar mal, romperse o dañarse, de manera que se pueda reemplazar esa pieza según un plan, justo antes de que ocurra el fallo (p. 48).

#### 2.1.3 *Análisis de Criticidad*

El análisis de criticidad permite analizar a un equipo ya sea por secciones o completo, permitiendo generar una lista desde lo más crítico hasta lo menos crítico y así priorizar el activo dependiendo de su importancia

Según Flores et al. (2020) para determinar la criticidad total de riesgo se expresa mediante la Ecuación 1 (p. 29).

**Ecuación 1:** Criticidad total de riesgo

$$CRT = F * C$$

Donde:

CRT: Criticidad total por Riesgo

FF: Frecuencia de fallas.

C: Consecuencia

Para la evaluación de la frecuencia el activo el que contenga mayor puntaje es el equipo más crítico tenga mayor puntaje es más crítico y el que tenga menos es menos crítico.

**Tabla 2***Calificación de frecuencia de fallas*

Frecuencia	Puntaje
Mayor a 5 fallas /año	4
Promedio:3-4 fallas/ año	3
Buena: 1-2 fallas/ año	2
Excelente. Menores de 1 fallas/ año	1

*Nota.* Adaptado de *Frecuencia de fallas* (p. 30), por M. Flores et al., 2020, Ingeman.

De acuerdo con Flores et al. (2020) para determinar el valor de consecuencia (C) se expresa mediante la Ecuación 2 (p. 29).

**Ecuación 2:** Consecuencia

$$C = (IO * FO) + TR + CM + SHA$$

Donde:

IO: Impacto operacional

FO: Flexibilidad operacional.

TR: Tiempo promedio de reparación.

CM: Costo de mantenimiento

SHA: Seguridad, Higiene y Ambiente.

Según Flores et al. (2020) la expresión final de Criticidad Total se expresa mediante la Ecuación 3 (p. 29).

**Ecuación 3:** Expresión final de Criticidad Total de Riesgo

$$CRT = FF * ((IO * FO) + TR + CM + SHA)$$

De acuerdo con Cedeño & Gorozabel (2021), el puntaje de cada uno de los apartados de consecuencia se establece desde la Tabla 3 hasta la Tabla 7 (p. 53).

**Tabla 3***Calificación impacto operacional*

Impacto sobre la producción.	Puntaje
Afecta totalmente a la producción	10
Afecta un 75 %	7
Afecta un 50 %	5

Afecta un 25 %	3
No afecta a la producción	1

*Nota.* Adaptado de *Impacto operacional* (p. 53), por W. Cedeño & F. Gorozabel, 2021, Ingeman.

**Tabla 4**

*Calificación flexibilidad operacional*

<b>Flexibilidad</b>	<b>Puntaje</b>
No hay repuestos en bodega	4
Hay opción de repuesto	2
Disponibles repuestos en bodega	1

*Nota.* Adaptado de *Flexibilidad operacional* (p. 54), por W. Cedeño & F. Gorozabel, 2021, Ingeman.

**Tabla 5**

*Calificación del tiempo promedio de reparación*

<b>Tiempo promedio de reparación (MTTR)</b>	<b>Puntaje</b>
Mas de 48 horas	5
De 25 a 48 horas	4
De 9 a 24 horas	3
De 4 a 8 horas	2
Menos de 4 horas	1

*Nota.* Adaptado de *Tiempo promedio de reparación (MTTR)* (p. 54), por W. Cedeño & F. Gorozabel, 2021, Ingeman.

**Tabla 6**

*Calificación del costo de mantenimiento*

<b>Costo de Mantenimiento</b>	<b>Puntaje</b>
Mas de \$ 500.00	2
Menos de \$500.00	1

*Nota.* Adaptado de *Costos de Manteniendo* (p. 54), por W. Cedeño & F. Gorozabel, 2021, Ingeman.

**Tabla 7**

*Calificación de Seguridad, Higiene y Ambiente*

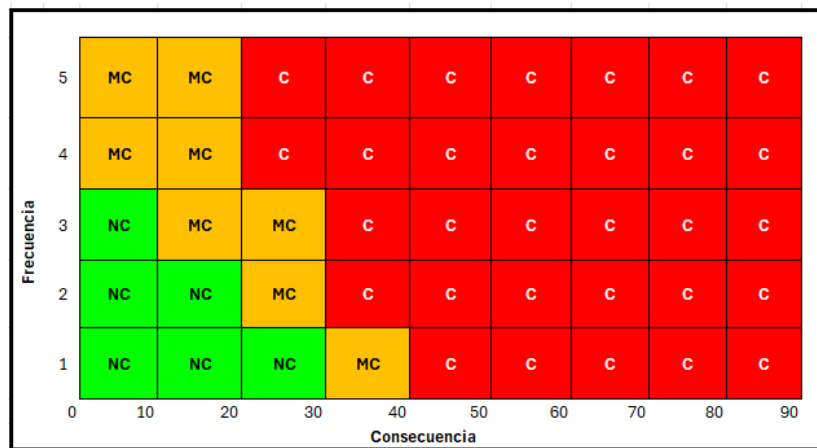
Seguridad, Higiene y Ambiente	Puntaje
Riesgo alto de pérdida humana, daños graves a la salud personal, incidente al ambiente mayor.	8
Riesgo medio de pérdida de vida y daños a la salud, incidente al ambiente difícil de restaurar.	6
Riesgo mínimo de pérdida de vida y daños a la salud (recuperable), incidente al ambiente menor (controlable).	3
No existe riesgo de pérdidas humanas, ni a la salud y daños ambientales	1

*Nota.* Adaptado de *Seguridad, Higiene y Ambiental* (p. 54), por W. Cedeño & F. Gorozabel, 2021, Ingeman.

Para la matriz de criticidad se divide en tres áreas: Área de Sistemas no Críticos (NC); Área de Sistemas de Media Criticidad (MC); Área de Sistemas Críticos (C) como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**

Matriz de criticidad



*Nota.* Adaptado de *Matriz de Criticidad* (p. 53), por W. Cedeño & F. Gorozabel, 2021, Ingeman.

### 2.1.4 Confiabilidad de Equipos

De acuerdo con Díaz et al. (2021) es el resultado de la colaboración entre el equipo, los trabajadores y la tecnología, con el objetivo de que un sistema técnico realice las tareas necesarias en un tiempo y entorno específico. Se puede medir mediante un indicador (p. 91).

### 2.1.5 Tipos de Falla

**2.1.5.1 Tempranas.** Fallas que ocurren poco después de instalar un equipo están relacionadas con defectos de fabricación, instalación o mantenimiento inadecuado (Dourado & Viana, 2021).

**2.1.5.2 Tardías.** Las fallas tardías ocurren al final de la vida útil de un equipo, causadas por el desgaste y envejecimiento de los componentes. Aumentan su frecuencia y afectan la confiabilidad, el MTBF y la disponibilidad (Dourado & Viana, 2021).

**2.1.5.3 Por Desgaste.** Es la pérdida de material en componentes mecánicos por roce, impacto o corrosión. Aparecen al final de la vida útil o por mal mantenimiento, causando detenciones no programadas y requieren monitoreo de vibraciones, ruido o temperatura (Moreno et al., 2019)

### 2.1.6 Indicadores de Mantenimiento

**2.1.6.1 MTBF (Tiempo Medio entre Falla).** “Es el tiempo medio entre fallas (MTBF) es un KPI que se refiere al tiempo de producción promedio transcurrido entre una falla y la próxima vez que ocurre”. (Canahua, 2021, p. 51)

Según Canahua (2021) el Tiempo Medio entre Falla se determina mediante la Ecuación 4 (p. 51).

**Ecuación 4:** MTBF

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$$

**2.1.6.2 MTTR (Tiempo Medio de Reparación).** “Indica cuánto tiempo necesita, en promedio, para cuidar el equipo después de una falla. Es fundamental para evaluar la eficiencia del área de mantenimiento, la disponibilidad de repuestos”. (Cruz, 2025, p. 118)

Según Canahua (2021) el Tiempo Medio de Reparación se determina mediante la Ecuación 5 (p. 52).

**Ecuación 5 .** MTTR

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de paradas de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$$

**2.1.6.3 Disponibilidad.** La disponibilidad, que es el propósito esencial del mantenimiento, se puede describir como la confianza de que un sistema o parte que ha recibido mantenimiento cumplirá con su función de manera efectiva durante un periodo determinado. (Mesa et al., 2006)

Según Fernández & Neyra (2021), la disponibilidad se determina mediante la Ecuación 6 (p. 23).

**Ecuación 6:** Disponibilidad

$$D(t) = \frac{\text{Tiempo de operación} - \text{Tiempo de parada}}{\text{Tiempo de operación}}$$

### **2.1.7 Modelación Matemática en Mantenimiento**

Según Pinzón (2022) el mantenimiento que se caracteriza por programar en función de la degradación en la que se encuentre el sistema, la cual siempre tenderá al caos, la degradación y la gestión propende a devolver el activo a una condición “casi como nuevo” y no al punto inmediatamente anterior al fallo, logrando así una optimización del tiempo de vida útil del mismo (p. 6).

**2.1.7.1 Regresión Lineal.** Es un método de estadística que ayuda a modelar y analizar la conexión entre una variable que depende de otras y una o varias variables que son independientes, con la finalidad de anticipar resultados (González et al., 2021).

**2.1.7.2 Serie de Tiempos.** “Es una secuencia de N observaciones (datos) ordenadas y equidistantes cronológicamente sobre una característica (serie univariante) o sobre varias características (serie multivariante) de una unidad observable en diferentes momentos”. (Casas, 2020, p. 47)

### **2.1.8 Mantenimiento Predictivo Basado en Datos**

El mantenimiento predictivo basado en datos es una estrategia avanzada que utiliza la monitorización continua y analítica (IA/Machine Learning) para anticipar fallas en equipos, para anticipar fallas en equipos, reduciendo tiempos de inactividad y costos (Aboshosha et al., 2023).

### **2.1.9 Pronóstico de la Disponibilidad**

De acuerdo con Ronceros & Pomblas (2023) el pronóstico de disponibilidad evalúa la capacidad futura de recursos para asegurar que estén disponibles cuando se necesiten, optimizando planificación y costos. Se calcula como un porcentaje del tiempo que un activo funciona correctamente o la estimación de personal cualificado (p. 120).

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 MTBF**

Según Fernández & Neyra (2021) es el tiempo que transcurre entre una falla y otra en un determinado tiempo (p. 24).

### **2.2.2 MTTR**

De acuerdo con Canahua (2021) es el tiempo que lleva ejecutar una reparación después de la ocurrencia de la falla (p. 51).

### **2.2.3 Disponibilidad**

Según Flores et al. (2020) la disponibilidad es el porcentaje de tiempo que un equipo se encuentra apto para su operatividad dentro de un proceso (p. 31).

#### **2.2.4 Confiabilidad**

La confiabilidad es la posibilidad de que un artículo, componente, equipo, máquina o sistema, realice su función determinada dentro de un proyecto, de acuerdo con las condiciones de operación, dentro de un período de tiempo definido (Díaz et al., 2021).

#### **2.2.5 Mantenibilidad**

La mantenibilidad forma parte del análisis RAM que ayuda a optimizar tanto el rendimiento del mantenimiento como la eficiencia del sistema (Aboshosha et al., 2023).

#### **2.2.6 Falla**

La falta de capacidad de un grupo, sistema o parte para realizar la tarea necesaria en circunstancias determinadas, lo que puede originarse por problemas en el mantenimiento, el deterioro de las partes o condiciones operativas inapropiadas (Herrick, 2021).

#### **2.2.7 Equipo crítico**

“Activo que tiene potencial para impactar significativamente en el logro de los objetivos de la organización”. (ISO 55000, 2014, p. 11)

#### **2.2.8 Historial de fallas**

Registra sistemáticamente los errores que ocurren en equipos o sistemas, incluyendo información sobre cuándo ocurrieron, causas, frecuencia y acciones correctivas tomadas (ISO 14224, 2016).

### **2.3 Glosario**

#### **2.3.1 MTBF**

Tiempo esperado antes de que falle un ítem (ISO 14224, 2016).

#### **2.3.2 MTTR**

Tiempo esperado para lograr la reparación de un ítem con falla (ISO 14224, 2016).

#### **2.3.3 Disponibilidad**

La disponibilidad se entiende como la posibilidad de que un sistema o equipo esté apto para funcionar y llevar a cabo su tarea cuando se necesita (Ronceros, 2022).

#### **2.3.4 Mantenimiento**

El mantenimiento se refiere al conjunto de actividades técnicas y administrativas que buscan conservar o reparar un equipo o sistema, de modo que pueda realizar la función necesaria bajo ciertas condiciones de operación (Pinzón, 2022).

#### **2.3.5 Python**

Python es un lenguaje de programación de alto nivel que se interpreta y orienta a objetos. Se destaca por su sintaxis sencilla y su habilidad para crear aplicaciones en diversas disciplinas, como el análisis de datos, la inteligencia artificial y el desarrollo de software (Ziogas et al., 2021).

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.**

### **3.1 Tipo de Investigación.**

#### **3.1.1 Investigación de Campo**

Se aplicará una investigación de campo puesto que se va a analizar la información de registros históricos de los tiempos de parada en los equipos del área de producción, que aparecen durante la elaboración de cocinas industriales en Industrias JESSA, estos datos serán transformados en una serie temporal que permita el desarrollo de un modelo matemático para generar pronósticos adecuados.

#### **3.1.2 Nivel Descriptivo**

Debido a que el objetivo principal es pronosticar las posibles causas de falla que se presentan en los equipos y clasificar la información que nos proporcionara la empresa sobre el comportamiento de los mismos.

### **3.2 Diseño de Investigación**

#### **3.2.1 No Experimental**

Se realizará una investigación no experimental, ya que no implica la manipulación de las variables, pero a través de análisis documental, fichas y guías de observación se recolectará la información necesaria para pronosticar las fallas que se producen en los equipos.

### **3.3 Técnicas de Recolección de Datos**

#### **3.3.1 Análisis Documental**

Permite revisar la documentación histórica de mantenimiento con que cuenta la organización, las medidas de prevención y mitigación que se han desarrollado cuando ocurren fallas imprevistas.

**3.3.1.1 Guía de Análisis Documental.** Representa una forma práctica y funcional para la selección de las ideas relevantes a fin de expresar el contenido sin ambigüedades de información e identificar los puntos de acceso de evidencias documentales.

#### **3.3.2 Fichas**

Las fichas se utilizan para registrar y resumir los datos extraídos de fuentes bibliográficas (como libros, revistas y periódicos) o no bibliográficas.

**3.3.2.1 Fichaje.** El fichaje es una técnica de investigación que consiste en registrar información clave en tarjetas o documentos digitales para organizar, sintetizar y sistematizar datos bibliográficos o de estudio

### **3.4 Población de Estudio y Tamaño de Muestra**

#### **3.4.1 Población**

Para la investigación se tomará como población los equipos que existen en industrias JESSA y que está conformado por 32 máquinas.

### **3.4.2 Muestra**

Para la investigación se empleará como muestra los activos físicos del área de producción que son 10 equipos, como se muestran en la Tabla 1.

### **3.5 Hipótesis**

La implementación de un modelo de pronóstico matemático basado en el análisis del Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) permitirá predecir con precisión la disponibilidad de la maquinaria en Industrias JESSA, reduciendo las paradas no programadas en un 40%.

### 3.5.1 Operacionalización de Variables

**Tabla 8**

*Operacionalización*

<b>Variable independiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Tiempo Medio entre Fallos (MTBF)	Es un indicador de confiabilidad que representa el tiempo promedio que un equipo o maquinaria opera sin presentar fallas durante un periodo determinado.	Confiabilidad	Tasa de fallas	Análisis documental	Guía de análisis documental
			Frecuencia de falla		
			Análisis de criticidad	Fichas	Fichaje
<b>Variable dependiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Disponibilidad	Es el porcentaje de tiempo en que un equipo se encuentra operativo y en condiciones de cumplir su función dentro del sistema productivo.	Tiempo operativo	Porcentaje de Disponibilidad (%)	Análisis Documental	Guía de análisis Documental
		Tipo de parada	MTBF (Tiempo medio entre falla)		
			MTTR (Tiempo medio de reparación)		

*Nota:* Jurado, 2026

### 3.6 Métodos de Análisis, y Procesamiento de Datos.

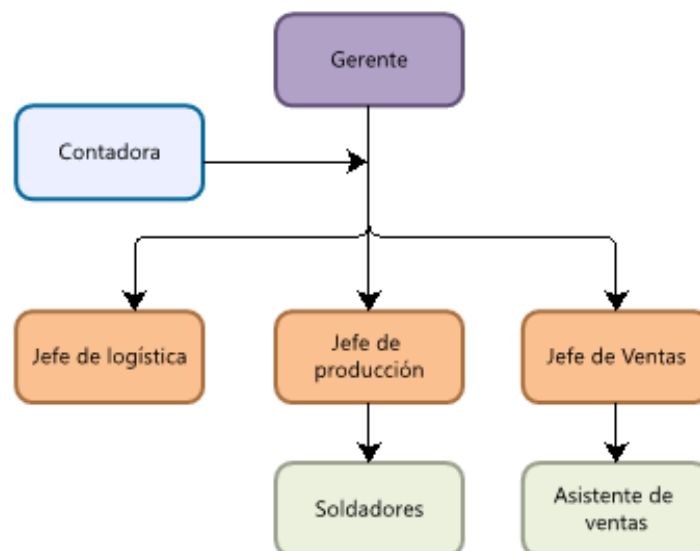
- Recolección de información de la empresa.
- Conocer el sistema organizacional de la empresa.
- Conocer como está distribuida la planta para el proceso.
- Conocer el diagrama de procesos.
- Conocer información relevante de los equipos
- Definir contexto operacional.
- Determinar TTFS y TTRS de todos los equipos mediante el análisis documental.
- Seleccionar los equipos críticos que vamos a evaluar.
- Determinar el pronóstico matemático con los TTFS de los equipos críticos encontrados.
- Realizar un plan de mantenimiento predictivo

### 3.7 Estructura Organizacional de la Empresa

La estructura organizacional de la empresa que se muestra en la Figura 3 es con el propósito de saber cómo se distribuye las responsabilidades e identificar cual es la jerarquización dentro de Industrias JESSA en caso de algún percance.

**Figura 3**

Estructura organizacional de Industrias JESSA



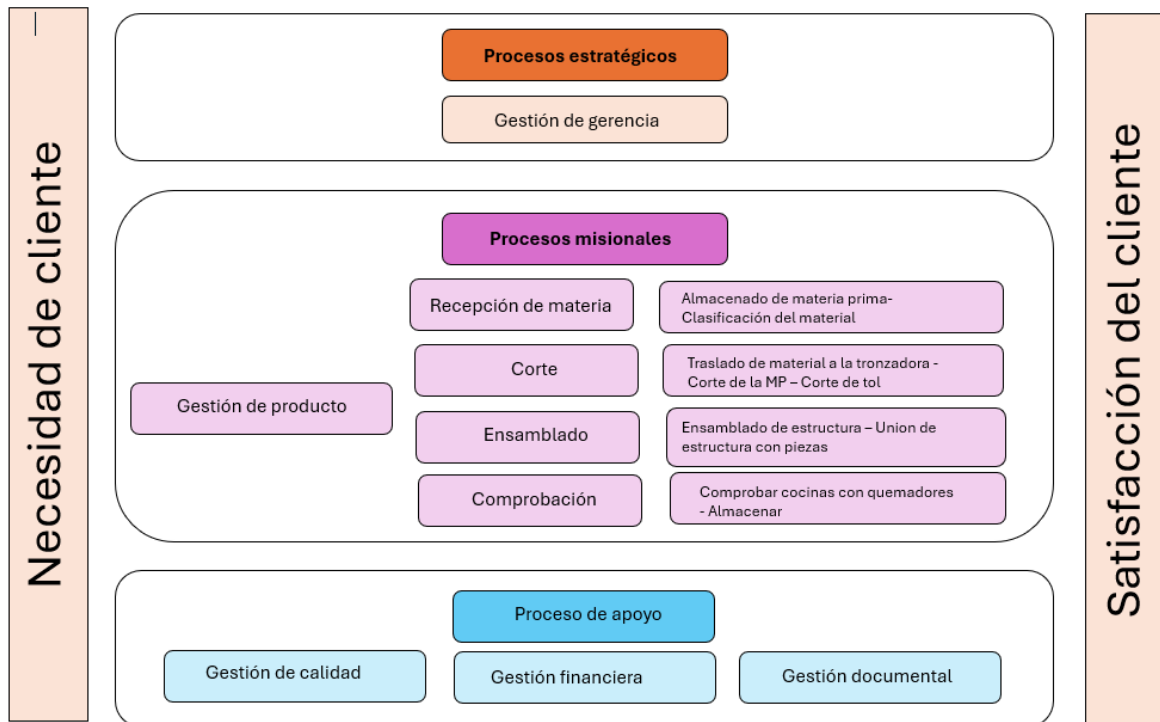
*Nota:* Jurado, 2026.

### 3.8 Mapa de Procesos

El mapa de procesos que se muestra en la Figura 4 es la forma gráfica de determinar cómo funcionan las actividades dentro de Industrias JESSA, permitiendo visualizar el flujo de trabajo. El proceso estratégico es el encargado de tomar decisiones importantes definiendo objetivos y metas para la empresa, los procesos misionales son los encargados de realizar actividades para poder elaborar las cocinas industriales y por último el proceso de apoyo sirve para que los procesos misionales funcionen de manera correcta.

**Figura 4**

Mapa de procesos de Industrias JESSA

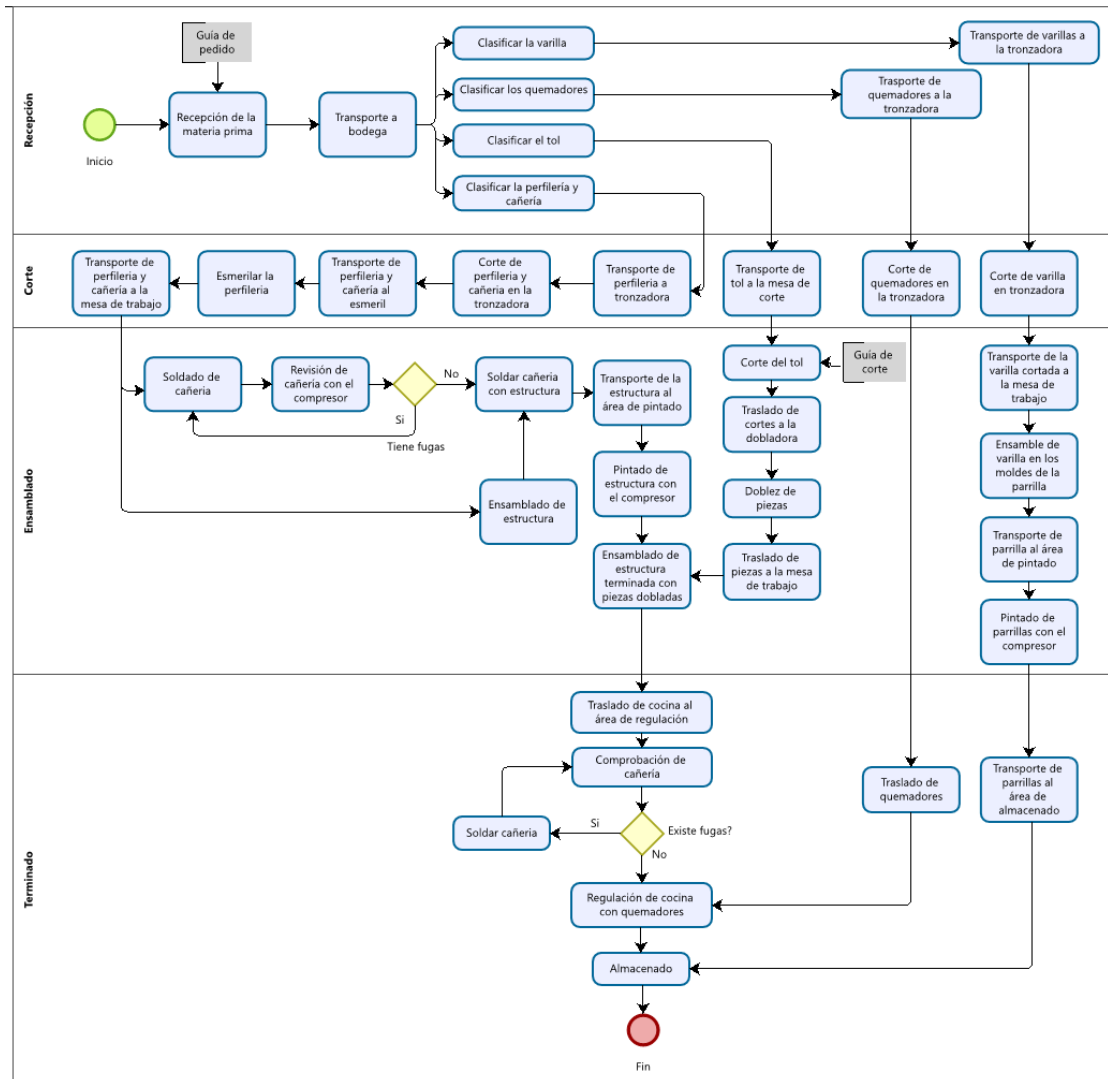


*Nota:* Jurado, 2026.

### 3.9 Diagrama de flujo

En la Figura 5, se presenta el diagrama de flujo del proceso que se lleva a cabo en industrias JESSA para la elaboración de cocinas industriales, en la que se explica de manera gráfica el procedimiento desde que se recibe la materia prima hasta que el producto es almacenado en bodega, de esta manera el diagrama de flujo ayudó a identificar en que parte del proceso se utiliza los equipos de la empresa.

**Figura 5**  
Diagrama de flujo para elaboración de cocinas industriales



Nota: Jurado, 2026.

### 3.10 Fichas de Maquinaria

Se realizó fichas técnicas los mismo que se muestra desde el Anexo 2 hasta el Anexo 9 con el propósito de organizar y conocer toda la información relevante de los equipos que intervienen para la elaboración de cocinas industriales en Industrias JESSA, esta información fue relevante para identificar al equipo desde lo más básico hasta lo más detallado.

### 3.11 Contexto Operacional

#### 3.11.1 Soldadora MIG

La máquina de soldadura tipo MIG marca Triton utilizada en Industrias JESSA, se encuentran en el área de producción, operan mediante el proceso de soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (GMAW). Este equipo trabaja con un rango de voltaje aproximado entre 18 y 30 V, una corriente de operación entre 100 y 250A dependiendo del espesor del material,

y una frecuencia de 60 Hz acorde al suministro eléctrico industrial. El sistema utiliza alimentación continua de alambre y gas de protección (generalmente CO<sub>2</sub> o mezcla Ar-CO<sub>2</sub>) para garantizar la calidad del cordón de soldadura. Existe tres sueldas de la misma marca pero no cuenta como equipo de respaldo debido a que cada trabajador debe tener su suelda.

Para el funcionamiento de la soldadora MIG se consideran principalmente normativas ambientales relacionadas con la emisión de humos, gases y ruido generados durante el proceso de soldadura, entre las cuales se destacan:

- TULSMA (Ecuador) – Límites de calidad del aire y control de emisiones
- Acuerdo Ministerial 097-A (Ecuador) – Límites máximos permisibles de emisiones al aire
- ISO 14001 – Sistema de gestión ambiental
- ISO 15011 – Medición de humos y gases en procesos de soldadura
- ISO 10882-1 – Evaluación de exposición a contaminantes en soldadura

En cuanto al mantenimiento del equipo, se ha identificado que no todos los repuestos necesarios para la reparación de fallas se encuentran disponibles en bodega, tales como regulador de presión, alimentador de alambre, carreta de alambre y pistola o gatillo. Sin embargo, actualmente se dispone en stock de boquillas y cable, pero no lo suficientes para abastecer a las tres sueldas.

El jefe de producción y los soldadores son los que operan las soldadoras y para la manipulación o inspección de los equipos cuenta con equipos de protección personal (EPP).

El equipo de soldadura MIG trabaja bajo una jornada laboral de 8 horas diarias, distribuidas en dos turnos: de 08:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, durante 5 días a la semana, sin considerar feriados.

### **3.11.2 Soldadora TIC**

La soldadura tipo TIG utilizada en Industrias JESSA, ubicada en el área de producción, opera mediante el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno no consumible (GTAW). Este equipo trabaja con un voltaje de entrada de 220 V, una frecuencia de 50/60 Hz y un sistema de accionamiento eléctrico de tipo semiautomático. Presenta una corriente de entrada en el rango de 30 a 40 A y un voltaje en vacío aproximado de 55 V, lo que permite estabilidad en el arco eléctrico durante el proceso de soldadura. La potencia del equipo se encuentra entre 6 y 9 kW. El sistema utiliza gas de protección, generalmente argón, con un caudal aproximado de 10 a 20 L/min, lo que permite proteger el baño de fusión y garantizar una soldadura de alta calidad, especialmente en materiales delgados y de precisión.

Para el funcionamiento de la soldadora TIG se consideran principalmente normativas ambientales relacionadas con la emisión de humos, gases y ruido generados durante el proceso de soldadura, entre las cuales se destacan:

- TULSMA (Ecuador) – Límites de calidad del aire y control de emisiones
- Acuerdo Ministerial 097-A (Ecuador) – Límites máximos permisibles de emisiones al aire
- ISO 14001 – Sistema de gestión ambiental
- ISO 15011 – Medición de humos y gases en procesos de soldadura

- ISO 10882-1 – Evaluación de exposición a contaminantes en soldadura

En cuanto al mantenimiento del equipo no se dispone en bodega de todos los repuestos necesarios para la reparación de fallas, tales como regulador de presión, cable de tierra, boquilla y antorcha, los cuales deberán ser adquiridos para garantizar un trabajo continuo. Sin embargo, se cuenta con disponibilidad de manguera de gas en bodega.

El jefe de producción y los soldadores son los que operan las soldadoras y para la manipulación o inspección de los equipos cuenta con equipos de protección personal (EPP).

El equipo de soldadura TIG trabaja bajo una jornada laboral de 8 horas diarias, distribuidas en dos turnos: de 08:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, durante 5 días a la semana, sin considerar feriados.

### **3.11.3 Soldadora SMAW**

La máquina de soldadura eléctrica tipo SMAW utilizada en Industrias JESSA, ubicada en el área de producción de cocinas, opera mediante el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido. Este equipo trabaja con un voltaje de entrada de 220 a 230 V, una frecuencia de 50/60 Hz y un accionamiento eléctrico. Presenta una corriente eléctrica aproximada de 50 A y un voltaje en vacío entre 70 y 80 V, lo que permite una adecuada formación y estabilidad del arco eléctrico.

Para el funcionamiento de la soldadora eléctrica se consideran principalmente normativas ambientales relacionadas con la emisión de humos, gases y ruido generados durante el proceso de soldadura, entre las cuales se destacan:

- TULSMA (Ecuador) – Límites de calidad del aire y control de emisiones
- Acuerdo Ministerial 097-A (Ecuador) – Límites máximos permisibles de emisiones al aire
- ISO 14001 – Sistema de gestión ambiental
- ISO 15011 – Medición de humos y gases en procesos de soldadura
- ISO 10882-1 – Evaluación de exposición a contaminantes en soldadura

En cuanto al mantenimiento del equipo no se dispone en bodega de todos los repuestos necesarios para la reparación de fallas, como entrada de energía, control de amperaje, botón de encendido y apagado, pinza de masa y porta electrodos.

El jefe de producción y los soldadores son los que operan las soldadoras y para la manipulación o inspección de los equipos cuenta con equipos de protección personal (EPP).

El equipo de soldadura eléctrica trabaja bajo una jornada laboral de 8 horas diarias, distribuidas en dos turnos: de 08:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, durante 5 días a la semana, sin considerar feriados.

### **3.11.4 Tronzadora**

La tronzadora utilizada en Industrias JESSA, ubicada en el área de producción de cocinas, es un equipo de corte accionado eléctricamente, empleado para el corte de materiales metálicos. Este equipo trabaja con un voltaje de entrada de 120/220 V, una frecuencia de 50/60 Hz y una corriente aproximada de 15 A. Dispone de un motor eléctrico con una potencia entre 2.2 y 2.3 kW ( $\approx$  3 HP), lo que le permite alcanzar una velocidad máxima de operación entre

3,800 y 4,000 RPM, con una velocidad sin carga de 4,000 RPM. Utiliza discos de corte de 14 pulgadas (355 mm) para realizar cortes precisos en diferentes tipos de materiales.

Para el funcionamiento de la tronzadora se consideran principalmente normativas ambientales relacionadas con la generación de ruido y material particulado durante el proceso de corte, entre las cuales se destacan:

- TULSMA (Ecuador) – Límites de calidad del aire y control de emisiones
- Acuerdo Ministerial 097-A (Ecuador) – Límites máximos permisibles de emisiones al aire
- ISO 14001 – Sistema de gestión ambiental
- ISO 3744 – Determinación de niveles de potencia acústica (ruido)
- ISO 11202 – Medición del ruido en el puesto de trabajo

En cuanto al mantenimiento del equipo no se dispone en bodega de todos los repuestos necesarios para la reparación de fallas, tales como interruptor de encendido y apagado, protector de hoja, sistema de ajuste de ángulo de corte, cable eléctrico y palanca de bloqueo. Sin embargo, cuenta con disponibilidad de discos de corte y carbones en bodega.

El jefe de producción y los soldadores son los que operan las soldadoras y para la manipulación o inspección de los equipos cuenta con equipos de protección personal (EPP).

El equipo trabaja bajo una jornada laboral de 8 horas diarias, distribuidas en dos turnos: de 08:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, durante 5 días a la semana, sin considerar feriados.

### ***3.11.5 Taladro de Pedestal***

La máquina tipo taladro de pedestal utilizada en Industrias JESSA, ubicada en el área de producción, es un equipo de perforación accionado eléctricamente, utilizado para realizar agujeros precisos en materiales metálicos. Este equipo trabaja con un voltaje de entrada de 220–240 V y una frecuencia de 50 Hz, con una potencia de entrada de 750 W. Posee una capacidad máxima de perforación de 20 mm y un rango de velocidad sin carga entre 180 y 2770 rpm, con 16 niveles de ajuste de velocidad.

Para el funcionamiento del taladro de pedestal se consideran principalmente normativas ambientales relacionadas con la generación de ruido y partículas durante el proceso de perforación, entre las cuales se destacan:

- TULSMA (Ecuador) – Límites de calidad del aire y control de emisiones
- Acuerdo Ministerial 097-A (Ecuador) – Límites máximos permisibles de emisiones al aire
- ISO 14001 – Sistema de gestión ambiental
- ISO 3744 – Determinación de niveles de potencia acústica (ruido)
- ISO 11202 – Medición del ruido en el puesto de trabajo

En cuanto al mantenimiento del equipo no se dispone en bodega de varios componentes necesarios para la reparación de fallas, tales como motor, bandas, columna, mesa de trabajo, manija de elevación, cremallera, seguro de mesa, sistema de bloqueo de acción rápida e interruptores de encendido y apagado.

La operación del equipo está a cargo del jefe de producción, quien cuenta con los equipos de protección personal (EPP) necesarios para garantizar la seguridad durante la manipulación e inspección del equipo.

El equipo trabaja bajo una jornada laboral de 8 horas diarias, distribuidas en dos turnos: de 08:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, durante 5 días a la semana, sin considerar feriados.

### **3.11.6 Compresor Horizontal (A) PTK**

El compresor de banda utilizado en Industrias JESSA, ubicado en el área de producción de cocinas, es un equipo destinado a la generación de aire comprimido para el funcionamiento de herramientas y procesos industriales. Este equipo cuenta con un tanque de 100 litros, trabaja a una presión nominal de 116 PSI (8 bar) y proporciona un caudal de aire aproximado de 170 L/min.

El compresor opera mediante un sistema de transmisión por banda, con una velocidad de 1000 rpm, impulsado por un motor eléctrico de 2 HP (1500 W) y alimentado con un voltaje de 110 V. Este sistema permite un funcionamiento continuo y estable para cubrir las necesidades de aire comprimido dentro del proceso productivo.

Para el funcionamiento del compresor de banda se consideran principalmente normativas ambientales relacionadas con la emisión de ruido y la calidad del aire, entre las cuales se destacan:

- TULSMA (Ecuador) – Control de calidad del aire y ruido ambiental
- Acuerdo Ministerial 097-A (Ecuador) – Límites permisibles de emisiones al aire
- ISO 14001 – Sistema de gestión ambiental
- ISO 3744 – Determinación de niveles de potencia acústica (ruido)
- ISO 8573-1 – Calidad del aire comprimido en sistemas industriales

En cuanto al mantenimiento del equipo no se dispone en bodega de varios componentes necesarios para la reparación de fallas, como motor eléctrico, filtro de aire, válvulas de descarga, manómetro, regulador de presión, presostato, banda, poleas y pistón. Sin embargo, se cuenta con disponibilidad de aceite para el cabezal y manguera de admisión en bodega.

El jefe de producción y los soldadores son los que operan las soldadoras y para la manipulación o inspección de los equipos cuenta con equipos de protección personal (EPP).

El equipo trabaja bajo una jornada laboral de 8 horas diarias, distribuidas en dos turnos: de 08:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, durante 5 días a la semana, sin considerar feriados.

### **3.11.7 Compresor Horizontal (B) HP**

El compresor de banda marca BP utilizado en Industrias JESSA, ubicado en el área de producción de cocinas, es un equipo destinado a la generación de aire comprimido para el funcionamiento de herramientas y procesos industriales. Este equipo cuenta con un tanque de 100 litros, trabaja a una presión nominal de 8 - 12 bar (116 - 174 psi) proporciona un caudal de aire aproximado de 170 L/min con una potencia de 2 HP.

Para el funcionamiento del compresor de banda se consideran principalmente normativas ambientales relacionadas con la emisión de ruido y la calidad del aire, entre las cuales se destacan:

- TULSMA (Ecuador) – Control de calidad del aire y ruido ambiental
- Acuerdo Ministerial 097-A (Ecuador) – Límites permisibles de emisiones al aire
- ISO 14001 – Sistema de gestión ambiental
- ISO 3744 – Determinación de niveles de potencia acústica (ruido)

- ISO 8573-1 – Calidad del aire comprimido en sistemas industriales

En cuanto al mantenimiento del equipo no se dispone en bodega de varios componentes necesarios para la reparación de fallas, como motor eléctrico, filtro de aire, válvulas de descarga, manómetro, regulador de presión, presostato, banda, poleas y pistón. Sin embargo, se cuenta con disponibilidad de aceite para el cabezal y manguera de admisión en bodega.

El jefe de producción y los soldadores son los que operan las soldadoras y para la manipulación o inspección de los equipos cuenta con equipos de protección personal (EPP).

El equipo trabaja bajo una jornada laboral de 8 horas diarias, distribuidas en dos turnos: de 08:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, durante 5 días a la semana, sin considerar feriados.

### **3.11.8 Esmeril**

La máquina tipo esmeril utilizada en Industrias JESSA, ubicada en el área de producción de cocinas, es un equipo de desbaste y acabado de superficies metálicas accionado eléctricamente. Este equipo trabaja con una tensión de 127 V y una frecuencia de 60 Hz, con un consumo aproximado de 4.4 A y una potencia de 3/4 HP (560 W). Opera a una velocidad de 3,450 rpm, lo que permite realizar trabajos de pulido, afilado y eliminación de rebabas en piezas metálicas.

Para el funcionamiento del esmeril se consideran principalmente normativas ambientales relacionadas con la generación de ruido y partículas (polvo metálico) durante el proceso de desbaste, entre las cuales se destacan:

- TULSMA (Ecuador) – Control de calidad del aire y ruido ambiental
- Acuerdo Ministerial 097-A (Ecuador) – Límites permisibles de emisiones al aire
- ISO 14001 – Sistema de gestión ambiental
- ISO 3744 – Determinación de niveles de potencia acústica (ruido)
- ISO 11202 – Medición del ruido en el puesto de trabajo

En cuanto al mantenimiento del equipo no se dispone en bodega de componentes necesarios para la reparación de fallas, tales como botón de encendido y apagado, rueda abrasiva y eje.

La operación del equipo está a cargo del jefe de producción, quien cuenta con los equipos de protección personal (EPP) necesarios para garantizar la seguridad durante la manipulación e inspección del equipo.

El equipo trabaja bajo una jornada laboral de 8 horas diarias, distribuidas en dos turnos: de 08:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00, durante 5 días a la semana, sin considerar feriados.

### **3.12 Calculo el MTBF para cada Activo**

Para el cálculo del MTTR de cada activo se tomó como referencia los registros de novedades del año 2025 los mismo que proporciono la empresa y se muestran en el Anexo 9, y los resultados que se obtuvieron se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9***MTBF de cada activo de la empresa*

Equipo	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
<b>Soldadora</b>	2/1/2025	8:00:00	512	24/4/2025	14:30:00	1.5
<b>MIG A</b>	24/4/2025	16:00:00	338	25/6/2025	9:00:00	2
	25/6/2025	11:00:00	442	10/9/2028	13:30:00	1.5
	10/9/2028	15:00:00	310	6/11/2025	9:00:00	1
	6/11/2025	10:00:00	432	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Soldadora</b>	2/1/2025	8:00:00	337	5/3/2025	9:00:00	1.5
<b>MIG B</b>	5/3/2025	10:30:00	527	9/6/2025	10:00:00	1.5
	9/6/2025	11:30:00	318	30/6/2025	9:00:00	1.5
	30/6/2025	10:30:00	533	14/10/2025	15:00:00	2
	14/10/2025	17:00:00	307	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Soldadora</b>	2/1/2025	8:00:00	267	18/2/2025	10:30:00	1.5
<b>MIG C</b>	18/2/2025	12:00:00	493	21/5/2025	9:00:00	2
	21/5/2025	11:00:00	280	4/6/2025	11:00:00	1
	4/6/2025	12:00:00	246	17/7/2025	10:00:00	2
	17/7/2025	12:00:00	241	28/8/2025	14:00:00	2
	28/8/2025	16:00:00	486	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Soldadora</b>	2/1/2025	8:00:00	654	30/4/2025	15:00:00	1.5
<b>TIC</b>	30/4/2025	16:30:00	892.5	6/10/2025	13:00:00	1.5
	6/10/2025	14:30:00	474.5	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Soldadora</b>	2/1/2025	8:00:00	390	13/3/2025	15:00:00	2
<b>SMAW</b>	13/3/2025	17:00:00	207	21/4/2025	16:00:00	1
	21/4/2025	17:00:00	497	18/7/2025	9:00:00	1
	18/7/2025	10:00:00	548	23/10/2025	15:00:00	1
	23/10/2025	16:00:00	377	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Tronzadora</b>	2/1/2025	8:00:00	788	26/5/2025	13:00:00	1.5
	26/5/2025	14:30:00	889	29/10/2025	15:30:00	1.5
	29/10/2025	17:00:00	344	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Compresor</b>	2/1/2025	8:00:00	890	12/6/2025	10:00:00	1
<b>A</b>	12/6/2025	11:00:00	158	10/7/2025	9:00:00	1
	10/7/2025	10:00:00	974	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Compresor</b>	2/1/2025	8:00:00	891	12/6/2025	11:00:00	1
<b>B</b>	12/6/2025	12:00:00	1038.5	15/12/2025	10:30:00	1
	15/12/2025	11:30:00	92.5	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Taladro</b>	2/1/2025	8:00:00	1114.5	22/7/2025	10:30:00	1.5
	22/7/2025	12:00:00	908	2/1/2026	8:00:00	0
<b>Esmeril</b>	2/1/2025	8:00:00	899	13/6/2025	11:00:00	1
	13/6/2025	12:00:00	866	14/11/2025	15:00:00	1
	14/11/2025	16:00:00	257	2/1/2026	8:00:00	0

*Nota:* Jurado, 2026.

### 3.13 Diagrama de Flujo para Realizar un Análisis de Criticidad

Para un correcto desarrollo de análisis de criticidad se realizó actividades de manera secuencial que permitieron un buen desarrollo como se muestra en la Figura 6.

#### Figura 6

Diagrama de flujo para realizar un análisis de criticidad



*Nota:* Jurado, 2026.

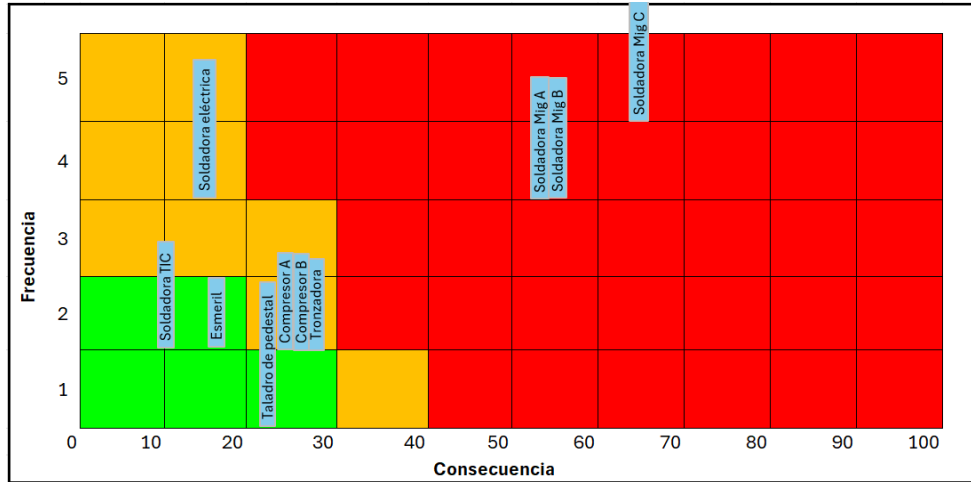
### 3.14 Análisis Criticidad

El análisis de criticidad es una herramienta que permitió identificar cuáles son los equipos que presentan fallas y a cuál se debe dar mayor prioridad, tomando en cuenta ciertos parámetros como: la frecuencia de fallas, la seguridad, el costo, el impacto en la producción, el costo de reparación y el tiempo de reparación, para así poder tomar decisiones estratégicas que ayuden a mejorar la productividad de Industrias JESSA.

En la Figura 7 se muestra la representación gráfica de los resultados del análisis de criticidad que está en el Anexo 21, donde se obtuvieron al realizar el levantamiento de información de los registros de novedades de la empresa, los que se encuentran en el área roja son de mayor criticidad, los del área amarilla son de media criticidad y por ultimo los del área verde no son críticos

**Figura 7**

Análisis de Criticidad de los equipos de Industrias JESSA



Nota: Jurado, 2026.

**3.15 Datos de los equipos críticos para el pronóstico matemático**

En la Tabla 10 Se presenta los datos que se utilizaron para el pronóstico matemático en la que los datos hacen referencia a los TTFS de los equipos críticos como la Mag A, Mig B y Mig C

**Tabla 10**

*Datos de los equipos críticos para el pronóstico matemático*

EQUIPO	TIF
	512
	338
<b>Soldadora MIG A</b>	442
	310
	432
	337
	527
<b>Soldadora MIG B</b>	318
	533
	307
	267
	493
<b>Soldadora MIG C</b>	280
	246
	241
	486

Nota: Jurado, 2026.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se hablará sobre los resultados y discusión de la presente investigación, la misma que se desarrolló en Industrias JESSA a los equipos del área de producción, se aplicó como herramienta el análisis de criticidad para determinar en qué estado se encontraba cada equipo para posteriormente desarrollar un modelo predictivo basado en los MTBFS de todos los equipos críticos y así se determinó un plan de mantenimiento predictivo que ayudara a maximizar la disponibilidad y productividad.

### 4.1 Resultados del Análisis de Criticidad Realizado a Industrias JESSA

El Análisis de criticidad de Industrias JESSA se realizó a los equipos del área de producción con el registro de novedades del año 2025 que proporciono la empresa, lo que

**Tabla 11**

*Resumen del Análisis de Criticidad*

N°	Equipo	Frecuencia de fallas	Consecuencia total	Criticidad total
1	Suelda MIG A	4	52	208
2	Suelda MIG B	4	52	208
3	Suelda MIG C	5	65	325
4	Suelda TIC	2	10	20
5	Suelda eléctrica	4	16	64
6	Tronzadora	2	26	52
7	Compresor horizontal	2	26	52
8	Compresor horizontal	2	26	52
9	Taladro de pedestal	1	23	23
10	Esmeril	2	18	36

*Nota:* Jurado, 2026.

### 4.2 Desarrollar un Modelo Predictivo Basado en MTBF para Estimar la Fiabilidad y Disponibilidad de los Equipos.

El presente trabajo realiza una revisión técnica del código desarrollado para modelar los tiempos hasta la falla, conocidos como TTF, mediante un enfoque de serie temporal y un modelo ARIMA. El análisis se formula desde la perspectiva de la gestión del mantenimiento industrial, considerando que el objetivo final no es únicamente obtener un pronóstico estadístico, sino convertirlo en criterios operativos para programar actividades de inspección, mantenimiento preventivo y control de riesgo de falla.

El archivo revisado contiene una secuencia de 16 TTF históricos, el ajuste automático de parámetros ARIMA, la validación estadística del modelo, la generación de 12 pronósticos y una propuesta de clasificación del mantenimiento. El análisis se presenta paso a paso, con énfasis en la consistencia matemática, interpretación de resultados, limitaciones metodológicas y aplicabilidad industrial.

#### 4.2.1 Datos Base Utilizados en el Modelo

Los datos corresponden a una serie de 16 observaciones de tiempo hasta la falla. Estos valores constituyen una base inicial válida para un análisis exploratorio, aunque todavía limitada para pronósticos de alta robustez. En mantenimiento industrial, una mayor cantidad de datos permitiría estabilizar la estimación del comportamiento de falla y reducir la incertidumbre del modelo.

**Tabla 12**

*Resumen estadístico de los TTF históricos.*

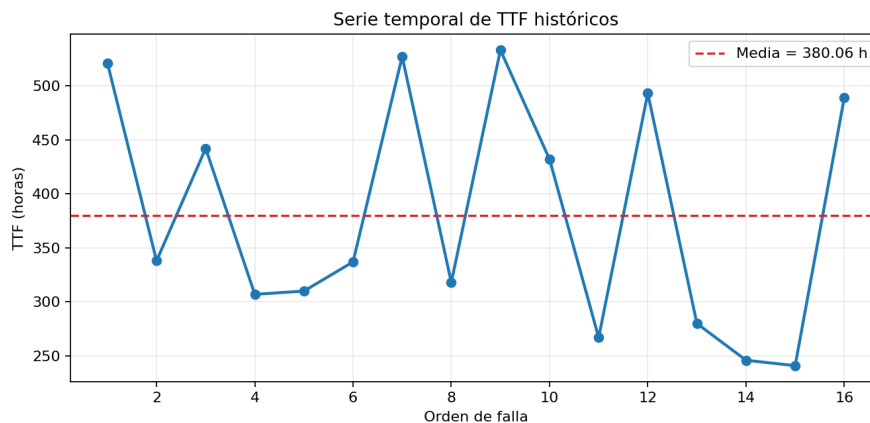
Indicador	Valor
Número de observaciones	16
Media histórica	380.06 h
Desviación estándar	107.65 h
Mediana	337.50 h
TTF mínimo observado	241.00 h
TTF máximo observado	533.00 h
Umbral preventivo temprano	326.24 h
Umbral crítico	433.89 h

*Nota:* Jurado, 2026.

La media histórica calculada es de 380.06 horas y la desviación estándar es de 107.65 horas. Esta dispersión evidencia variabilidad considerable en la ocurrencia de fallas, por lo que el plan de mantenimiento no debe basarse únicamente en un valor promedio; debe complementarse con bandas de incertidumbre e indicadores de criticidad.

**Figura 8**

*Comportamiento temporal de los TTF históricos.*



*Nota:* Jurado, 2026.

## 4.2.2 *Análisis Paso a Paso del Código Desarrollado*

**4.2.2.1 Paso 0. Instalación de librerías:** El código instala las librerías `pmdarima`, `statsmodels`, `matplotlib` y `pandas`. Esta selección es adecuada porque combina manipulación de datos, visualización, pruebas de estacionalidad y modelación ARIMA. Desde el punto de vista técnico, el uso de Google Colab facilita la reproducibilidad, siempre que se mantengan versiones compatibles de las librerías.

**4.2.2.2 Paso 1. Preparación de Datos** Los TTF se cargan en una lista y se transforman en un `DataFrame` con índice secuencial. Esta estructura es apropiada cuando los datos no tienen fechas calendario, pero sí conservan el orden de ocurrencia de las fallas. El índice “Tiempo” debe interpretarse como orden de evento, no como tiempo cronológico continuo.

**4.2.2.3 Paso 2.** Visualización de la serie temporal La gráfica inicial permite evaluar la estabilidad, los saltos de magnitud y la posible presencia de patrones. En este caso, la serie muestra variabilidad marcada, con valores altos superiores a 500 horas y valores bajos cercanos a 240 horas. Esta visualización justifica la necesidad de usar intervalos y no solo un pronóstico puntual.

**4.2.2.4 Paso 3. Autocorrelación y Estacionalidad:** El código genera ACF y PACF, y aplica la prueba Dickey-Fuller aumentada. Este procedimiento es correcto para validar si la serie requiere diferenciación. No obstante, por tratarse de solo 16 observaciones, la interpretación de ACF y PACF debe hacerse con cautela y se recomienda limitar el número de rezagos para evitar gráficos poco estables.

**4.2.2.5 Paso 4. Selección Automática de ARIMA:** La función `auto_arima` selecciona automáticamente los parámetros  $p$ ,  $d$  y  $q$ . En los resultados se obtuvo ARIMA (0,0,0), lo que indica que el mejor ajuste, bajo el criterio empleado, fue un modelo de media constante. Esto significa que el modelo no encontró evidencia suficiente de estructura autorregresiva ni de media móvil en la serie.

**4.2.2.6 Paso 5. Ajuste del Modelo ARIMA:** El modelo se ajusta con `statsmodels` usando el orden seleccionado. Al ser ARIMA (0,0,0), el pronóstico base coincide con la media histórica estimada. Este resultado es matemáticamente consistente con el código y explica por qué todos los pronósticos base son iguales a 380.06 horas.

**4.2.2.7 Paso 6. Validación de Residuos:** La validación se realiza mediante el gráfico de residuos y la ACF residual. El resultado de Ljung-Box con  $p = 0.38$  sugiere que no hay autocorrelación significativa en el primer rezago. Además, Jarque-Bera con  $p = 0.43$  no evidencia desviaciones graves de normalidad; sin embargo, el tamaño muestral limita la potencia de estas pruebas.

**4.2.2.8 Paso 7. Pronóstico de 12 TTF:** El pronóstico base se genera para 12 periodos futuros. Debido al modelo ARIMA (0,0,0), todos los valores base son constantes. Para introducir variabilidad, el código utiliza la desviación estándar de los residuos y una simulación uniforme con semilla fija. Esta decisión permite generar mínimos y máximos variables, pero debe describirse técnicamente como intervalo simulado, no como intervalo de confianza analítico puro.

**4.2.2.9 Paso 8. Definición del Plan de Mantenimiento:** El plan clasifica el mantenimiento comparando el TTF recomendado contra la media histórica más o menos media desviación estándar. El criterio define tres zonas: preventivo temprano, preventivo estándar y mantenimiento crítico. En los resultados revisados, todos los TTF recomendados caen dentro de la zona de mantenimiento preventivo estándar.

**4.2.2.10 Paso 9. Visualización Final:** El gráfico final integra la serie histórica, el pronóstico ARIMA, los intervalos simulados y el TTF recomendado. Esta representación es útil para comunicar al personal técnico y directivo cómo el modelo estadístico se traduce en ventanas de intervención de mantenimiento.

#### 4.2.3 *Análisis de los Resultados Obtenidos*

**4.2.3.1 Prueba de Estacionalidad:** La prueba ADF reporta un estadístico de -4.6560 y un valor p de 0.0001017. Dado que el valor p es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. En términos prácticos, la serie puede tratarse como estacional y no requiere diferenciación para el ajuste ARIMA.

Este resultado es relevante porque permite usar  $d = 0$  dentro del modelo ARIMA. La estacionalidad observada es coherente con el resultado seleccionado por `auto_arima`, que identificó el orden (0,0,0).

#### 4.2.3.2 Modelo Seleccionado y Ajuste Estadístico

**Tabla 13**

*Principales resultados del modelo ARIMA ajustado.*

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
Modelo seleccionado	ARIMA (0,0,0)
Constante estimada	380.0625 h
Error estándar de la constante	27.543
Valor z de la constante	13.799
p-value de la constante	0.000
Log Likelihood	-97.049
AIC	198.098
BIC	199.643
Ljung-Box p-value	0.38
Jarque-Bera p-value	0.43
Heterocedasticidad p-value	0.46

*Nota:* Jurado, 2026.

El modelo ARIMA (0,0,0) equivale a un modelo de media constante. Por ello, el pronóstico base se estabiliza en 380.06 horas para todos los próximos eventos. Esta salida no debe interpretarse como un error del código, sino como evidencia de que, con los 16 datos disponibles, el algoritmo no detecta dependencia temporal suficiente para justificar parámetros autorregresivos o de media móvil.

El coeficiente constante es estadísticamente significativo, con p-value igual a 0.000. Sin embargo, la varianza del error presenta alta incertidumbre, lo que refuerza la conveniencia de trabajar con bandas de incertidumbre y no solo con el promedio.

#### 4.2.4 *Pronósticos de TTF y Plan de Mantenimiento*

La siguiente tabla resume los 12 eventos pronosticados. El pronóstico base permanece constante en 380.06 horas, mientras que el TTF mínimo, máximo y recomendado cambian debido a la simulación de variabilidad residual. Esta estrategia permite construir ventanas de intervención más realistas para la gestión operativa.

**Tabla 14**

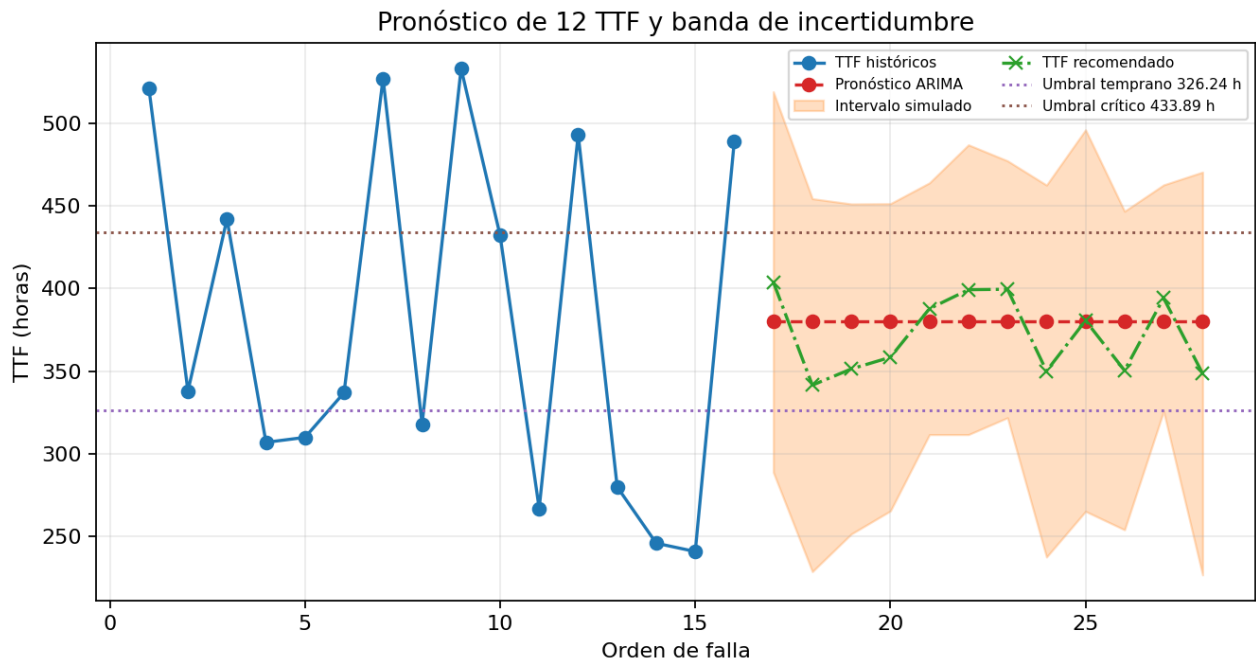
*Pronósticos, intervalos simulados y clasificación del mantenimiento.*

<b>Orden</b>	<b>Pronóstico TTF (h)</b>	<b>TTF mínimo 95% CI</b>	<b>TTF máximo 95% CI</b>	<b>TTF recomendado</b>	<b>Plan de mantenimiento</b>
17	380.06	288.91	518.95	403.93	Preventivo estándar
18	380.06	228.85	454.31	341.58	Preventivo estándar
19	380.06	251.65	451.13	351.39	Preventivo estándar
20	380.06	265.55	451.30	358.42	Preventivo estándar
21	380.06	311.68	463.89	387.79	Preventivo estándar
22	380.06	311.69	486.87	399.28	Preventivo estándar
23	380.06	321.89	477.20	399.55	Preventivo estándar
24	380.06	237.66	462.53	350.10	Preventivo estándar
25	380.06	265.29	495.95	380.62	Preventivo estándar
26	380.06	254.14	446.72	350.43	Preventivo estándar
27	380.06	325.80	462.63	394.22	Preventivo estándar
28	380.06	226.85	470.37	348.61	Preventivo estándar

*Nota:* Jurado, 2026.

**Figura 9**

*Pronóstico de TTF, banda de incertidumbre simulada y TTF recomendado.*



*Nota:* Jurado, 2026.

El umbral de mantenimiento preventivo temprano se ubica en 326.24 horas, mientras que el umbral crítico se ubica en 433.89 horas. Los TTF recomendados oscilan entre 341.58 y 403.93 horas; por lo tanto, todos permanecen dentro del intervalo de mantenimiento preventivo estándar.

Aunque la clasificación final sea preventivo estándar en todos los casos, los TTF mínimos simulados muestran escenarios de falla temprana, especialmente en los órdenes 18, 24, 26 y 28. Por ello, desde una perspectiva conservadora, se recomienda iniciar inspecciones funcionales antes de 326 horas y programar la intervención principal en torno al TTF recomendado de cada evento.

#### **4.2.5 Evaluación Técnica del Plan de Mantenimiento**

El plan propuesto es técnicamente coherente para una primera aproximación de mantenimiento preventivo basado en datos. Al clasificar todos los eventos como preventivo estándar, se sugiere que el sistema no evidencia una condición inmediata de criticidad bajo el criterio media +/- 0.5 desviación estándar. Sin embargo, la variabilidad observada en los mínimos y máximos indica que el riesgo de falla temprana no debe ser ignorado.

Para aplicación industrial, se recomienda estructurar tres momentos de control: inspección temprana entre 225 y 326 horas, mantenimiento preventivo estándar entre 341 y 404 horas, y alerta crítica si el equipo supera 434 horas sin intervención. Este enfoque reduce la dependencia del promedio y convierte el pronóstico en una política operativa más segura.

**Tabla 15***Propuesta operativa de control para mantenimiento basado en TTF.*

<b>Zona operativa</b>	<b>Criterio técnico</b>	<b>Acción recomendada</b>
Inspección temprana	Desde 225 h hasta 326.24 h	Inspección visual, verificación de vibración, temperatura, corriente y lubricación.
Mantenimiento preventivo estándar	Desde 326.24 h hasta 433.89 h	Ejecución del mantenimiento preventivo programado según TTF recomendado.
Alerta crítica	Mayor que 433.89 h sin intervención	Evaluación inmediata del equipo, análisis de condición y decisión de parada controlada.

*Nota:* Jurado, 2026.**4.2.6 Observaciones Críticas y Oportunidades de Mejora del Modelo**

- El tamaño muestral es limitado. Con 16 observaciones, el modelo puede servir como análisis exploratorio, pero no como base definitiva para una política de mantenimiento crítica sin validación adicional.
- El resultado ARIMA (0,0,0) indica ausencia de estructura temporal significativa en la serie. Por ello, el pronóstico base es igual a la media histórica y no captura tendencias ascendentes o descendentes de deterioro.
- Los límites denominados “TTF mínimo 95% CI” y “TTF máximo 95% CI” se generan mediante simulación con residuos. Desde una redacción científica rigurosa, deben denominarse “intervalos simulados de incertidumbre” o justificarse formalmente como aproximación bootstrap/Monte Carlo.
- En la tabla de salida del archivo aparece una columna índice sin encabezado junto a la columna Orden, lo que puede generar confusión. Se recomienda aplicar `reset_index(drop=True)` antes de mostrar la tabla final.
- Para mantenimiento industrial, conviene complementar ARIMA con modelos de confiabilidad, especialmente Weibull, MTBF, función de riesgo y análisis de criticidad del equipo.

#### 4.2.7 Recomendaciones Técnicas

**4.2.7.1 Ampliar la base de datos:** Registrar al menos 30 a 50 TTF adicionales, incorporando condiciones de operación, carga, temperatura, vibración, corriente eléctrica, tipo de falla y acción correctiva.

**4.2.7.2 Validar el modelo con datos nuevos:** Aplicar validación fuera de muestra o validación progresiva, comparando TTF pronosticado contra TTF real mediante MAE, RMSE y MAPE.

**4.2.7.3 Formalizar los intervalos:** Sustituir la simulación uniforme por intervalos de predicción del propio modelo, bootstrap de residuos o simulación Monte Carlo documentada metodológicamente.

**4.2.7.4 Integrar condición del equipo:** Vincular el pronóstico TTF con técnicas predictivas como análisis de vibración, termografía, análisis de corriente de motores y monitoreo de lubricación.

**4.2.7.5 Ajustar el plan por criticidad:** Definir umbrales distintos para equipos críticos, semicríticos y no críticos, ya que el costo de una falla no es igual en todos los activos industriales.

#### 4.2.8 Síntesis metodológica del modelo

La metodología aplicada sigue una secuencia lógica de modelación: preparación de datos, análisis exploratorio, validación de estacionalidad, selección automática de ARIMA, ajuste del modelo, validación residual, pronóstico, construcción de intervalos simulados y traducción del resultado a un plan de mantenimiento. Esta estructura convierte una serie de TTF en una herramienta de apoyo para la toma de decisiones.

### Figura 10

*Propuesta operativa de control para mantenimiento basado en TTF.*

#### Flujo metodológico del modelo TTF - ARIMA - mantenimiento



*Nota:* Jurado, 2026.

#### 4.2.9 Conclusiones

El código revisado presenta una estructura metodológica adecuada para un análisis inicial de TTF mediante ARIMA y para su vinculación con un plan de mantenimiento industrial.

La prueba ADF evidencia estacionalidad de la serie, lo que justifica el uso de un modelo sin diferenciación. El auto\_arima seleccionó ARIMA (0,0,0), interpretado como un modelo de media constante.

El pronóstico base de 380.06 horas representa la media histórica de los TTF. La variabilidad de los valores mínimos, máximos y recomendados proviene de la simulación basada en residuos, lo que permite generar ventanas operativas de mantenimiento.

Todos los TTF recomendados se clasifican como mantenimiento preventivo estándar; no obstante, los valores mínimos simulados sugieren la conveniencia de iniciar inspecciones tempranas antes de 326 horas.

Para fortalecer la validez industrial y científica del modelo, se recomienda aumentar el volumen de datos, complementar con análisis Weibull y formalizar estadísticamente la construcción de intervalos de incertidumbre.

#### 4.3 Proponer Estrategias de Mantenimiento Predictivo Basadas en los Resultados del Pronóstico del MTBF para Maximizar la Disponibilidad y Productividad.

Se desarrollo un plan predictivo de mantenimiento para Industrias JESSA a partir del análisis de Tiempos Hasta la Falla (TTF) obtenidos mediante un modelo ARIMA. El objetivo es transformar los resultados estadísticos en acciones concretas de mantenimiento predictivo, permitiendo reducir fallas no programadas, incrementar la disponibilidad de los equipos y optimizar los costos de operación en la producción de las cocinas.

#### 4.4 Análisis Técnico del Pronóstico de la Disponibilidad y la Productividad

El análisis técnico del pronóstico de la Disponibilidad y de la Productividad se basó en un contexto integral, partiendo de los TTF históricos, la prueba ADF, el modelo ARIMA seleccionado y el pronóstico de 12 próximos TTF, en donde se pudo determinar que la serie temporal es estacionaria, con p-value = 0,0001017, y que el mejor modelo seleccionado fue ARIMA (0,0,0), con un pronóstico base de 380,06 horas para los siguientes periodos de producción de la organización.

##### 4.4.1 Fundamento Técnico

En gestión del mantenimiento, el TTF, tiempo hasta la falla, permitió estimar cuántas horas de operación se esperan antes de que el equipo falle. Para transformar ese pronóstico en Disponibilidad, se necesita relacionar el tiempo operativo con el tiempo total del ciclo, es decir:

$$Disponibilidad = \frac{TTF}{TTF + MTTR}$$

Donde:

*TTF = Tiempo esperado hasta la falla*

*MTTR = Tiempo medio de reparación*

En la bitácora de mantenimiento de la empresa JESSA se detalla un MTTR = 8 horas por evento de mantenimiento. Este valor es fundamental en la optimización del proceso productivo de la organización.

Para la productividad se usa un índice de productividad relativa, en donde el rendimiento, la calidad y la velocidad de producción se mantienen constantes. Entonces:

$$\text{Productividad relativa} = \text{Disponibilidad} \times 100$$

Esto significa que, si la disponibilidad es 98 %, el sistema puede sostener aproximadamente el 98 % de su capacidad productiva esperada.

#### 4.4.2 Interpretación del Pronóstico TTF

El pronóstico estipula 12 próximos TTF, correspondientes a los órdenes 17 al 28. Aunque el pronóstico base del modelo ARIMA es constante en 380,06 horas, el estudio genera un TTF recomendado a partir de los límites mínimo y máximo simulados del intervalo de confianza. Los TTF recomendados se ubican entre 341,58 h y 403,93 h, y todos los casos fueron clasificados como mantenimiento preventivo estándar.

Esto indica que el comportamiento esperado del proceso de producción fue relativamente estable. No se proyectan valores suficientemente bajos para activar mantenimiento preventivo temprano ni valores suficientemente altos para clasificar la intervención como mantenimiento crítico. Técnicamente, el sistema muestra una condición operativa controlada, aunque con variabilidad moderada en los tiempos esperados hasta la falla. Para el Mes 1, el TTF recomendado es:

$$TTF = 403,93 \text{ h}$$

Con el MTTR:

$$MTTR = 8 \text{ h}$$

La disponibilidad se calcula así:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{403,93}{403,93 + 8}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{403,93}{411,93}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0,9806$$

$$\text{Disponibilidad} = 98,06\%$$

Entonces, la productividad relativa será:

$$\text{Productividad} = 98,06\%$$

Si el equipo trabaja bajo una base mensual de 720 horas, equivalente a operación continua 24/7, las horas operativas esperadas serían:

$$\text{Horas operativas} = 720 \times 0,9806 = 706,02 \text{ h}$$

Y las horas no productivas estimadas serían:

$$\text{Horas de parada} = 720 - 706,02 = 13,98 \text{ h}$$

**Tabla 17**

Disponibilidad y Productividad proyectada

<b>Mes proyectado</b>	<b>TTF Recomendado (h)</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Productividad relativa (%)</b>
Mes 1	403,93	98,06	98,06
Mes 2	341,58	97,71	97,71
Mes 3	351,39	97,77	97,77
Mes 4	358,42	97,82	97,82
Mes 5	387,79	97,98	97,98
Mes 6	399,28	98,04	98,04
Mes 7	399,55	98,04	98,04
Mes 8	350,10	97,77	97,77
Mes 9	380,62	97,94	97,94
Mes 10	350,43	97,77	97,77
Mes 11	394,22	98,01	98,01
Mes 12	348,61	97,76	97,76

Nota: Cálculo de la Productividad en base a los pronósticos

#### 4.4.3. Interpretación de Resultados

La disponibilidad proyectada se mantuvo en un rango alto, entre 97,71 % y 98,06 %, lo cual indica que el equipo tendría una condición operativa favorable durante los próximos 12 periodos. El mejor comportamiento se presenta en el Mes 1, con un TTF recomendado de 403,93 h y una disponibilidad de 98,06 %. El periodo más sensible es el Mes 2, con un TTF recomendado de 341,58 h y una disponibilidad de 97,71 %.

Desde el punto de vista productivo, la productividad relativa mantiene el mismo comportamiento que la disponibilidad, debido a que se asumió que la producción depende directamente del tiempo disponible del equipo. En ese sentido, la productividad esperada se mantiene cercana al 98 %, lo que representa una condición aceptable para un sistema bajo mantenimiento preventivo estándar.

En promedio, los 12 meses proyectados presentan:

$$TTF \text{ promedio} = 372,16 \text{ h}$$

$$Disponibilidad \text{ promedio} = 97,89\%$$

$$Productividad \text{ relativa promedio} = 97,89\%$$

$$Horas \text{ operativas promedio/mes} = 704,79 \text{ h}$$

$$Horas \text{ de parada promedio/mes} = 15,21 \text{ h}$$

Esto significa que, si el equipo operara 720 horas mensual, se espera una pérdida promedio aproximada de 15,21 horas mensuales por eventos de mantenimiento o reparación asociados al ciclo de falla. Es decir, que la implementación de un modelo de pronóstico matemático basado

en el análisis del Tiempo Hasta la Falla (TTF), equivalente al MTBF, en Industrias JESSA permitió estimar de manera precisa la disponibilidad de la maquinaria. Los resultados del pronóstico ARIMA muestran que los TTF proyectados mantienen un comportamiento estable y que la disponibilidad operativa se mantiene alrededor del 97,8–98,0%, lo que indica un alto nivel de confiabilidad en los equipos. Este nivel de predicción permite programar de manera efectiva el mantenimiento preventivo, reduciendo significativamente las paradas no programadas, y se estima que podría alcanzarse una disminución cercana al 40% en interrupciones inesperadas.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se logró identificar los equipos críticos mediante la utilización de la herramienta del análisis de criticidad, en el que se tomó en cuenta la frecuencia de fallas, el impacto que genera en la productividad, la flexibilidad de los repuestos, el tiempo que se demora en reparar los equipos y cuanto es el costo que se genera al repararlos. Esto permitió determinar que la Mig A, Mig B y Mig C son los que tienen un alto Nivel de Criticidad, la Soldadora SMAW, el Compresor A, Compresor B y Tronzadora son de Media Criticidad y por último la Soldadora Tic, el Esmeril y Taladro de pedestal son de Baja Criticidad.
- Se desarrolló un modelo predictivo basado en el MTBF utilizando herramientas de análisis de datos como AMIRA, esto permitió estimar el comportamiento futuro de las fallas de los equipos críticos. Los resultados obtenidos permitieron anticipar las interrupciones en los equipos, validando la hipótesis planteada sobre la mejora en la disponibilidad mediante el uso de modelos matemáticos.
- Se propuso un plan de mantenimiento con estrategias de mantenimiento predictivo basadas en los resultados obtenidos del pronóstico matemático, para así anticipar las paradas no programadas y mejora la eficiencia operativa del sistema productivo.

### 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda a Industrias JESSA fortalecer el registro de novedades para tener una información más precisa de las fallas y proponer un plan más preciso que ayude a todos los equipos, basándonos en el análisis de los MTBFS, con el fin de anticipar fallas y reducir tiempos de inactividad a su vez mantener un stock adecuado de repuestos de todos los equipos pero priorizando a los de alta criticidad con el propósito de disminuir el tiempo medio de reparación (MTTR) y mejorar la disponibilidad operativa.
- Se recomienda capacitar al personal técnico en el uso adecuado de los equipos para alargar la vida útil y así se reducirá los tiempos de parada no programados mejorando la disponibilidad de los equipos.
- Finalmente, se recomienda realizar un seguimiento del plan de mantenimiento predictivo sugerido con el propósito de evaluar la efectividad del plan propuesto y promover la mejora continua.

## CAPITULO VI. PROPUESTA



**Plan de mantenimiento predictivo para industrias JESSA**

## **6.1 Introducción**

Industrias JESSA requiere una estrategia de mantenimiento basada en datos que permita anticipar fallas. El análisis realizado muestra una vida media entre fallas cercana a 380 horas y recomienda establecer zonas de inspección temprana, mantenimiento preventivo estándar y alerta crítica.

## **6.2 Objetivo General**

Implementar un sistema de mantenimiento predictivo basado en el monitoreo de condición y el análisis de TTF para maximizar la confiabilidad de los activos industriales.

## **6.3 Objetivos Específicos**

- Recolección de información de la empresa.
- Conocer el sistema organizacional de la empresa.
- Conocer como está distribuida la planta para el proceso.
- Conocer el diagrama de procesos.
- Conocer información relevante de los equipos
- Definir contexto operacional.
- Determinar TTFS y TTRS de todos los equipos mediante el análisis documental.
- Seleccionar los equipos críticos que vamos a evaluar.
- Determinar el pronóstico matemático con los TTFS de los equipos críticos encontrados.
- Realizar un plan de mantenimiento predictivo.

## **6.4 Alcance**

Aplica a motores eléctricos, bombas, compresores, reductores, bandas transportadoras, tableros eléctricos y demás equipos críticos de producción.

## **6.5 Estrategia de Mantenimiento Predictivo**

Se implementará monitoreo continuo de vibración, temperatura, corriente eléctrica, lubricación y horas de operación. Los datos serán almacenados para análisis estadístico y generación de pronósticos.

## **6.6 Técnicas Predictivas**

Análisis de vibraciones, termografía infrarroja, análisis de corriente de motores (MCSA), análisis de lubricantes y seguimiento de TTF mediante modelos ARIMA y confiabilidad.

## **6.7 Plan Basado en TTF**

- 0–225 h: operación normal
- 225–326 h: inspección predictiva.
- 326–404 h: mantenimiento preventivo programado.
- 404–434 h: riesgo elevado.

Mayor a 434 h: intervención inmediata.

## **6.8 Procedimiento de Inspección**

Inspección visual, verificación de vibraciones, medición de temperatura, análisis de corriente, revisión de lubricación y evaluación de condiciones operativas.

## **6.9 Plan de Actividades**

Semanal: revisión visual y monitoreo.

Mensual: vibraciones y termografía.

Trimestral: análisis de lubricantes.

Semestral: mantenimiento preventivo integral.

Anual: auditoría de confiabilidad y actualización de modelos.

## **6.10 Recursos Requeridos**

Sensores de vibración, PT100, cámaras termográficas, PLC Schneider TM221, software EcoStruxure, Python, Power BI y base de datos industrial.

## **6.11 Cronograma de Implementación**

Fase 1: Inventario de activos (2 semanas).

Fase 2: Instalación de sensores (3 semanas).

Fase 3: Captura de datos (2 meses).

Fase 4: Implementación ARIMA (2 semanas).

Fase 5: Validación y mejora continua.

## **6.12 Beneficios Esperados**

Mayor disponibilidad de equipos, reducción de costos, disminución de fallas catastróficas, mejor planificación de recursos y aumento de la productividad.

## **6.13 Conclusiones**

El mantenimiento predictivo propuesto permite convertir los resultados del modelo ARIMA-TTF en una política operativa de mantenimiento basada en condición. La integración de análisis estadístico, vibraciones, termografía y monitoreo eléctrico mejora la confiabilidad y la toma de decisiones en Industrias JESSA.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aboshosha, A., Haggag, A., Neseem, G., & Hamad, H. (2023). Mantenimiento predictivo basado en datos e IoT que utiliza sistemas difusos y redes neuronales artificiales. *Scientific Reports*, 13(1), 12186-. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38887-z>
- Alvarez, D. (2024). Sistema de mantenimiento predictivo utilizando algoritmos de Machine Learning en un compresor de aire industrial en el sector industrial [Pregrado, Universidad César de Vallejo]. In *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/155227>
- Andino, D. (2025). *Mantenimiento predictivo en equipos rotativos utilizando análisis de vibraciones y modelos de supervivencia con Mechine Learning* [Posgrado, Universidad de las Américas]. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/17578/1/UDLA-EC-TMINCD-2025-10.pdf>
- Canahua, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 24(1), 49–76. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Casas, J. (2020). *Introducción al análisis de series temporales* (Prima edición). FUOC.
- Cedeño, W., & Gorozabel, F. (2021). Análisis de criticidad del equipamiento industrial de la línea de bovinos de un centro de faenamiento. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 4 (8 Ed. esp), 49–65. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespsep.0029>
- Cruz, R. (2025). Optimización del mantenimiento del trommel mediante Lean Maintenance, análisis del MTTR/MTBF y mejoras de producción con simulación Monte Carlo. *Journal of Advanced Mining Modeling*, 1(2), 113–130. <https://doi.org/10.17268/JAMM.2025.007>
- Díaz, A., Benítez, R., Castillo, A., Cabrera, J., Villar, L., & Rodríguez, A. (2021). Formulación de un nuevo concepto de confiabilidad operacional. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 29(1)(1), 87–93. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052021000100087>
- Dourado, A., & Viana, F. (2021). Fallos y servicios iniciales de flotas de activos industriales. *Reliability Engineering & System Safety*, 205, 107225. <https://doi.org/10.1016/J.RESS.2020.107225>
- Fernández, B., & Neyra, M. (2021). *Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Road Solutions E.I.R.L – 2020* [Tesis de Pregrado, Universidad Señor de Sipan]. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8855>
- Flores, M., Medina, D., Vargas, D., & Remache, B. (2020). Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. *CienciAmérica*, 9(4), 27–34. <https://doi.org/10.33210/CA.V9I4.340>
- Gonzales, A., Leonardo, K., Gutierrez, S., Lastra, M., & Eloy, G. (2025). Propuesta de mejora para incrementar la disponibilidad de equipos reduciendo tiempos improductivos en la línea de ensaque aplicando TPM en una empresa comercializadora de fertilizantes agrícolas [Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. In *Universidad Peruana*

de Ciencias Aplicadas (UPC).  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/688063>

- González, J., Guerra, N., Santana A, & Quintana, M. (2021). Regresión lineal. *Métodos Estadísticos*, 359–368.
- Herrick, R. (2021). Ingeniería de confiabilidad en dispositivos optoelectrónicos y transeptores de fibra óptica. *Woodhead, 1*, 47–87. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819254-2.00003-5>
- ISO 14224. (2016). *Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural — Recopilación e intercambio de datos de fiabilidad y mantenimiento de equipos*. <https://www.iso.org/standard/64076.html>
- ISO 55000. (2014). *Gestión de activos-Aspectos generales, principios y terminología*. [www.iso.org](http://www.iso.org)
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. In *Scientia Et Technica: 7(30)* (pp. 155–160).
- Moreno, M., Villarraga, J., & Moreno, R. (2019). Diagnóstico de fallas tempranas de rodamientos en mecanismos susceptibles al desbalanceo y a la desalineación. *Revista UIS Ingenierías*, 18(2)(2), 187–198. <https://doi.org/10.18273/REVUIN.V18N2-2019018>
- Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (Universidad Santo Tomás, Ed.).
- Pérez, M., Pérez, Á., & De la Paz, E. (2025). El concepto de mantenimiento con enfoque sostenible: una revisión de la literatura basada en el análisis de contenido. *Ciencia y Tecnología*, 24(2), 7–17. <https://revistas.unac.edu.pe/index.php/CYT/article/view/149/122>
- Pinzón, C. (2022). MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO. *CMMSHere*, 1–10.
- Rea, C. (2026). *Sistema de preprocesamiento de datos sensoriales utilizando Python en la gestión de mantenimiento predictivo de bombas hidráulicas en la producción de crudo* [Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/46215>
- Ronceros, C. (2022). Modelado de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de la plataforma de telecomunicaciones y transmisión de datos. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(2), 84–103. <https://doi.org/10.37815/RTE.V34N2.914>
- Ronceros, C., & Pombas, R. (2023). Operational Reliability, Availability and Maintainability Model for a Gas Compression Plant. *Revista Politecnica*, 51(1), 117–129. <https://doi.org/10.33333/RP.VOL51N1.10>
- Sengupta, P., Mehta, A., & Prashant Singh, R. (2023). Predictive Maintenance of Armoured Vehicles using Machine Learning Approaches. *Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial*, 14453(1), 25–31. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.14453>
- Tapia, S., Aguilera, G., Rojas, L., & García José. (2024). Mantenimiento predictivo basado en machine learning: una revisión sistemática de la literatura y perspectivas en la industria 4.0. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 15(4), 63–93. <https://acijournal.cl/index.php/ojs/article/view/3/51>

- Urrea, J. (2025). *Modelo de Mantenimiento Predictivo Basado en Machine Learning y Datos Telemáticos para Optimización Logística en el Servicio Posventa de Vehículos Pesados* [Progrado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/f40503a5-f514-4752-9420-8d8f6f286180/content>
- Ziogas, A. N., Schneider, T., Nun, T. Ben, Calotoiu, A., Matteis, T. De, Licht, J. D. F., Lavarini, L., & Hoefler, T. (2021). Productivity, portability, performance: Data-centric python. *International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, SC, 95(1)*, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3458817.3476176>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Carta de intención



**INDUSTRIAS JESSA**  
**EQUIPOS GATRONOMICOS**



---

OFICIO N° 152  
Latacunga, 10 de enero de 2026

Señor,  
Marcus Damiano Jurado Robayo  
ESTUDIANTE  
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL - UNACH  
Presente.

De mi consideración. -

Reciba un cordial y atento saludo, deseándole éxitos en el desarrollo de sus actividades académicas y personales.

Por medio de la presente, me permito autorizar al señor **Marcus Damiano Jurado Robayo**, portador de la cédula de identidad N.º **060352823-3**, para que realice una investigación relacionada con los inconvenientes presentados en la línea de fabricación de cocinas industriales de nuestra empresa. Para este propósito, se le brindarán las facilidades necesarias que contribuyan al desarrollo de su trabajo de titulación denominado: **"Pronóstico del Tiempo Medio entre Fallos en Industrias JESSA: Modelación Matemática para Evaluar la Disponibilidad y Optimizar la Productividad"**.

Agradezco de antemano la atención prestada a la presente y reitero nuestra disposición para colaborar en el proceso académico correspondiente.

Atentamente,



---

Ing. Willian Llamba  
Gerente de Industrias Jessa  
C.I: 0502659311  
willisanti9@gmail.com  
0999957699





0999957699  
0960498000

[www.Industriasjessa.com.ec](http://www.Industriasjessa.com.ec)

Matriz Latacunga: Av. Eloy Alfaro y Marcelo Suarez  
Sucursal Ambato 1: Av. Los Chasquis y José García  
Sucursal Ambato 2: Av. 18 de Agosto y Joaquín Alfo

## Anexo 2

### Ficha técnica de la Soldadora MIG

FICHA TÉCNICA			
<b>Realizado por</b>	Marcus Jurado	<b>Fecha</b>	
DATOS DEL FABRICANTE			
<b>MAQUINARIA</b>	Soldadora MIG	<b>ÁREA</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	TRITON		
<b>MODELO</b>	MIG 300		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>PESO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>
30 kg	70 cm	35 cm	70 cm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		FOTO MÁQUINA/EQUIPO	
<b>Voltaje de entrada</b>	220 V		
<b>Accionamiento</b>	Eléctrico (semiautomático)		
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz		
<b>Corriente de entrada</b>	30 – 40 A		
<b>Voltaje en vacío</b>	55 V		
<b>Potencia</b>	6 - 9 KW		
<b>Caudal de gas</b>	10 - 20 L/min		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Willian Llamba	<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis López

Fuente. Jurado, 2026.

### Anexo 3

#### Ficha técnica de la Soldadora TIG

<b>FICHA TÉCNICA</b>			
<b>Realizado por</b>	Marcus Jurado	<b>Fecha</b>	
<b>DATOS DEL FABRICANTE</b>			
<b>MAQUINARIA</b>	Soldadora TIG	<b>ÁREA</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	PROWAR ELITE		
<b>MODELO</b>	TIG 200		
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>			
<b>PESO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>
12 kg	47 cm	20cm	32 cm
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>		<b>FOTO MÁQUINA/EQUIPO</b>	
<b>Voltaje de entrada</b>	220 V (±15%)		
<b>Accionamiento</b>	Eléctrico		
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz		
<b>Corriente eléctrica</b>	28 - 43 A		
<b>Voltaje en vacío</b>	42 V		
<b>Potencia</b>	4,5 - 6 KW		
<b>Caudal de gas</b>	5 - 15 L/min		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Willia Llamba	<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis López

Fuente. Jurado, 2026.

## Anexo 4



### Ficha técnica de la Soldadora Eléctrica

FICHA TÉCNICA				
<b>Realizado por</b>	Marcus Jurado	<b>Fecha</b>		
DATOS DEL FABRICANTE				
<b>MAQUINARIA</b>	Soldadora Eléctrica	<b>ÁREA</b>	Producción	
<b>FABRICANTE</b>	LINCOLN ELECTRIC			
<b>MODELO</b>	AC 225			
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
<b>PESO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	
45 kg	30 cm	44 cm	61 cm	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		FOTO MÁQUINA/EQUIPO		
<b>Voltaje de entrada</b>	220 – 230 V			
<b>Accionamiento</b>	Eléctrico			
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz			
<b>Corriente eléctrica</b>	50 A			
<b>Voltaje en vacío</b>	70 – 80 V			
<b>Potencia</b>	10 - 11 kWA			
<b>Proceso</b>	SMAW			
<b>Revisado por:</b>	Ing. Willian Llamba	<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis López	

Fuente. Jurado, 2026.

## Anexo 5



### Ficha técnica de la Tronzadora

FICHA TÉCNICA				
<b>Realizado por</b>	Marcus Jurado	<b>Fecha</b>		
DATOS DEL FABRICANTE				
<b>MAQUINARIA</b>	Tronzadora	<b>ÁREA</b>	Producción	
<b>FABRICANTE</b>	DEWALT			
<b>MODELO</b>	D28730-B3			
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
<b>PESO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	
18 kg	44 cm	33 cm	53 cm	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		FOTO MÁQUINA/EQUIPO		
<b>Velocidad máxima</b>	3,800 – 4,000 RPM			
<b>Accionamiento</b>	Eléctrico			
<b>Motor eléctrico</b>	2,200 – 2,300 W (≈ 3 HP)			
<b>Potencia</b>	2.2 – 2.3 kW			
<b>Voltaje de entrada</b>	120 V / 220 V			
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz			
<b>Corriente</b>	15 A			
<b>Velocidad sin carga</b>	4000 RPM			
<b>Diámetro de disco</b>	14" (355 mm)			
<b>Revisado por:</b>	Ing. Willian Llamba			

Fuente. Jurado, 2026.

## Anexo 6

### Ficha técnica del Taladro de pedestal

FICHA TÉCNICA			
<b>Realizado por</b>	Marcus Jurado	<b>Fecha</b>	
DATOS DEL FABRICANTE			
<b>MAQUINARIA</b>	Taladro de pedestal	<b>ÁREA</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	INGCO		
<b>MODELO</b>	DP207502		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>PESO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>
67 kg	45 cm	30 cm	160 cm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		FOTO MÁQUINA/EQUIPO	
<b>Voltaje</b>	220-240V~50Hz		
<b>Entrada poder</b>	750W		
<b>Max. Capacidad de brocado</b>	20 mm		
<b>Velocidad sin carga</b>	180-2770 rpm		
<b>Ajuste de velocidad del usillo</b>	16		
<b>Diámetro de columna</b>	70mm		
<b>Tamaño de la mesa</b>	290x260 mm		
<b>Base tamaño</b>	460x270 mm		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Willian Llamba	<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis López

Fuente. Jurado, 2026.

## Anexo 7

### Ficha técnica del Compresor horizontal A

FICHA TÉCNICA				
<b>Realizado por</b>	Marcus Jurado	<b>Fecha</b>		
DATOS DEL FABRICANTE				
<b>MAQUINARIA</b>	Compresor horizontal	<b>ÁREA</b>	Producción	
<b>FABRICANTE</b>	PTK			
<b>MODELO</b>	PR02100			
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
<b>PESO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	
72 kg	107 cm	43 cm	81 cm	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		FOTO MÁQUINA/EQUIPO		
<b>Tamaño del tanque</b>	100 litros			
<b>Presión nominal</b>	116 PSI/8 bar			
<b>Caudal del aire</b>	170 L/min			
<b>Velocidad</b>	1000 rpm			
<b>Accionamiento</b>	Banda			
<b>Potencia</b>	2HP/1500w			
<b>Voltaje</b>	110V			
<b>Revisado por:</b>	Ing. Willian Llamba	<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis López	

Fuente. Jurado, 2026.

## Anexo 8

### Ficha técnica del Compresor horizontal B

FICHA TÉCNICA				
<b>Realizado por</b>	Marcus Jurado	<b>Fecha</b>		
DATOS DEL FABRICANTE				
<b>MAQUINARIA</b>	Compresor horizontal	<b>ÁREA</b>	Producción	
<b>FABRICANTE</b>	PTK			
<b>MODELO</b>	PR02100			
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
<b>PESO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>	
72 kg	107 cm	43 cm	81 cm	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		FOTO MÁQUINA/EQUIPO		
<b>Tamaño del tanque</b>	100 litros			
<b>Presión nominal</b>	116 PSI/8bar			
<b>Caudal del aire</b>	170 L/min			
<b>Velocidad</b>	1000 rpm			
<b>Accionamiento</b>	Banda			
<b>Potencia</b>	2HP / 1500w			
<b>Voltaje</b>	110 v			
<b>Revisado por:</b>	Ing. Willian Llamba	<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis López	

Fuente. Jurado, 2026.

## Anexo 9



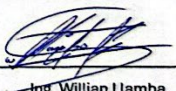
### Ficha técnica del Esmeril




FICHA TÉCNICA			
<b>Realizado por</b>	Marcus Jurado	<b>Fecha</b>	
DATOS DEL FABRICANTE			
<b>MAQUINARIA</b>	Esmeril	<b>ÁREA</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	TRUPER		
<b>MODELO</b>	EBA-8 (3/4 HP)		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>PESO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTO</b>
12.5 kg	38 cm	13 cm	15 cm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		FOTO MÁQUINA/EQUIPO	
<b>Rueda abrasiva (diámetro)</b>	8" (20 cm)		
<b>Eje</b>	5/8" (16 mm)		
<b>Potencia</b>	3/4 HP (560 W)		
<b>Velocidad</b>	3,450 rpm		
<b>Tensión / Frecuencia</b>	127 V / 60 Hz		
<b>Consumo</b>	4.4 A		
<b>Largo de cable</b>	1.75 m		
<b>Ciclo de trabajo</b>	6 horas		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Willian Llamba	<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis López


Fuente. Jurado, 2026




## Anexo 10


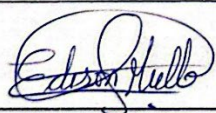
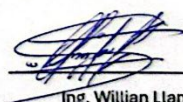
### Registro de fallas


REGISTRO DE NOVEDADES 2025					
Suelda MIG A					
Modelo	Triton	Encargado del equipo	Fredy Mullo		
Desde	02/01/25	Hasta	31/12/25		
Novedad	Falla		Puesta a punto		Observación
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	
Boquilla dañada	24/4/2025	14:30	24/4/2025	16:00	El calor constante al que se encuentra expuesta la boquilla causo el deterioro de la boquilla
Gatillo desgastado	25/6/2025	9:00	25/6/2025	11:00	Desgaste por uso
Boquilla dañada	10/9/2025	13:30	10/9/2025	15:00	El calor constante al que se encuentra expuesta la boquilla causo el deterioro de la boquilla
Punta de contacto dañada	6/11/2025	9:00	6/11/2025	10:00	Por uso
Observaciones:				Total de fallas	4 al año
Elaborado por:	 _____ Edison Mullo			Revisado por:	 _____ Ing. Willian Llamba



REGISTRO DE NOVEDADES 2025					
Suelda MIG B					
Modelo	Triton	Encargado del equipo	Edgar Illicachi		
Desde	02/01/25	Hasta	31/12/25		
Novedad	Falla		Puesta a punto		Observación
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	
Gatillo desgastado	5/3/2025	9:00	5/3/2025	10:30	Desgaste por uso
Cable roto	9/6/2025	10:00	9/6/2025	11:30	Cable de antorcha roto por uso
Boquilla dañada	30/6/2025	9:00	30/6/2025	10:30	El calor constante al que se encuentra expuesta la boquilla causo el deterioro de la boquilla
Gatillo desgastado	14/10/2025	15:00	14/10/2025	17:00	Caída de la antorcha
Observaciones:				Total de fallas	4 al año
Elaborado por:	 _____ Edison Mullo			Revisado por:	 _____ Ing. Willian Llamba




REGISTRO DE NOVEDADES 2025					
Suelda MIG C					
Modelo	Triton	Encargado del equipo	Anthony Gualpa		
Desde	02/01/25	Hasta	31/12/25		
Novedad	Falla		Puesta a punto		Observación
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	
Boquilla dañada	18/2/2025	10:30	18/2/2025	12:00	La boquilla se quemó por un mal distancia de trabajo entre la boquilla y el metal
Daño en la tarjeta	21/5/2025	9:00	21/5/2025	11:00	
Punta de contacto dañada	4/6/2025	11:00	4/6/2025	12:00	Por uso
Gatillo desgastado	17/7/2025	10:00	17/7/2025	12:00	El alambre no avanza
Boquilla dañada	22/8/2025	14:00	22/8/2025	16:00	El alambre toco con la boquilla y daño la boquilla
Observaciones:				Total de fallas	5 al año
Elaborado por:	 Edison Mullo			Revisado por:	 Ing. Willian Llamba

REGISTRO DE NOVEDADES 2025					
Suelda TIC					
Modelo	Prowar elite	Encargado del equipo			
Desde	02/01/25	Hasta	31/12/25		
Novedad	Falla		Puesta a punto		Observación
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	
Boquilla dañada	30/4/2025	15:00	30/4/2025	16:30	Boquilla quemada
Boquilla dañada	6/10/2025	13:00	6/10/2025	14:30	El calor constante al que se Encuentra expuesta la boquilla causo el deterioro de la boquilla
Observaciones:				Total de fallas	2 al año
Elaborado por:	 Edison Mullo			Revisado por:	 Ing. Willian Llamba

REGISTRO DE NOVEDADES 2025					
Suelda eléctrica					
Modelo	Lincon electric	Encargado del equipo			
Desde	02/01/25	Hasta	31/12/25		
Novedad	Falla		Puesta a punto		Observación
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	
Portaelectrodos desgastados	13/3/2025	15:00	13/3/2025	17:00	Sobrecalentamiento
Falla en el ventilador	21/4/2025	16:00	21/4/2025	17:00	Acumulación de polvo en el ventilador
Portaelectrodos desgastado	18/7/2025	9:00	18/7/2025	10:00	Mala conexión entre electrodo y pinza
Falla en el ventilador	23/10/2025	15:00	23/10/2025	16:00	ventilador sobrecalentado
Observaciones:				Total de fallas	4 al año
Elaborado por:	 Edison Mullo			Revisado por:	 Ing. Willian Llamba

REGISTRO DE NOVEDADES 2025					
Tronzadora					
Modelo	Dewalt	Encargado del equipo			
Desde	02/01/25	Hasta	31/12/25		
Novedad	Falla		Puesta a punto		Observación
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	
Desgaste de carbones	26/5/2025	13:00	26/5/2025	14:30	Por uso
Desgaste de carbones	29/10/2025	15:30	29/10/2025	17:00	Daño por uso
Observaciones:				Total de fallas	2 al año
Elaborado por:	 Edison Mullo			Revisado por:	 Ing. Willian Llamba

REGISTRO DE NOVEDADES 2025					
Compresor horizontal					
Modelo	PTK	Encargado del equipo			
Desde	02/01/25	Hasta	31/12/25		
Novedad	Falla		Puesta a punto		Observación
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	
Cambio de aceite del cabezal	12/6/2025	10:00	12/6/2025	11:00	Daño por uso
Cambio de filtros	10/7/2025	9:00	10/7/2025	10:00	Daño por uso
Observaciones:				Total de fallas	2 al año
Elaborado por:	 Edison Mullo			Revisado por:	 Ing. Willian Llamba

REGISTRO DE NOVEDADES 2025					
Compresor horizontal					
Modelo	HP	Encargado del equipo			
Desde	02/01/25	Hasta	31/12/25		
Novedad	Falla		Puesta a punto		Observación
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	
Cambio de aceite del cabezal	12/6/2025	11:00	12/6/2025	12:00	Daño por uso
Cambio de filtros	15/12/2025	10:30	15/12/2025	11:30	Daño por uso
Observaciones:				Total de fallas	2 al año
Elaborado por:	 Edison Mullo			Revisado por:	 Ing. Willian Llamba



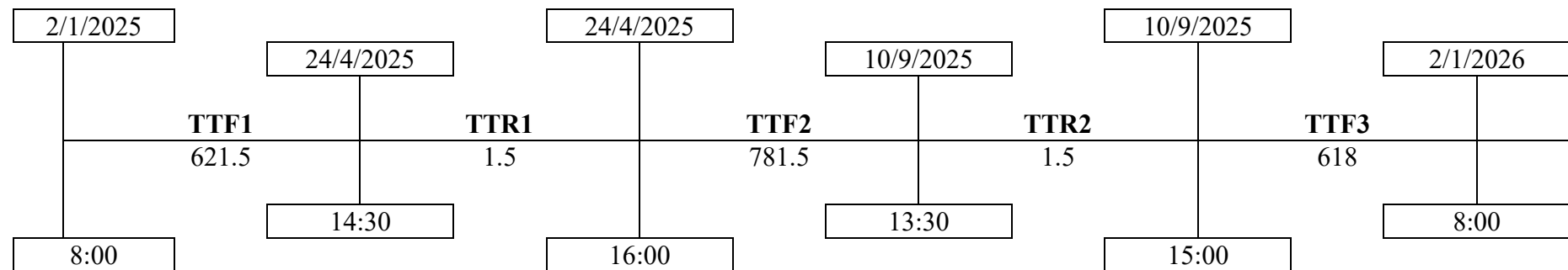
**Anexo 11**

Línea programada de la Soldadora MIG A

**Tabla 16**

*Línea de fallas de la boquilla dañada de la Soldadora MIG A*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Boquilla dañada	2/1/2025	8:00	621.5	24/4/2025	14:30	1.5
	24/4/2025	16:00	781.5	10/9/2025	13:30	1.5
	10/9/2025	15:00	618	2/1/2026	8:00	

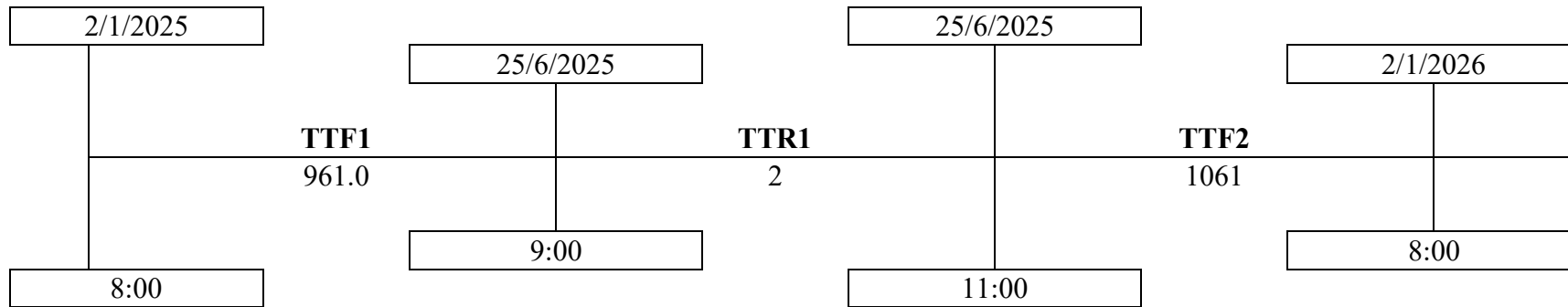


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 17**

*Línea de fallas del gatillo desgastado de la Soldadora MIG A*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Gatillo desgastado	2/1/2025	8:00	961.0	25/6/2025	9:00	2
	25/6/2025	11:00	1061	2/1/2026	8:00	

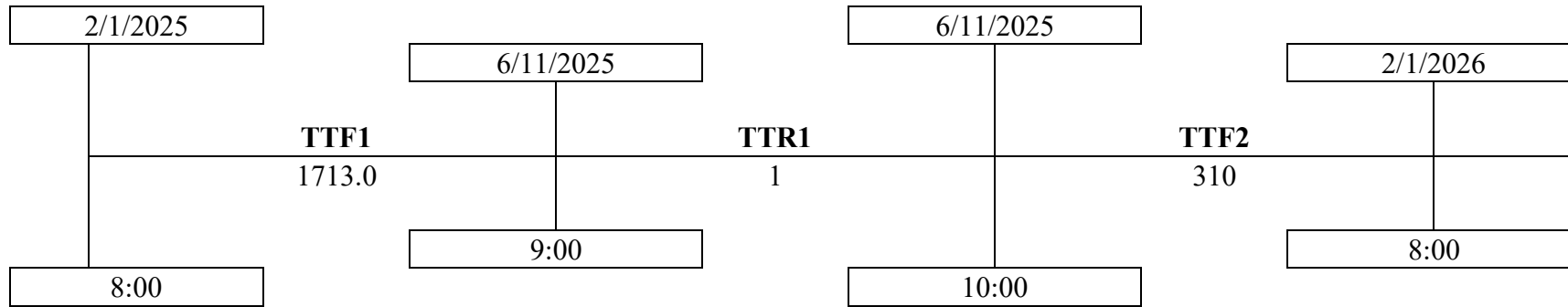


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 18**

*Línea de fallas de la punta de contacto dañada de la Soldadora MIG A*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Punta de contacto dañada	2/1/2025	8:00	1713.0	6/11/2025	9:00	1
	6/11/2025	10:00	310	2/1/2026	8:00	

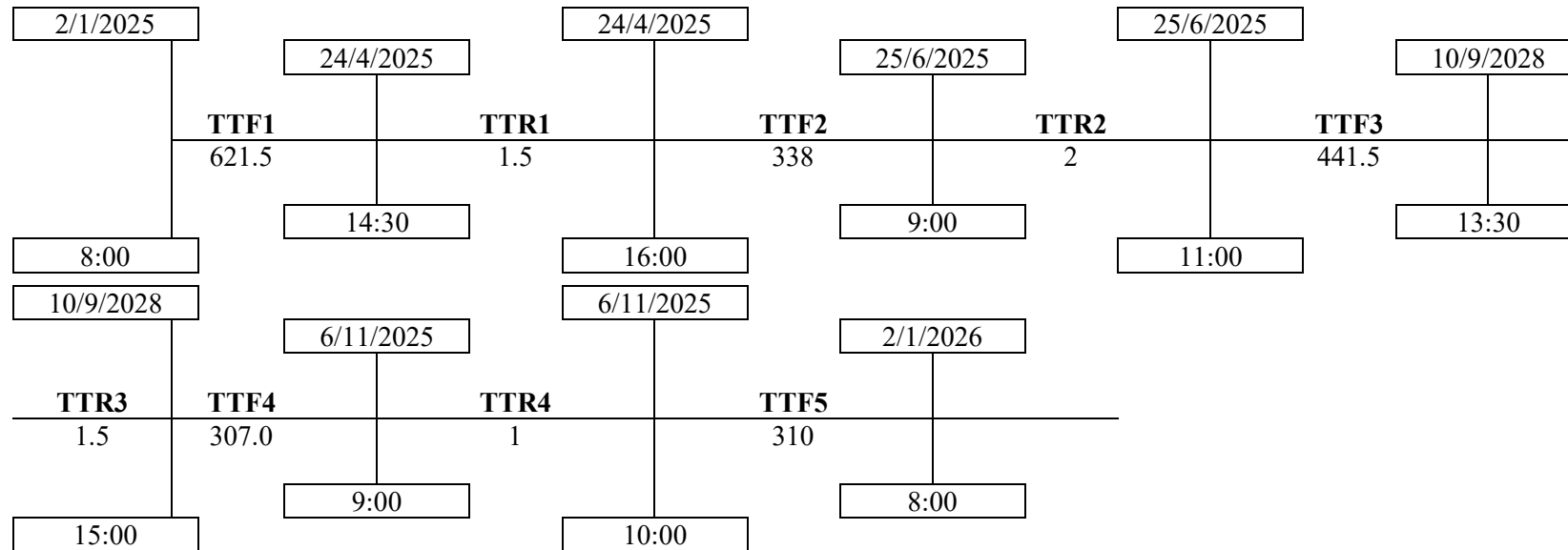


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 19**

*Línea con todas las fallas de la Soldadora MIG A*

Inicio		TTF	Fin		TTR
Fecha	Hora		Fecha	Hora	
2/1/2025	8:00	621.5	24/4/2025	14:30	1.5
24/4/2025	16:00	338	25/6/2025	9:00	2
25/6/2025	11:00	441.5	10/9/2028	13:30	1.5
10/9/2028	15:00	307.0	6/11/2025	9:00	1
6/11/2025	10:00	310	2/1/2026	8:00	



*Fuente. Jurado, 2026*

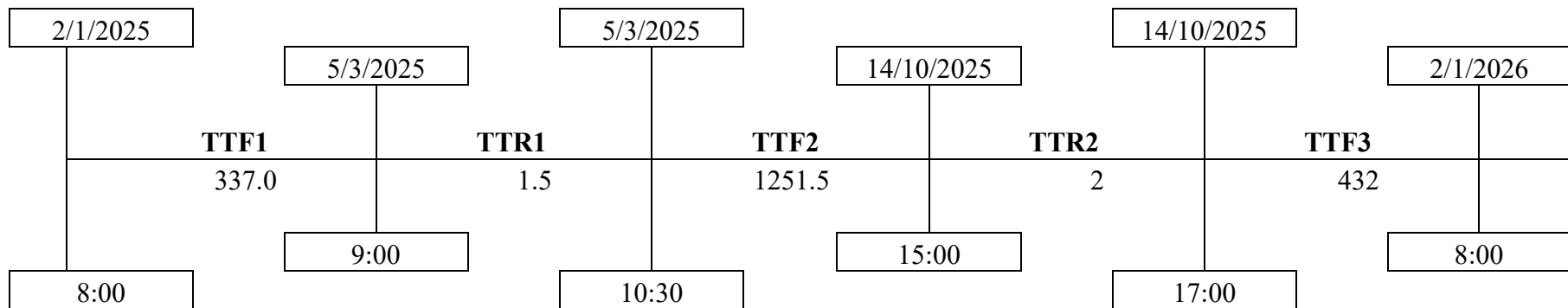
**Anexo 12**

Línea programada de las fallas de la Soldadora MIG B

**Tabla 20**

*Línea de fallas del gatillo desgastado de la Soldadora MIG B*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Gatillo desgastado	2/1/2025	8:00	337.0	5/3/2025	9:00	1.5
	5/3/2025	10:30	1251.5	14/10/2025	15:00	2
	14/10/2025	17:00	432	2/1/2026	8:00	

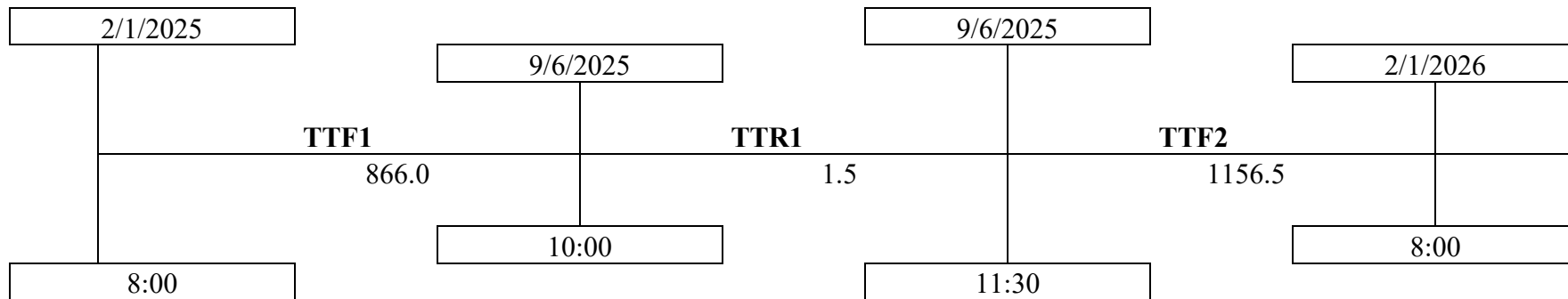


Fuente. Jurado, 2026

**Tabla 21**

*Línea de fallas de la punta del cable roto de la Soldadora MIG B*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Cable roto	2/1/2025	8:00	866.0	9/6/2025	10:00	1.5
	9/6/2025	11:30	1156.5	2/1/2026	8:00	

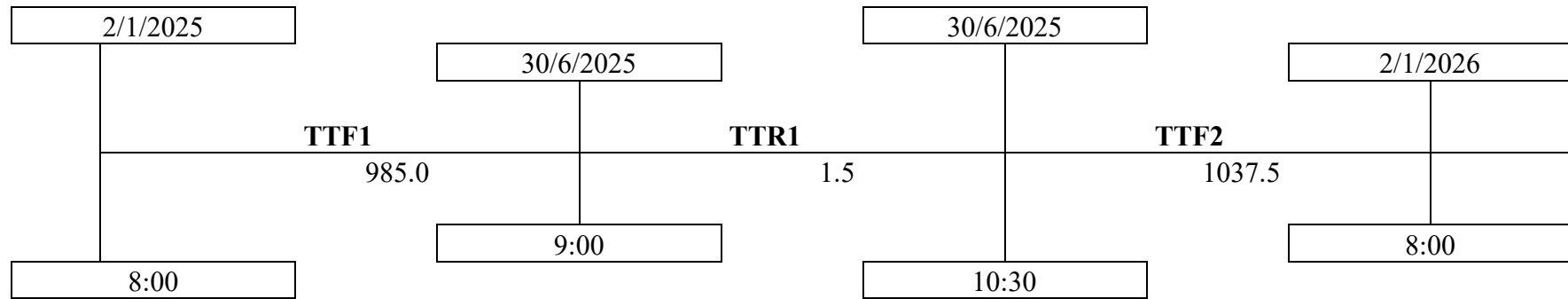


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 22**

*Línea de fallas de la boquilla dañada de la Soldadora MIG B*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Boquillas dañadas	2/1/2025	8:00	985.0	30/6/2025	9:00	1.5
	30/6/2025	10:30	1037.5	2/1/2026	8:00	

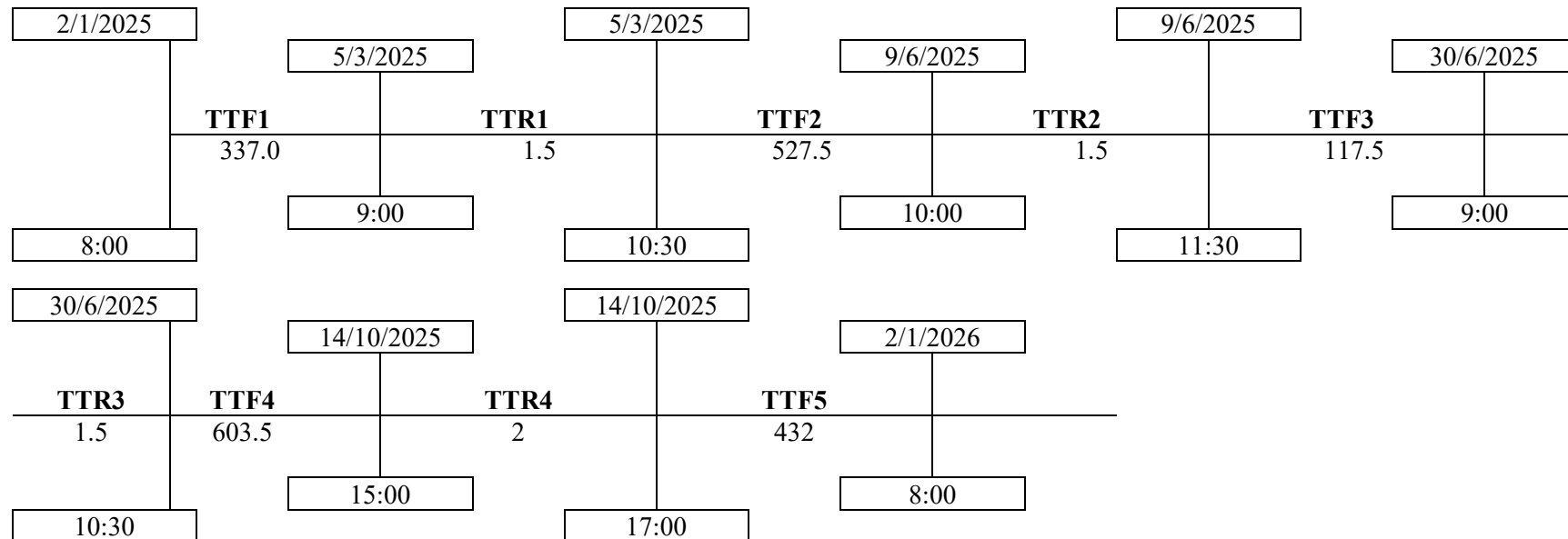


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 23**

*Línea con todas las fallas de la Soldadora MIG B*

Inicio		TTF	Fin		TTR
Fecha	Hora		Fecha	Hora	
2/1/2025	8:00	337.0	5/3/2025	9:00	1.5
5/3/2025	10:30	527.5	9/6/2025	10:00	1.5
9/6/2025	11:30	117.5	30/6/2025	9:00	1.5
30/6/2025	10:30	603.5	14/10/2025	15:00	2
14/10/2025	17:00	432	2/1/2026	8:00	



*Fuente. Jurado, 2026*

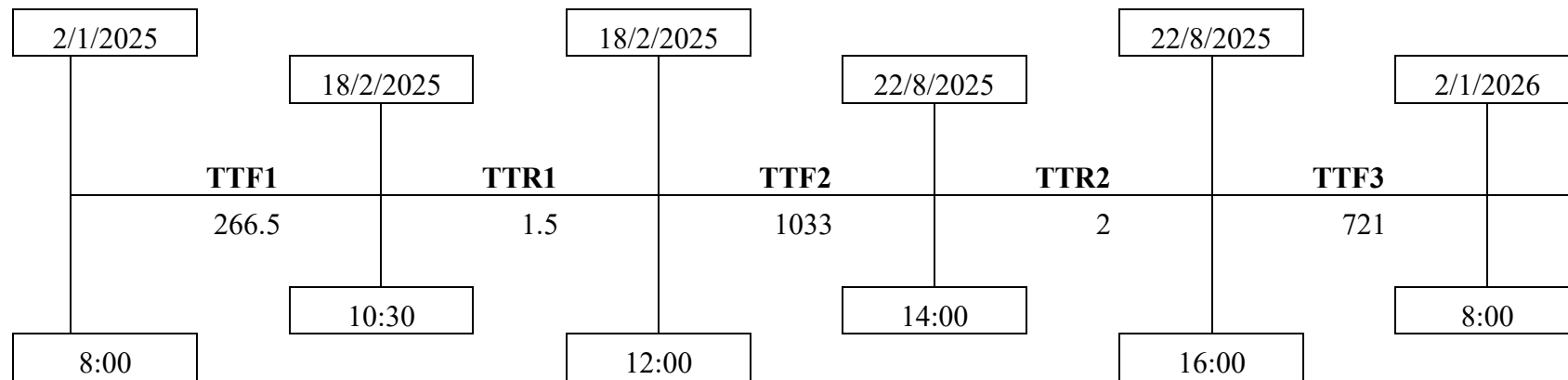
**Anexo 13**

Línea programada de las fallas de la Soldadora MIG C

**Tabla 24**

*Línea de fallas de la boquilla dañada de la Soldadora MIG C*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Boquilla dañada	2/1/2025	8:00	266.5	18/2/2025	10:30	1.5
	18/2/2025	12:00	1033	22/8/2025	14:00	2
	22/8/2025	16:00	721	2/1/2026	8:00	

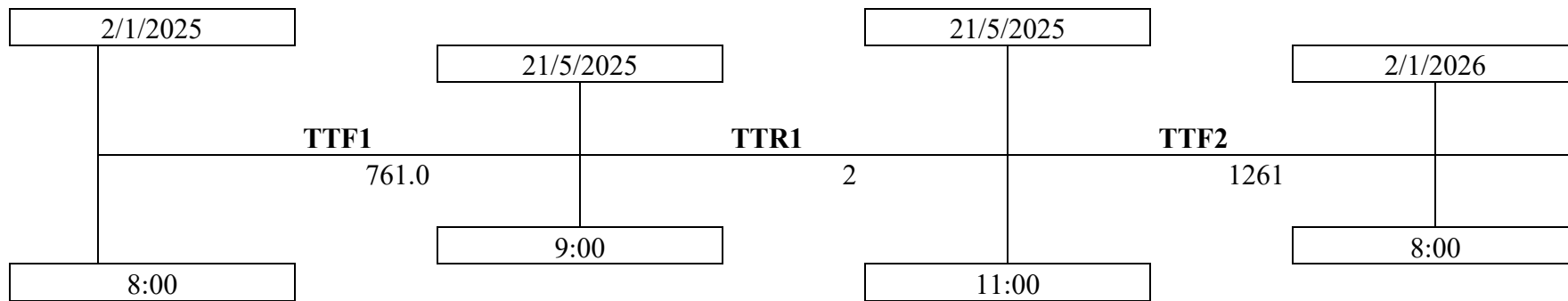


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 25**

*Línea de fallas del daño en la tarjeta de la Soldadora MIG C*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Daño en la tarjeta	2/1/2025	8:00	761.0	21/5/2025	9:00	2
	21/5/2025	11:00	1261	2/1/2026	8:00	

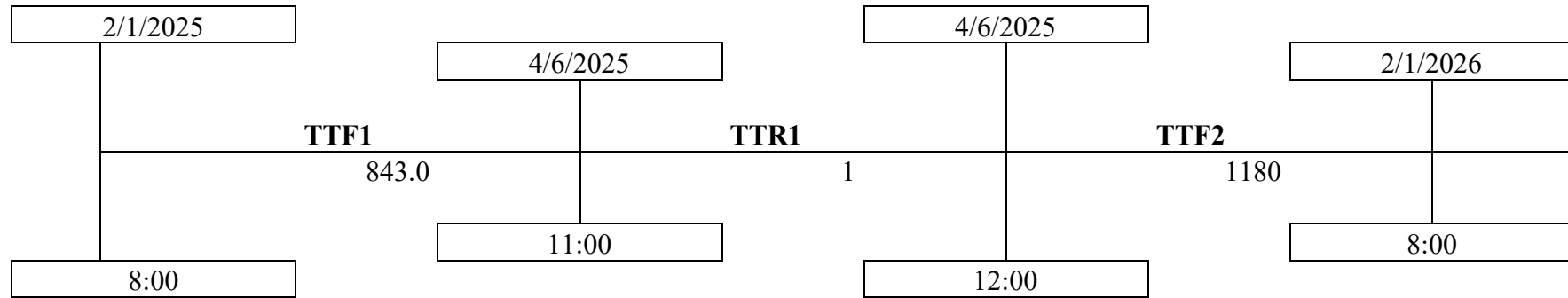


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 26**

*Línea de fallas de la punta de contacto dañada de la Soldadora MIG C*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Punta de contacto dañada	2/1/2025	8:00	843.0	4/6/2025	11:00	1
	4/6/2025	12:00	1180	2/1/2026	8:00	

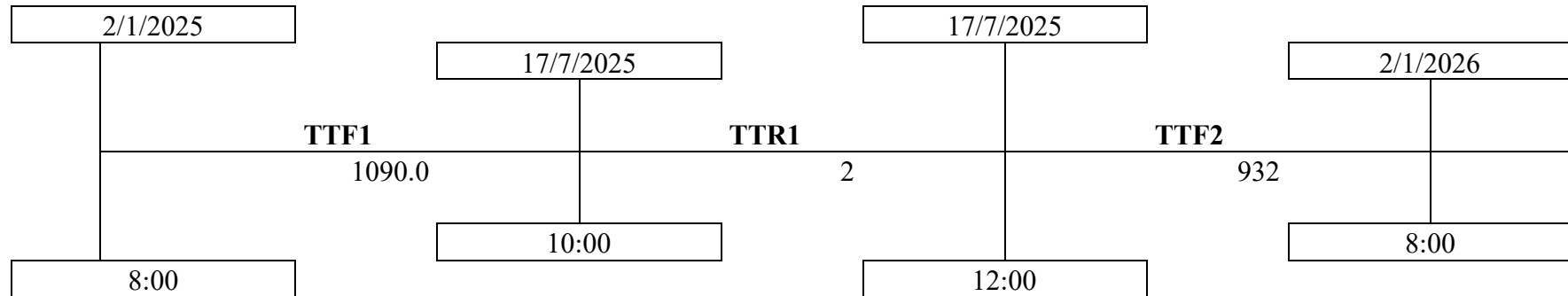


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 27**

*Línea de fallas del gatillo desgastado de la Soldadora MIG C*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Gatillo desgastado	2/1/2025	8:00	1090.0	17/7/2025	10:00	2
	17/7/2025	12:00	932	2/1/2026	8:00	

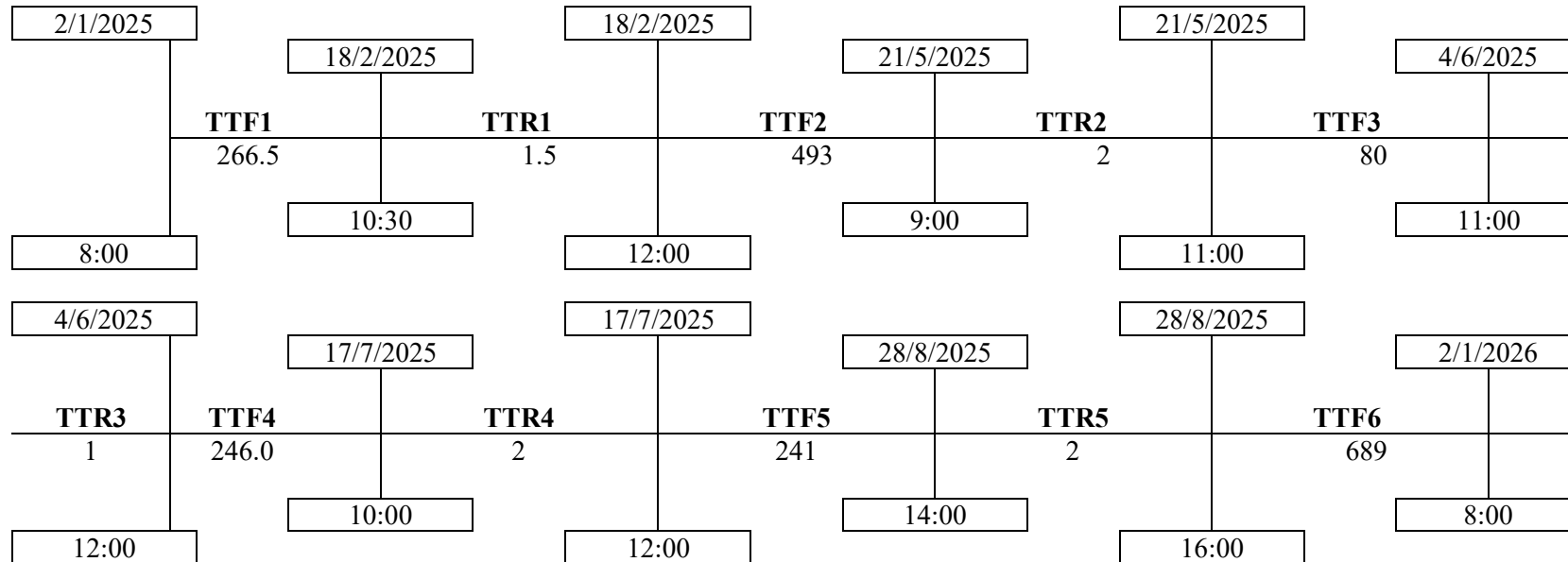


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 28**

*Línea con todas las fallas de la Soldadora MIG C*

Inicio		TTF	Fin		TTR
Fecha	Hora		Fecha	Hora	
2/1/2025	8:00	266.5	18/2/2025	10:30	1.5
18/2/2025	12:00	493	21/5/2025	9:00	2
21/5/2025	11:00	80	4/6/2025	11:00	1
4/6/2025	12:00	246.0	17/7/2025	10:00	2
17/7/2025	12:00	241	28/8/2025	14:00	2
28/8/2025	16:00	689	2/1/2026	8:00	



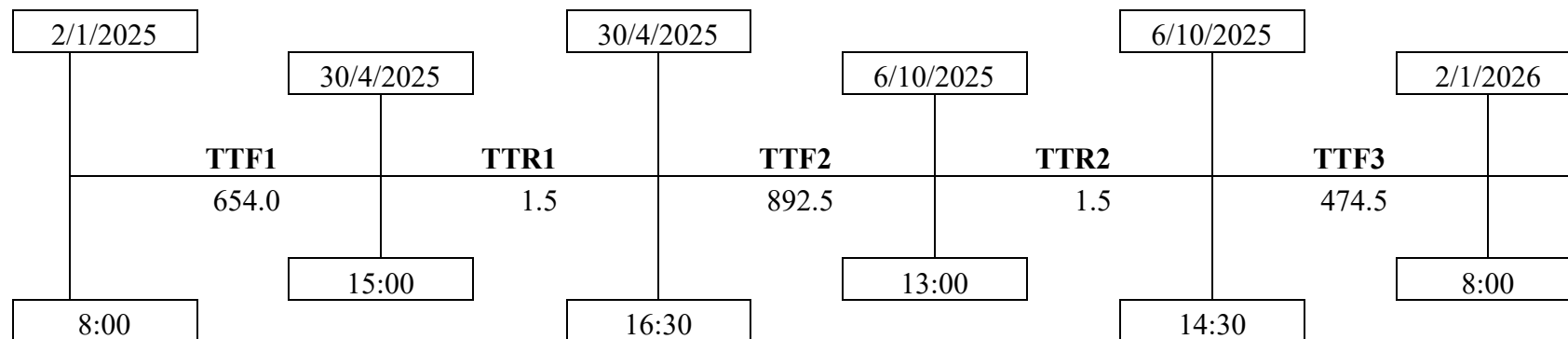
**Anexo 14**

Línea de fallas de la Soldadora TIC

**Tabla 29**

*Línea de falla de la boquilla dañada de la soldadora TIC*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Boquilla dañada	2/1/2025	8:00	654.0	30/4/2025	15:00	1.5
	30/4/2025	16:30	892.5	6/10/2025	13:00	1.5
	6/10/2025	14:30	474.5	2/1/2026	8:00	



*Fuente.* Jurado, 2026

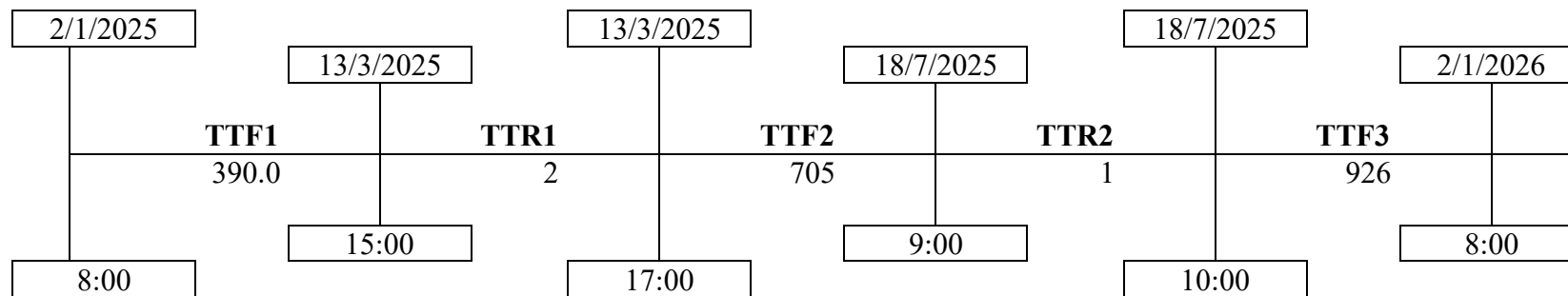
**Anexo 15**

Línea de fallas de la Soldadora Eléctrica

**Tabla 30**

*Línea de falla del portaelectrodos desgastados de la Soldadora Eléctrica*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Portaelectrodos desgastados	2/1/2025	8:00	390.0	13/3/2025	15:00	2
	13/3/2025	17:00	705	18/7/2025	9:00	1
	18/7/2025	10:00	926	2/1/2026	8:00	

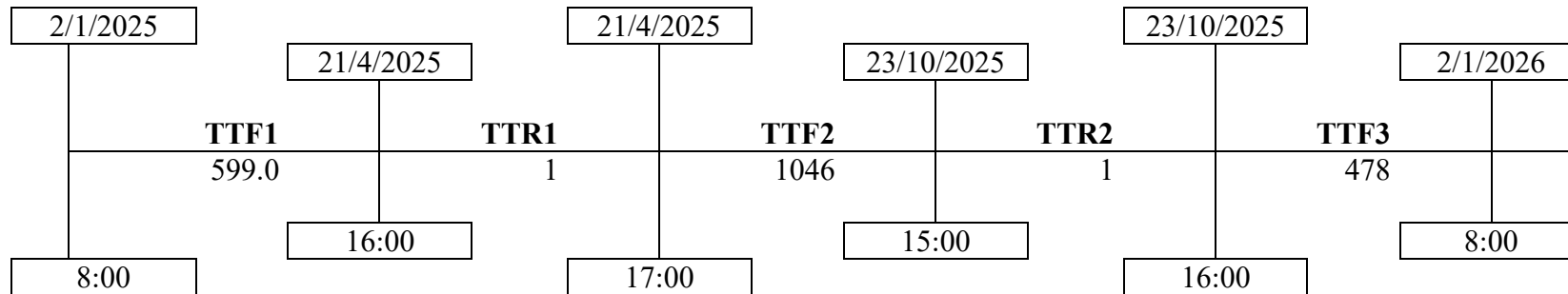


Fuente. Jurado, 2026

**Tabla 31**

*Línea de falla del ventilador de la Soldadora Eléctrica*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Falla en el ventilador	2/1/2025	8:00	599.0	21/4/2025	16:00	1
	21/4/2025	17:00	1046	23/10/2025	15:00	1
	23/10/2025	16:00	478	2/1/2026	8:00	

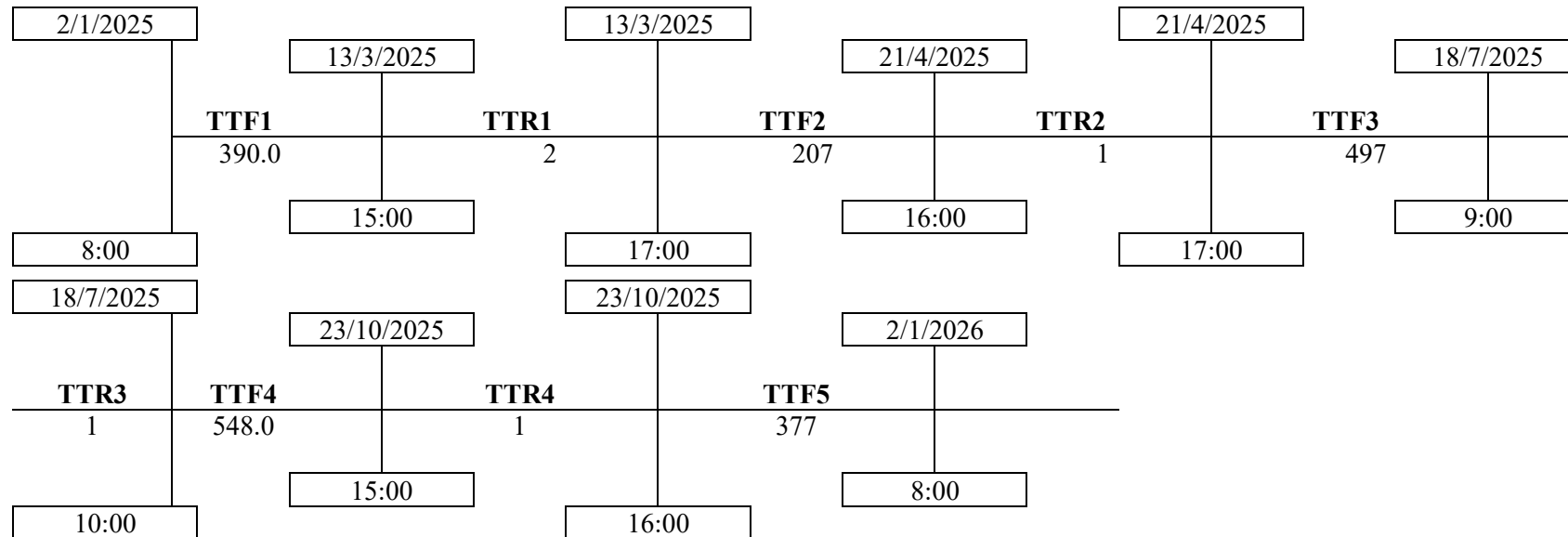


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 32**

*Línea con todas las fallas de la Soldadora Eléctrica*

Inicio		TTF	Fin		TTR
Fecha	Hora		Fecha	Hora	
2/1/2025	8:00	390.0	13/3/2025	15:00	2
13/3/2025	17:00	207	21/4/2025	16:00	1
21/4/2025	17:00	497	18/7/2025	9:00	1
18/7/2025	10:00	548.0	23/10/2025	15:00	1
23/10/2025	16:00	377	2/1/2026	8:00	



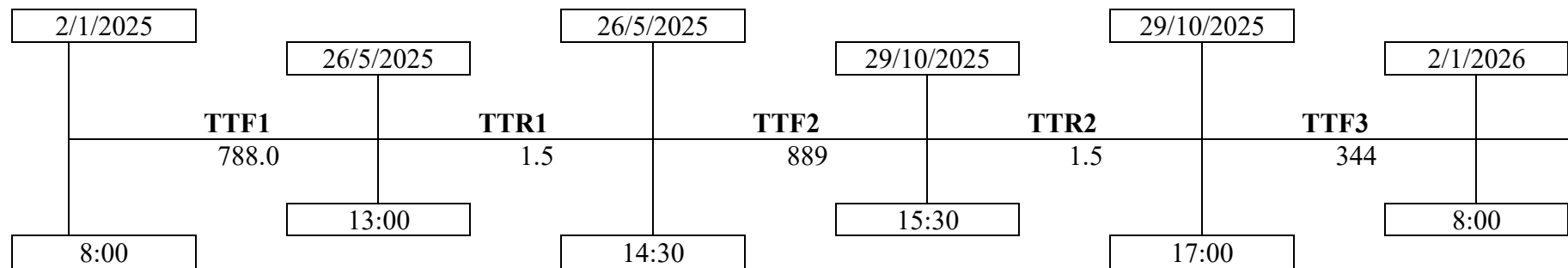
**Anexo 16**

Línea de fallas de la Tronzadora

**Tabla 33**

*Línea de falla del desgaste de carbones de la Tronzadora*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Desgaste de carbones	2/1/2025	8:00	788.0	26/5/2025	13:00	1.5
	26/5/2025	14:30	889	29/10/2025	15:30	1.5
	29/10/2025	17:00	344	2/1/2026	8:00	



Fuente. Jurado, 2026

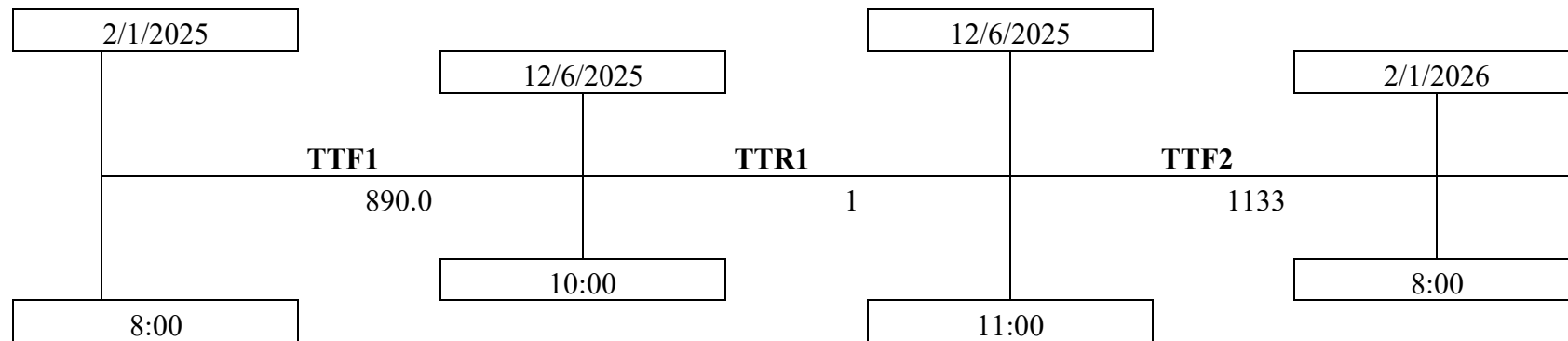
**Anexo 17**

Línea de fallas del Compresor horizontal A

**Tabla 34**

*Línea de fallas del cambio de aceite del Compresor horizontal A*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Cambio de aceite	2/1/2025	8:00	890.0	12/6/2025	10:00	1
	12/6/2025	11:00	1133	2/1/2026	8:00	

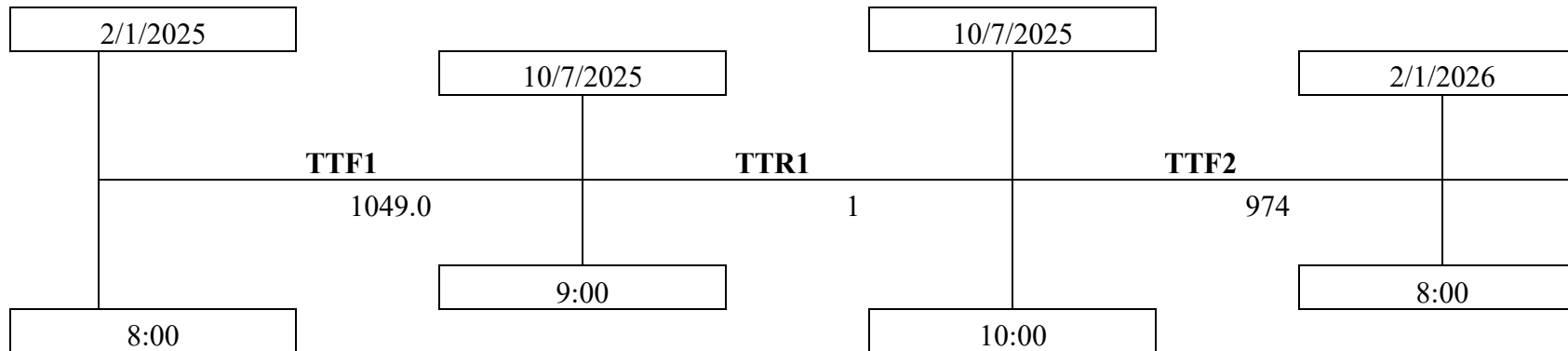


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 35**

*Línea de fallas del cambio de filtros del Compresor horizontal A*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Cambio de filtros	2/1/2025	8:00	1049.0	10/7/2025	9:00	1
	10/7/2025	10:00	974	2/1/2026	8:00	

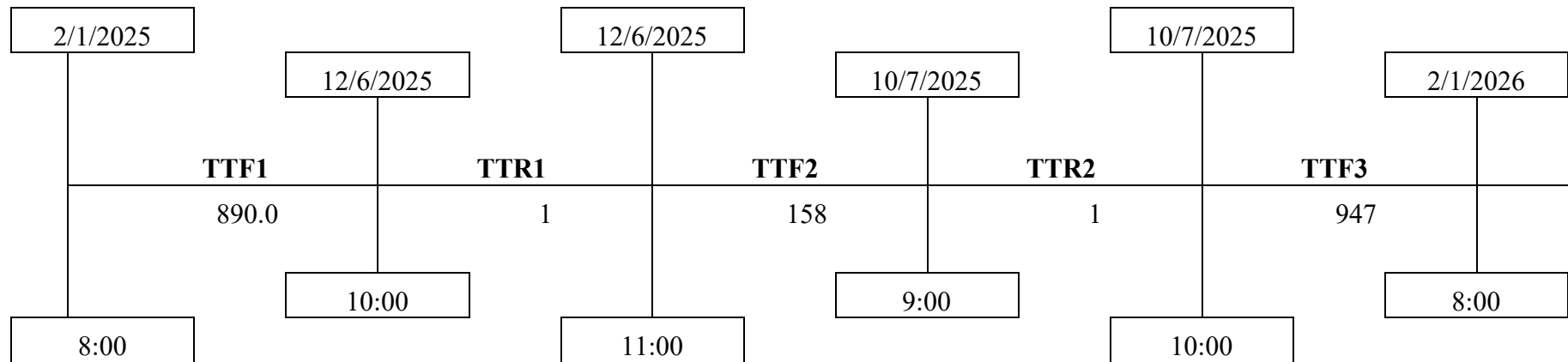


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 36**

*Línea con todas las fallas del Compresor horizontal A*

Inicio		TTF	Fin		TTR
Fecha	Hora		Fecha	Hora	
2/1/2025	8:00	890.0	12/6/2025	10:00	1
12/6/2025	11:00	158	10/7/2025	9:00	1
10/7/2025	10:00	974	2/1/2026	8:00	



*Fuente. Jurado, 2026*

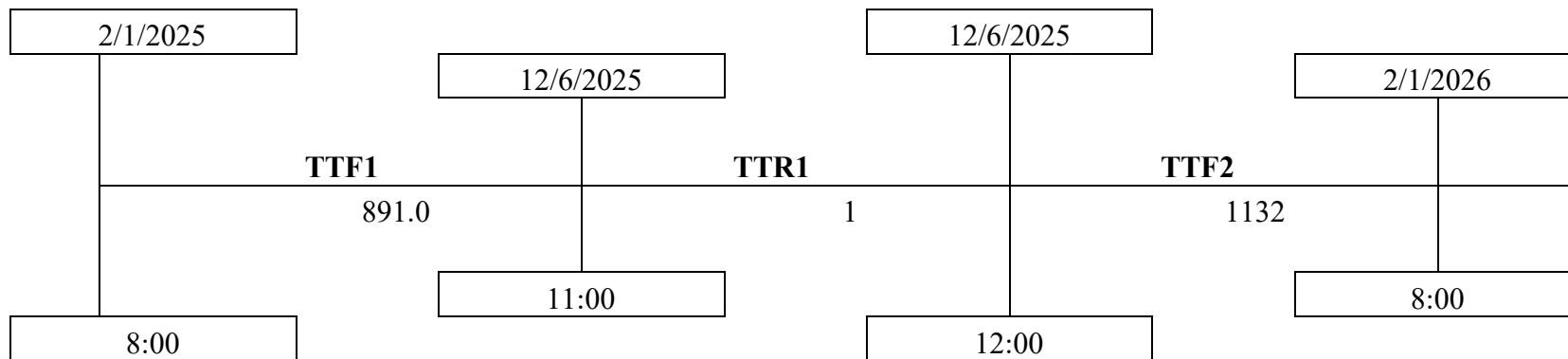
**Anexo 18**

Línea de fallas del Compresor horizontal B

**Tabla 37**

*Línea de falla del cambio de aceite del Compresor horizontal B*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Cambio de aceite	2/1/2025	8:00	891.0	12/6/2025	11:00	1
	12/6/2025	12:00	1132	2/1/2026	8:00	

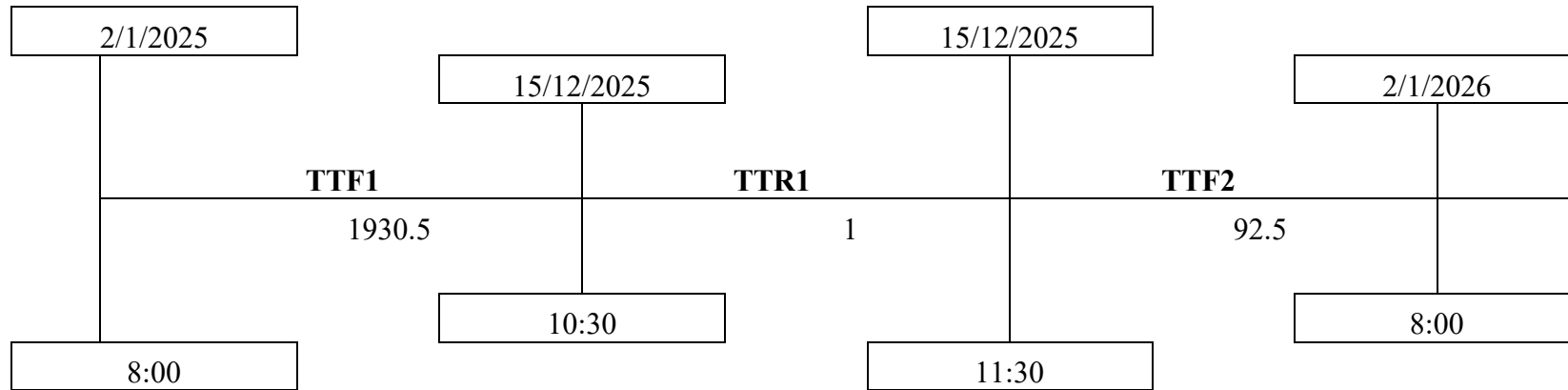


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 38**

*Línea de falla del cambio de filtros del Compresor horizontal B*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Cambio de filtros	2/1/2025	8:00	1930.5	15/12/2025	10:30	1
	15/12/2025	11:30	92.5	2/1/2026	8:00	

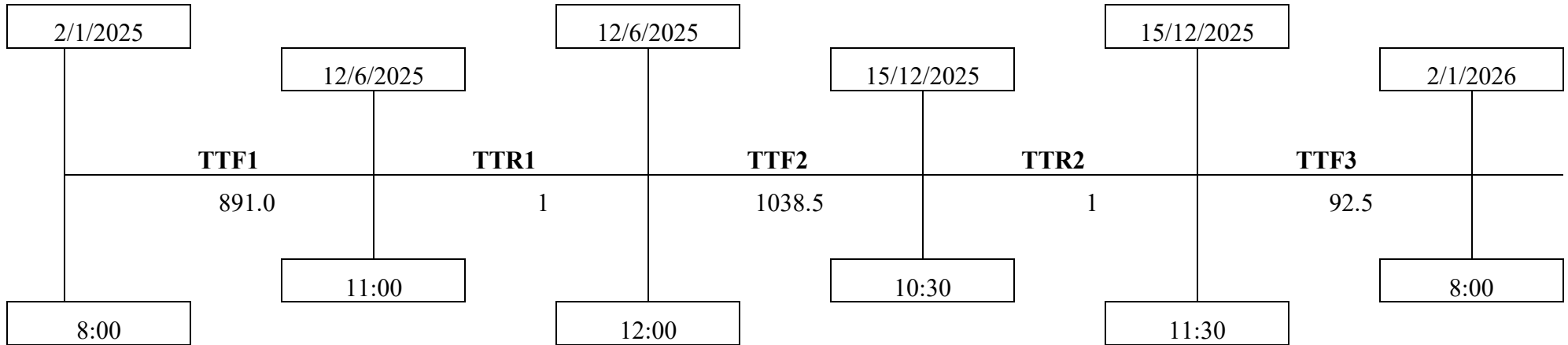


*Fuente. Jurado, 2026*

**Tabla 39**

*Línea con todas las fallas del Compresor horizontal B*

Inicio		TTF	Fin		TTR
Fecha	Hora		Fecha	Hora	
2/1/2025	8:00	891.0	12/6/2025	11:00	1
12/6/2025	12:00	1038.5	15/12/2025	10:30	1
15/12/2025	11:30	92.5	2/1/2026	8:00	



*Fuente. Jurado, 2026*

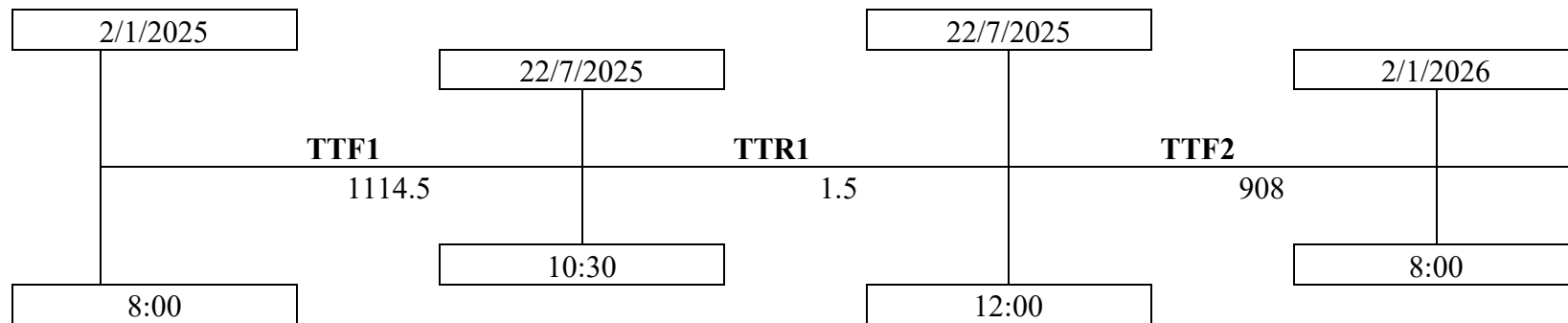
**Anexo 19**

Línea de fallas del Taladro de pedestal

**Tabla 40**

*Línea de fallas del desgaste de bandas del Taladro de pedestal*

Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Desgaste de banda	2/1/2025	8:00	1114.5	22/7/2025	10:30	1.5
	22/7/2025	12:00	908	2/1/2026	8:00	



*Fuente.* Jurado, 2026

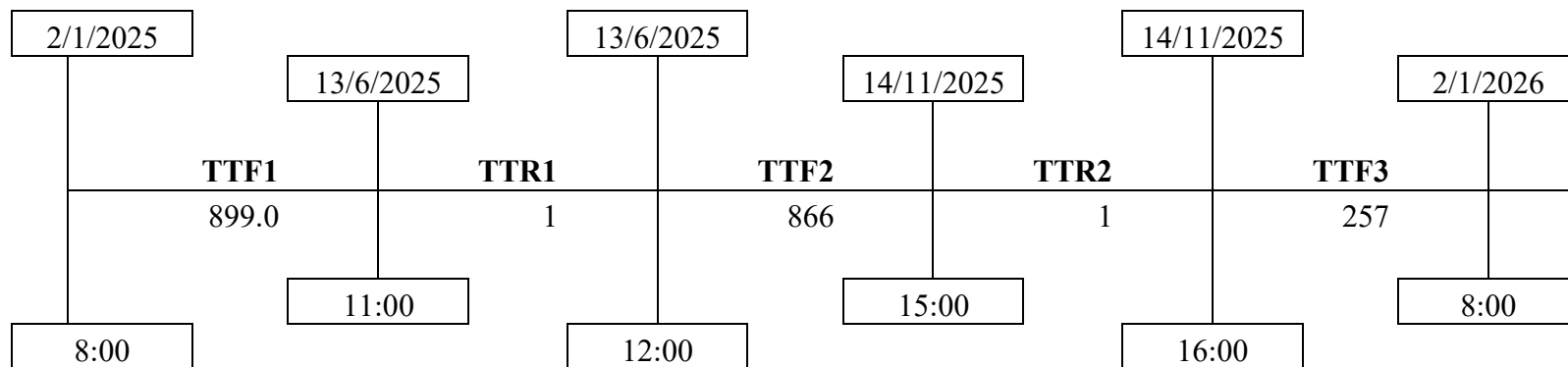
**Anexo 20**

Línea de fallas del Esmeril

**Tabla 41**

*Línea de fallas de la rueda abrasiva del Esmeril*

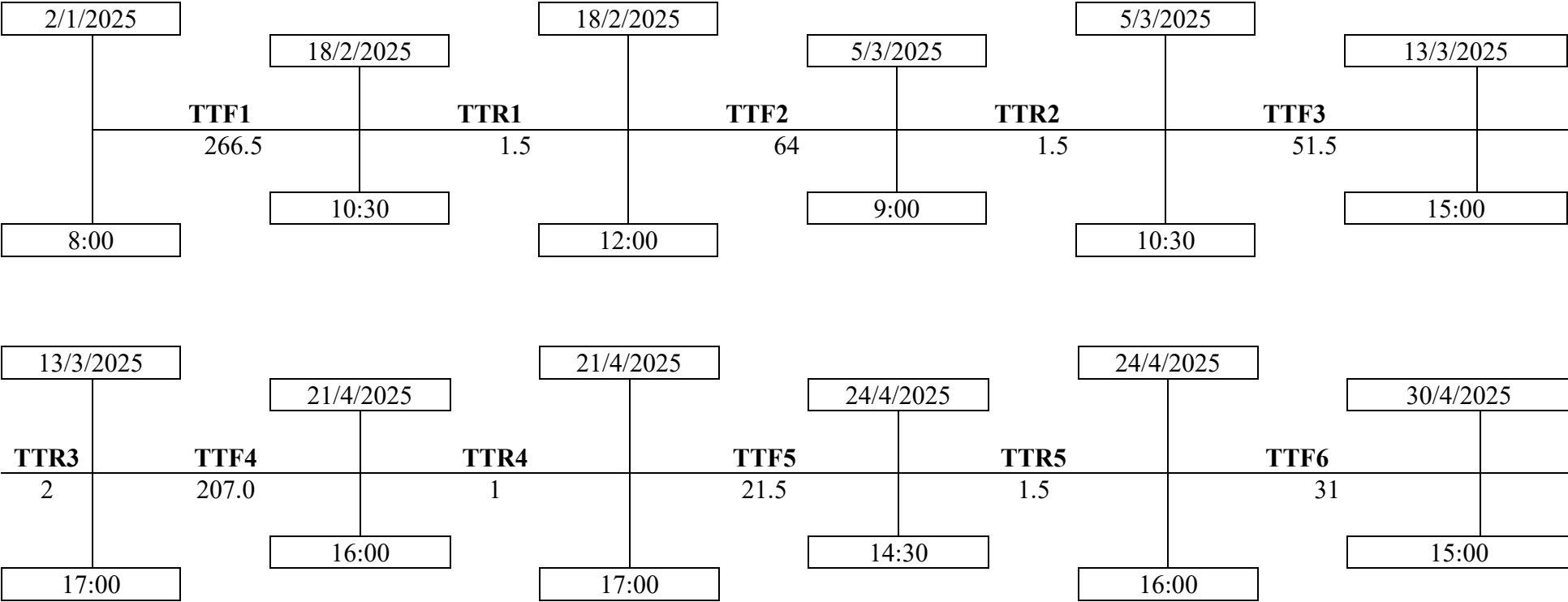
Falla	Inicio		TTF	Fin		TTR
	Fecha	Hora		Fecha	Hora	
Cambio de rueda abrasiva	2/1/2025	8:00	899.0	13/6/2025	11:00	1
	13/6/2025	12:00	866	14/11/2025	15:00	1
	14/11/2025	16:00	257	2/1/2026	8:00	

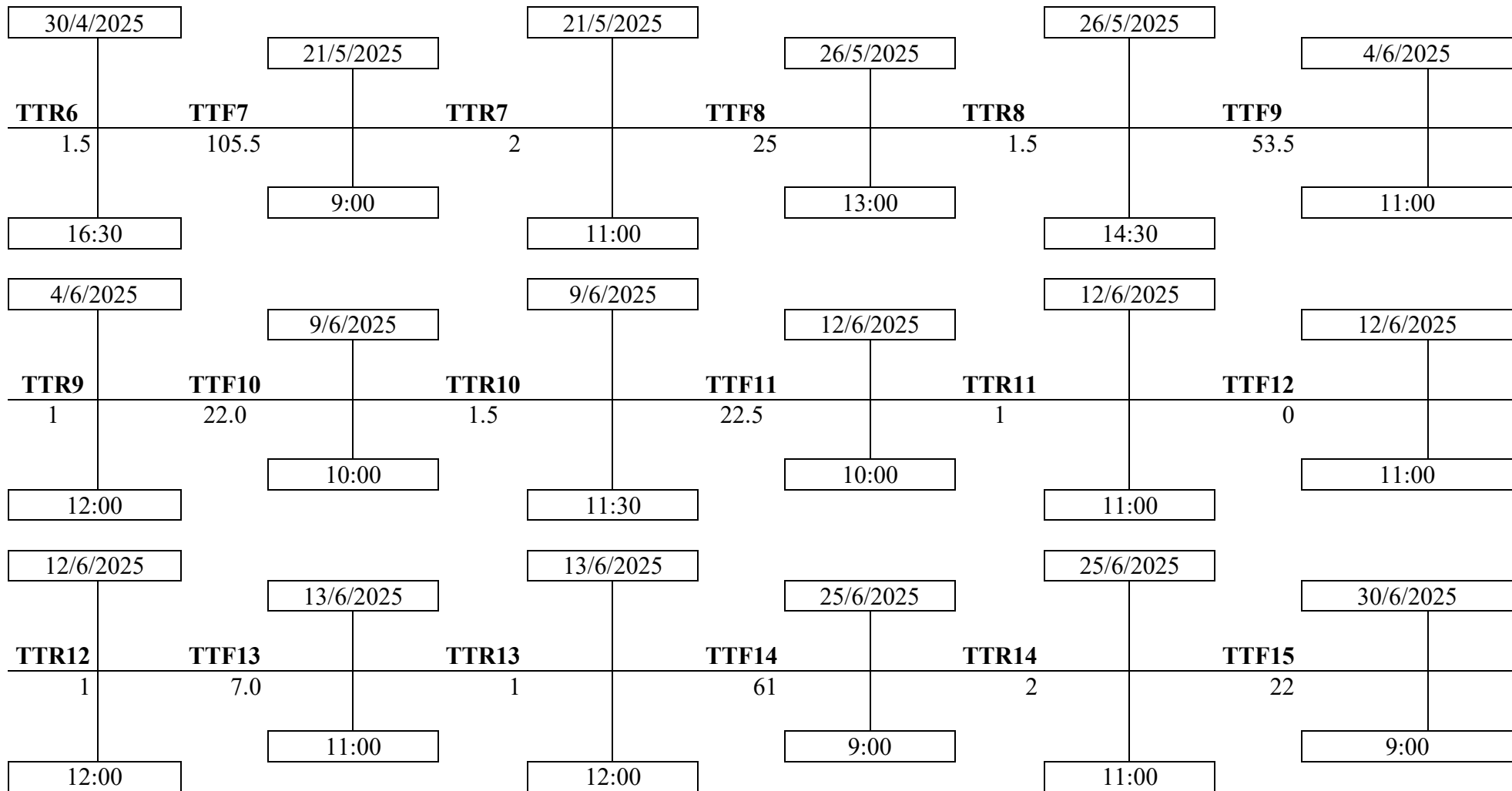


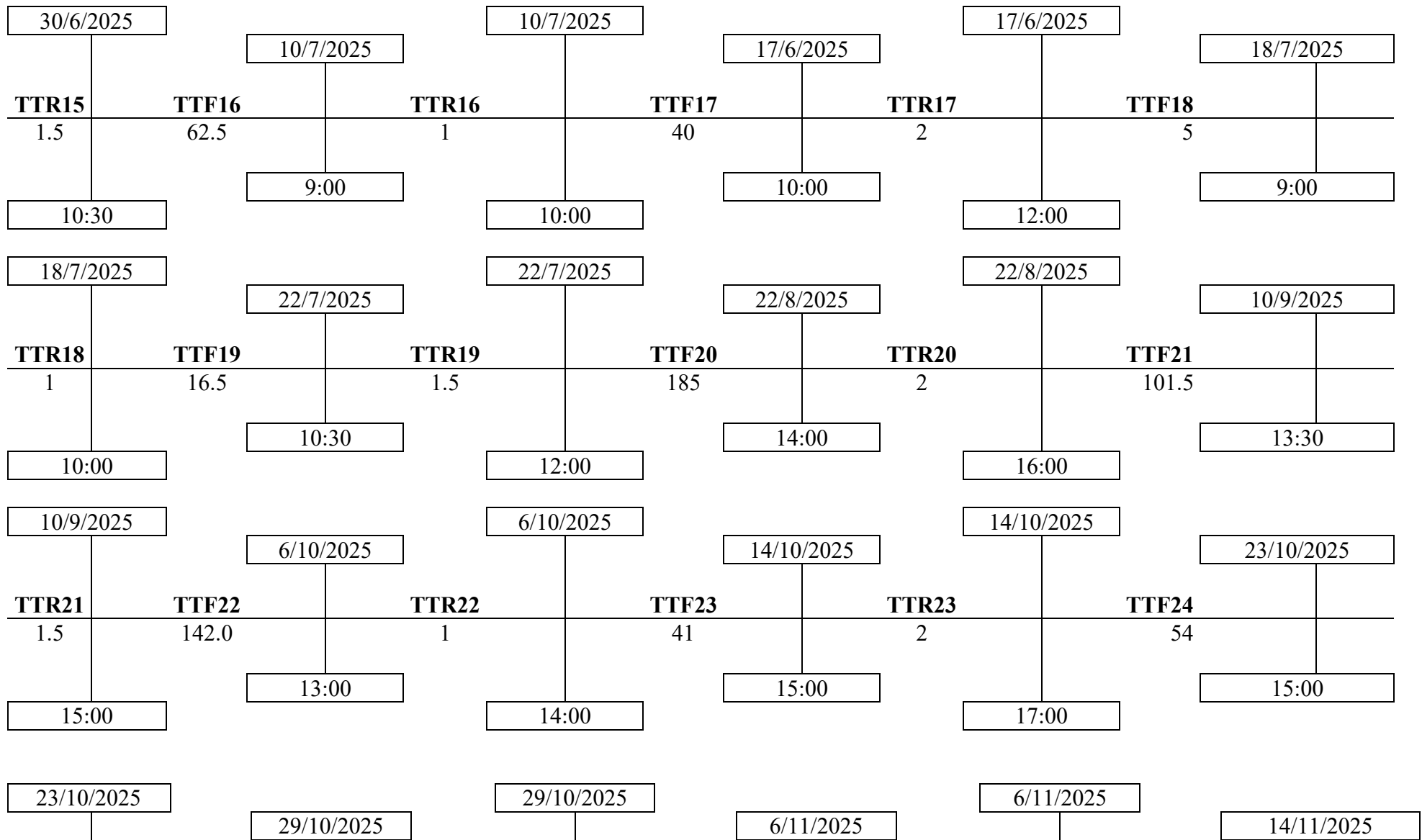
*Fuente. Jurado, 2026*

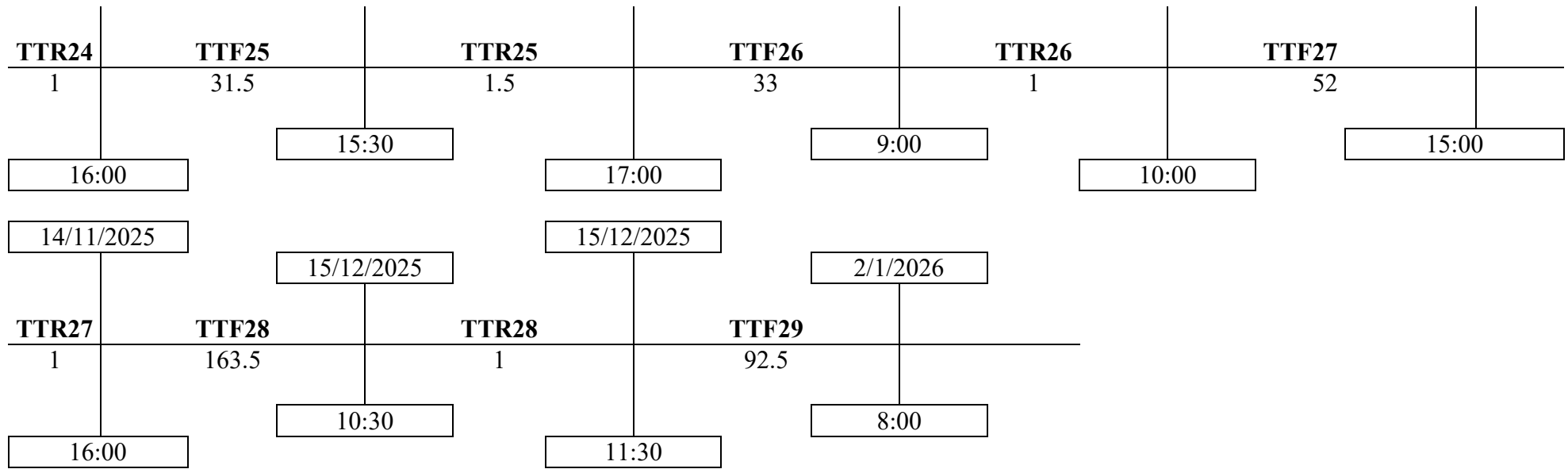
**Anexo 21**

Línea de fallas de los activos del área de producción de Industrias JESSA









*Fuente.* Jurado, 2026.

## Anexo 22

### Análisis de criticidad

N°	Equipo	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad	Tiempo promedio para reparación	Costo de mantenimiento	S-H-A	Consecuencia total	Criticidad total
1	Suelda MIG A	4	5	2	1	1	1	52	208
2	Suelda MIG B	4	5	2	1	1	1	52	208
3	Suelda MIG C	5	5	2	1	1	1	65	325
4	Suelda TIC	2	1	2	1	1	1	10	20
5	Suelda eléctrica	4	1	1	1	1	1	16	64
6	Tronzadora	2	5	2	1	1	1	26	52
7	Compresor horizontal	2	5	2	1	1	1	26	52
8	Compresor horizontal	2	5	2	1	1	1	26	52
9	Taladro de pedestal	1	5	4	1	1	1	23	23
10	Esmeril	2	3	2	1	1	1	18	36

Fuente. Jurado, 2026.