



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“IMPLEMENTACIÓN DE TPM PARA  
INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE  
MAQUINARIA DE UNA EMPRESA  
METALMECÁNICA EN EL AREA DE  
PRODUCCION DE PLANCHUELA-SPLIT,  
LIMA-PERÚ, 2024”**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título  
profesional de:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autor:**

Luis Enrique Corahua Cortez

**Asesor:**

MSc Marco Antonio Díaz Díaz

<https://orcid.org/0000-0003-4624-4564>

Lima - Perú

2025

## Informe de Similitud



### 8% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.




#### Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

#### Exclusions

- ▶ 10 Excluded Sources
- ▶ 11 Excluded Matches

#### Top Sources

- 7%  Internet sources
- 1%  Publications
- 4%  Submitted works (Student Papers)

#### Integrity Flags

##### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## **Dedicatoria**

Dedico mi trabajo a mis padres, mi hermano y mi pareja que siempre han estado alentándome a concluir mis estudios en los momentos más difíciles. Este logro es reflejo de su gran apoyo incondicional.

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis docentes y mi asesor que estuvieron conmigo a lo largo de mi carrera brindándome sus conocimientos, también a mis amistades y familiares por el apoyo motivacional para concluir mis estudios y finalmente a dios que día a día me brinda salud y bendiciones.

## Tabla de contenido

Índice de tablas .....	8
Índice de Figuras.....	9
Índice de Gráficos.....	10
Índice de ecuaciones .....	11
RESUMEN EJECUTIVO.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Razón Social.....	13
1.2 Localización.....	13
1.3 Reseña Histórica .....	13
1.4 Organización de la empresa.....	14
1.5 Misión.....	16
1.6 Visión .....	16
1.8 Potencial Humano .....	17
1.9 Realidad Problemática.....	17
1.10 Justificación .....	18
1.11 Revisión de antecedentes.....	19
1.12 Formulación del problema general .....	22
1.13 Problema específicos .....	22
1.14 Objetivo General.....	22
1.15 Objetivos específicos.....	22

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	24
2.1    Marco Teórico .....	24
2.1    Control de mediciones .....	25
2.1    Métodos para determinar la influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica. ....	29
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....	35
3.1    Contexto general.....	35
3.2    DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACION.....	36
3.2.1    Descripción de la experiencia de mostrar el diagnóstico de la situación del área de planchuela-split de la empresa metalmecánica. ....	36
3.2.2    Descripción de la experiencia de determinar la influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica. ....	46
3.2.3    Descripción de la experiencia de estimar el beneficio económico que se obtuvo de la implementación del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica. ....	58
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	66
4.1    Resultado de Mostrar el diagnóstico de la situación del área de planchuela-split de la empresa metalmecánica.....	66
4.2    Resultado de Determinar la influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica. ....	66
4.3    Resultado de Estimar el beneficio económico que se obtuvo de la implementación del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas- split de la empresa metalmecánica. ....	67
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70

REFERENCIAS ..... 73

ANEXOS ..... **¡Error! Marcador no definido.**

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Diagrama de Pareto.....	40
<b>Tabla 2</b> Cronograma de actividades.....	47
<b>Tabla 3</b> Gantt de actividades.....	48
<b>Tabla 4</b> Identificación de equipos críticos y piezas clave.....	50
<b>Tabla 5</b> Procedimientos operativos Estándar (SOP).....	51
<b>Tabla 6</b> Actividades de mantenimiento preventivo .....	52
<b>Tabla 7</b> Monitoreo y evaluación de indicadores .....	53
<b>Tabla 8</b> Indicadores antes de implementación .....	54
<b>Tabla 9</b> Indicadores después de implementación .....	55
<b>Tabla 10</b> Flujo de caja.....	59

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Mapa de ubicación geográfica de la empresa .....	13
<b>Figura 2</b> Organigrama de la empresa.....	15
<b>Figura 3</b> Organigrama detallado de Gerencia de operaciones .....	16
<b>Figura 4</b> Diagrama de Pareto .....	26
<b>Figura 5</b> Diagrama de Ishikawa.....	26
<b>Figura 6</b> El ciclo Deming.....	27
<b>Figura 7</b> Flujo de caja .....	31
<b>Figura 8</b> Diagrama de Ishikawa desarrollado .... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 9</b> Grafica de Pareto.....	40
<b>Figura 10</b> Capacitación en máquinas de soldar .....	43
<b>Figura 11</b> Capacitación de prensa excéntrica .....	43
<b>Figura 12</b> Reunión equipo de trabajo .....	44
<b>Figura 13</b> Capacitación en mantenimiento preventivo .....	51

## Índice de Gráficos

<b>Gráfico 1</b> Grafica del Tir .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Gráfico 2</b> Grafico de disponibilidad Pre Test vs Post Test.....	67
<b>Gráfico 3</b> Grafica de TIR y el VAN .....	64

### Índice de ecuaciones

<b>Ecuación 1</b> Índice de cumplimiento de IMP .....	25
<b>Ecuación 2</b> Índice De Cumplimiento.....	25
<b>Ecuación 3</b> Formula de disponibilidad .....	30
<b>Ecuación 4</b> Formula de confiabilidad .....	30
<b>Ecuación 5</b> Formula de Tiempo Medio de Reparación .....	31
<b>Ecuación 6</b> Formula del Cok .....	32
<b>Ecuación 7</b> Valor Actual Neto (VAN).....	32
<b>Ecuación 8</b> Tasa Interna de Retorno (TIR).....	32
<b>Ecuación 9</b> Relación Beneficio/Costo (B/C) .....	33
<b>Ecuación 10</b> Formula del Cok .....	59
<b>Ecuación 11</b> Formula del Van .....	61
<b>Ecuación 12</b> Formula de BC(beneficio costo).....	64

## RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo de suficiencia profesional presenta la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una empresa metalmecánica dedicada a la producción de planchuelas-split en Lima, Perú. El proyecto tuvo como objetivo principal mejorar la disponibilidad de maquinaria en el área de producción, optimizando la eficiencia operativa y reduciendo los costos asociados a fallas y paros no programados. Para ello, se aplicaron herramientas como el Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa y el ciclo PHVA, que permitieron realizar un diagnóstico detallado, identificar las causas raíz de las fallas y establecer un plan de acción para mejorar el mantenimiento preventivo y la capacitación del personal. Los resultados obtenidos mostraron una mejora del 18.4% en la disponibilidad de los equipos, lo que contribuyó a un incremento en la productividad de la empresa. Además, se evidenció una reducción significativa en los costos operativos asociados a paradas no planificadas. Las competencias profesionales aplicadas en la implementación del TPM incluyeron la gestión de mantenimiento, análisis de datos, liderazgo en la coordinación de equipos y la implementación de indicadores clave de desempeño (KPI). Se recomienda continuar con la mejora continua del TPM, reforzar la colaboración entre los equipos y mantener el monitoreo de los indicadores de desempeño para garantizar la sostenibilidad de los resultados.



mundo, lo que permitió expandir su alcance y mejorar su capacidad productiva.

Con más de 28 años de experiencia, la compañía ofrece una amplia gama de productos que abarca sectores clave como la agricultura, construcción, infraestructura, energía, ganadería, manufactura y minería. A lo largo de los años, ha logrado posicionarse como un referente en el mercado peruano, gracias a su compromiso con la calidad, la innovación y la sostenibilidad.

Su presencia internacional se extiende a más de 50 países en Sudamérica, Centroamérica, el Caribe, Norteamérica, Europa y Oceanía. Esto ha sido posible gracias al respaldo de un equipo altamente capacitado, que ha trabajado incansablemente para ofrecer soluciones personalizadas y adaptadas a las necesidades específicas de cada cliente.

Hoy en día, la empresa no solo es reconocida en el Perú, sino también por sus socios comerciales en todo el mundo, siendo un modelo de liderazgo en la industria de productos de acero. Con un enfoque firme hacia la mejora continua y el respeto al medio ambiente, sigue garantizando productos de alta calidad que superan las expectativas de sus clientes, contribuyendo al bienestar de las comunidades y los sectores que atiende.

#### **1.4 Organización de la empresa**

La figura 2 muestra un organigrama que estructura la Junta General de Accionistas de una empresa. Desde arriba hacia abajo, se observa que el Directorio supervisa la Gerencia General, que a su vez coordina diversas áreas clave: la Gerencia UNIB (encargada de soluciones geotécnicas y de infraestructura), la Gerencia de Administración y Finanzas (responsable de la planificación financiera y de costos), la Gerencia de Talento Humano y Sostenibilidad (centrada en la gestión del talento y el bienestar social), la Gerencia Comercial (dedicada a ventas y marketing) y la Gerencia de

Operaciones (enfocada en producción, mantenimiento, y gestión ambiental). Este organigrama refleja la distribución jerárquica y funcional de la empresa.

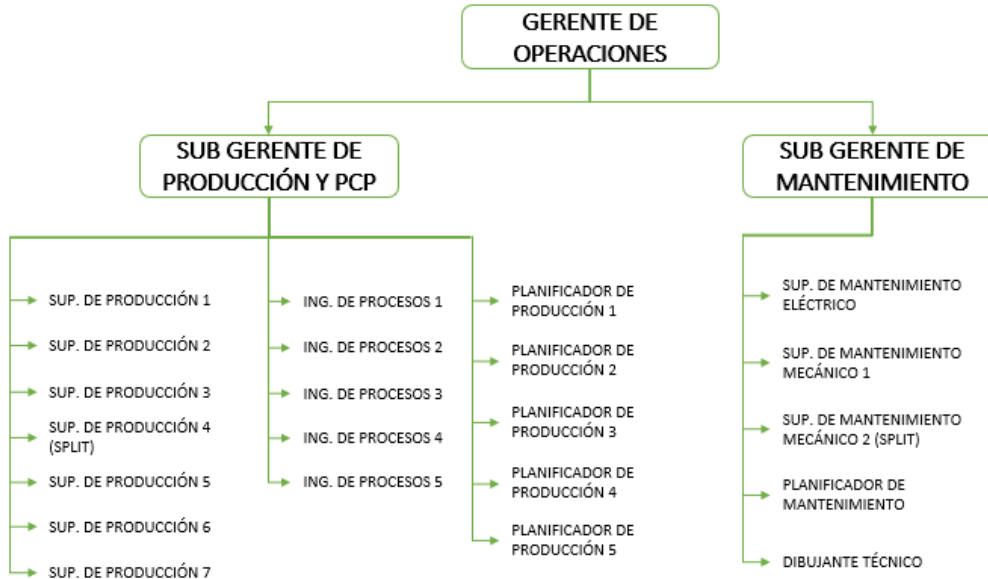
**Figura 2**  
*Organigrama de la empresa.*



*Nota:* Este es el organigrama de la empresa con sus principales áreas de la sede de Lima, ya que en las sedes de Piura, Chiclayo, Ica, Arequipa y Pucallpa su organigrama es de menor dimensión.

La Figura 3 presenta un organigrama detallado de la estructura dentro de la Gerencia de Operaciones, que se divide en dos áreas principales: la Subgerencia de Producción y PCP, y la Subgerencia de Mantenimiento. La Subgerencia de Producción y PCP está compuesta por varios supervisores de producción, cada uno responsable de diferentes procesos de producción, junto con ingenieros de procesos y planificadores de producción. Por otro lado, la Subgerencia de Mantenimiento incluye supervisores de mantenimiento eléctrico y mecánico, un planificador de mantenimiento, y un dibujante técnico, destacando las funciones críticas para el buen funcionamiento de los equipos y la producción. Este organigrama refleja las responsabilidades clave dentro de la operación de la empresa.

**Figura 3**  
*Organigrama detallado de Gerencia de operaciones*



*Nota:* Este es el organigrama detallado la empresa de la gerencia de operaciones.

### 1.5 Misión

Es una empresa orientada al cliente que busca satisfacer las necesidades del negocio de alambres y sus derivados.

### 1.6 Visión

Ser una empresa que despliega una constante curiosidad por anticipar e implantar negocios, así como formas de trabajar que permitan maximizar la contribución económica de todas sus actividades. Además de estar radicalmente comprometidos con la identificación y satisfacción de las necesidades de nuestros clientes. Las personas y su desarrollo constituyen el pilar básico de la organización.

### 1.7 SERVICIOS OFRECIDOS

Los principales productos que ofrece la empresa son:

- a. Planchuela
- b. Tubo Split
- c. Alambre galvanizado
- d. Alambre trefilado
- e. Alambre recocido
- f. Alambre púas
- g. Clavo
- h. Malla electrosoldada
- i. Malla ganadera
- j. Malla Olímpica
- k. Cable acerado
- l. Bandejas para cables
- m. Rejillas estructurales

### **1.8 Potencial Humano**

Cantidad de colaboradores detallado por áreas.

Área de producción: 520 Personas

Área de mantenimiento: 43 Personas

### **1.9 Realidad Problemática**

La empresa metalmecánica dedicada a la producción de planchuela-split en Lima, Perú, enfrentaba problemas significativos relacionados con la baja disponibilidad de maquinaria en su área de producción. Esta situación ocasionaba retrasos en los tiempos de entrega y aumentaba considerablemente los costos operativos. Las fallas recurrentes en los equipos, la falta de un mantenimiento preventivo adecuado y los paros no

programados eran factores que contribuían al desgaste acelerado de las máquinas. Además, la capacitación insuficiente del personal encargado del manejo de los equipos incrementaba la probabilidad de fallas operativas y tiempos de inactividad.

La baja disponibilidad de maquinaria impactaba negativamente en la eficiencia de la producción y afectaba la competitividad de la empresa en un mercado altamente demandante, que exigía estándares de calidad elevados y tiempos de respuesta rápidos. A pesar de los esfuerzos por mantener la producción en marcha, no se lograba optimizar el uso de los equipos de manera efectiva. Ante esta realidad, se consideró la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) como una estrategia clave para mejorar la disponibilidad de las máquinas, reduciendo los tiempos de paro no planificados y optimizando los recursos, lo que potencialmente podría incrementar la productividad y reducir los costos asociados al mantenimiento.

### 1.10 Justificación

La tabla presentada muestra el historial de fallas del registro de mantenimiento de maquinaria de una empresa en el período comprendido entre mayo de 2023 y octubre de 2023. La información se organiza por semanas dentro de cada mes

**Tabla 1**  
*Disponibilidad mensual de la maquinaria de mayo de 2023 a octubre 2023*

MESES	SEMANAS	TOTAL			INDICADORES		
		Hrs operación	Fallas	Tiempo Total de mantenimiento	Índice de Mantenibilidad	Índice de Confiabilidad	Disponibilidad
MAYO	Semana 01	1008	6	204	34.00	168.00	0.83
	Semana 02	1008	2	156	78.00	504.00	0.87
	Semana 03	1008	4	144	36.00	252.00	0.88
	Semana 04	1008	4	96	24.00	252.00	0.91
JUNIO	Semana 05	1008	1	96	96.00	1008.00	0.91
	Semana 06	1008	4	180	45.00	252.00	0.85

	Semana 07	1008	5	192	38.40	201.60	0.84
	Semana 08	1008	4	120	30.00	252.00	0.89
	Semana 09	1008	4	216	54.00	252.00	0.82
	Semana 10	1008	3	240	80.00	336.00	0.81
JULIO	Semana 11	1008	2	120	60.00	504.00	0.89
	Semana 12	1008	1	48	48.00	1008.00	0.95
	Semana 13	1008	4	192	48.00	252.00	0.84
	Semana 14	1008	6	300	50.00	168.00	0.77
	Semana 15	1008	5	312	62.40	201.60	0.76
AGOSTO	Semana 16	1008	3	216	72.00	336.00	0.82
	Semana 17	1008	3	108	36.00	336.00	0.90
	Semana 18	1008	4	180	45.00	252.00	0.85
	Semana 19	1008	4	204	51.00	252.00	0.83
SEPTIEMBRE	Semana 20	1008	3	180	60.00	336.00	0.85
	Semana 21	1008	3	132	44.00	336.00	0.88
	Semana 22	1008	3	180	60.00	336.00	0.85
	Semana 23	1008	2	60	30.00	504.00	0.94
OCTUBRE	Semana 24	1008	3	192	64.00	336.00	0.84
	Semana 25	1008	5	288	57.60	201.60	0.78
		25200	88	4356	52.14	353.47	0.86

*Nota:* Esta tabla muestra la disponibilidad obtenida antes de la implementación del TPM en la empresa.

### 1.11 Revisión de antecedentes

Según Palomino A., et al. (2020) el objetivo de este artículo fue ofrecer una visión detallada sobre la gestión de mantenimiento, enfocándose principalmente en los dos primeros pilares del TPM: el mantenimiento preventivo y el mantenimiento autónomo. Para ello, se utiliza el análisis FMEA de RCM, lo que permite evaluar de manera más precisa las estrategias de mantenimiento. A lo largo del estudio, se demostró que la implementación del TPM fue un éxito, mostrando que, al aplicarlo en la industria de la construcción, es posible reducir de forma considerable la acumulación innecesaria de mantenimiento. El enfoque adoptado en este artículo se centra en el desarrollo y análisis

exhaustivo de las estrategias de mantenimiento correctivo continuo y preventivo, incluso en un entorno marcado por la incertidumbre y la falta de datos operativos completos, pero que son vitales para la toma de decisiones. Los resultados obtenidos fueron realmente alentadores, con una mejora del 90% en la disponibilidad, lo que resalta la efectividad de este enfoque en la optimización de los procesos de mantenimiento.

Según Gaspar, E., & Ayala, J. (2021) el objetivo de esta investigación fue implementar el TPM con el fin de mejorar la disponibilidad de la maquinaria. Para analizar la situación, se utilizaron el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto, los cuales revelaron que el principal problema en la empresa era la falta de mantenimiento preventivo y la capacitación del personal. Inicialmente, la disponibilidad de la maquinaria era del 79%, pero tras la implementación del mantenimiento preventivo y la capacitación del personal, la disponibilidad aumentó al 97%. Se concluyó que la aplicación del TPM logró incrementar significativamente la disponibilidad de las máquinas en la empresa.

Según Segura S., & Montoya, J. (2023) el objetivo de esta investigación fue examinar el impacto de la implementación de TPM en la disponibilidad de las máquinas en una empresa del sector metalmeccánico. El enfoque utilizado fue preexperimental, con un nivel explicativo. La muestra estuvo compuesta por 11 equipos en total. Se aplicaron técnicas de análisis documental y observación dentro de la metodología, que se centró en la implementación del TPM. Entre los principales resultados, se observó un aumento del 18.4% en la disponibilidad de los equipos. Tras evaluar estos resultados, se concluyó que la adopción de TPM tuvo un efecto positivo y significativo en la disponibilidad de las máquinas en la empresa metalmeccánica.

Según Caicedo, L., & Hinostroza, R., (2021) el objetivo de este artículo fue explorar cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) puede transformar la gestión de mantenimiento en una empresa del sector metalmeccánico,

centrado especialmente en sus dos pilares fundamentales: mantenimiento preventivo y autónomo. El estudio evidencia que estos enfoques son claves para mejorar la disponibilidad de las máquinas críticas, reducir problemas operativos como fallos, repuestos defectuosos e interrupciones en el proceso productivo. La adopción del TPM mejora la eficiencia operativa e incrementa los indicadores de eficiencia general de la maquinaria (OEE), lo que contribuye a reducir los costos de mantenimiento y prolongar la vida útil de los equipos. Al integrar mantenimiento preventivo y autónomo, la empresa disminuye los costos por interrupciones y optimiza los recursos disponibles. Los resultados muestran una mejora en la disponibilidad de las máquinas, alcanzando un 97% tras la implementación de las estrategias de TPM. Esta mejora impacta positivamente en la reducción de costos y la confiabilidad operativa de los equipos, lo que resalta la importancia de adoptar enfoques de mantenimiento preventivo y autónomo en procesos industriales. En conclusión, el TPM se demuestra como una estrategia eficaz para enfrentar los desafíos de disponibilidad de maquinaria y mejorar la productividad en la empresa.

Según Montoya (2020) la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en equipos CNC tuvo un impacto significativo en la disponibilidad de las máquinas en una empresa metalmeccánica. El objetivo de esta investigación fue evaluar cómo el mantenimiento preventivo influye en la mejora de la disponibilidad de los equipos en el sector metalmeccánico. El enfoque adoptado fue de tipo experimental, con un diseño explicativo. En el estudio, la muestra estuvo compuesta por varios equipos CNC, y se utilizó una metodología que combinó el análisis de datos históricos de mantenimiento y observación directa de los equipos. Entre los resultados obtenidos, se observó una mejora del 15% en la disponibilidad de los equipos, pasando del 71.38% al 86.88%. Este incremento resalta la efectividad de las estrategias de mantenimiento preventivo para

optimizar la operatividad de la maquinaria. Tras analizar los resultados, se concluyó que la implementación del mantenimiento preventivo, como parte del TPM, tuvo un efecto positivo y significativo en la disponibilidad de las máquinas en la empresa metalmecánica.

### **1.12 Formulación del problema general**

¿De qué manera influyó la implementación de TPM para incremento de la disponibilidad de maquinaria de una empresa metalmecánica en el área de producción de planchuela-split?

#### **1.13 Problema específicos**

¿Cómo realizar el diagnóstico de la situación del área de planchuela-split de la empresa metalmecánica?

¿De qué manera determinar la influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica?

¿Cómo estimar el beneficio económico producto de la implementación del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica?

#### **1.14 Objetivo General**

Determinar la influencia de la implementación del TPM en la disponibilidad de maquinaria de una empresa metalmecánica en el área de producción de planchuela-split

#### **1.15 Objetivos específicos**

Mostrar el diagnóstico de la situación del área de planchuela-split de la empresa metalmecánica.

Determinar la influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción de

planchuelas-split de la empresa metalmecánica.

Estimar el beneficio económico que se obtuvo de la implementación del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco Teórico

Mantenimiento Productivo Total (TPM) Variable independiente TPM, como fuente de mejora empresarial, abarca a toda la organización y, aplicado adecuadamente, optimiza todas las áreas de operación al aumentar la eficiencia y elevar el rendimiento general, la interacción entre los trabajadores y las máquinas se vuelve más efectiva gracias a la práctica de TPM; en resumen, esta metodología potencia el desempeño global de la empresa al establecer una relación más productiva entre los recursos humanos y tecnológicos (Toke; et al. 2023). Adicionalmente, el TPM es realmente una filosofía muy efectiva para garantizar y mejorar la productividad y disponibilidad de las líneas de producción. Sin embargo, para aplicarlo correctamente, es necesario reforzarlo con herramientas de apoyo a la toma de decisiones, especialmente para decidir las estrategias de mantenimiento apropiadas para cada situación y determinar las anomalías críticas que deben tratarse como prioridad durante las intervenciones de mantenimiento preventivo (Mortada, et al, 2023).

#### El Pilar Mantenimiento Preventivo

Se refiere a una serie de medidas indispensables para supervisar la situación técnica de las maquinarias que componen un área productora y repararlos a sus naturalezas óptimas de funcionamiento. El objetivo principal es garantizar la máxima seguridad, eficiencia y calidad en las operaciones. (MARTINEZ R, 2007)

La importancia del mantenimiento preventivo es detectar los indicios tempranos de un defecto con el fin de mitigar el riesgo de fallos no planificados y disminuir la necesidad de llevar a cabo reparaciones correctivas. (Buelvas C., 2014)

Una de las facetas esenciales del mantenimiento preventivo se relaciona con la

programación y ejecución, y estas están vinculadas a los elementos relacionados con la carga de trabajo de la planificación y programación. En esta etapa, se lleva a cabo la planificación y ejecución de las horas de mantenimiento, la adquisición anticipada de materiales y repuestos, así como la asignación de mano de obra. Además, se contempla la previsión de actividades de mantenimiento no planificadas o emergentes. (García, O., 2012)

Los siguientes indicadores son para la dimensión de ejecución y programación:

Índice De Mantenimiento Preventivo (IMP)

**Ecuación 1**

*Índice de cumplimiento de IMP*

$$IMP = \frac{\text{Horas de Mantenimiento programado}}{\text{total Horas de Mantenimiento}} \times 100\%$$

Índice De Cumplimiento de Mantenimiento Programado (ICMP)

**Ecuación 2**

*Índice De Cumplimiento*

$$ICMP = \frac{\#actividades realizadas}{\#actividades programadas} \times 100\%$$

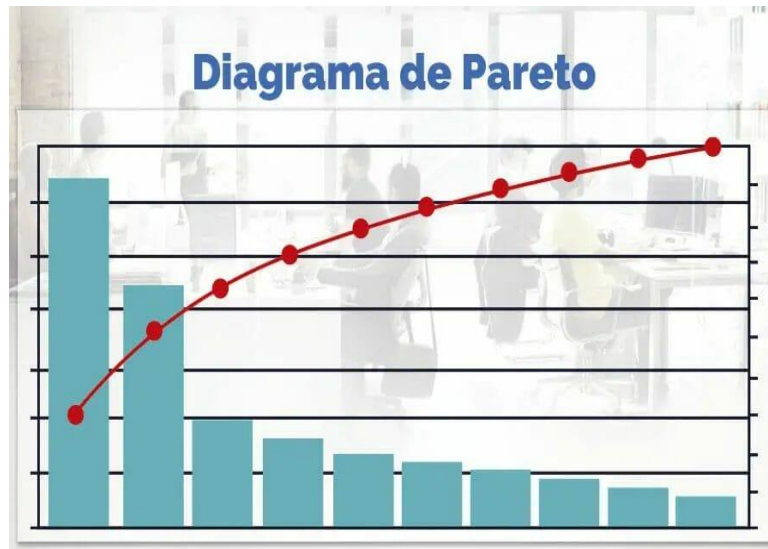
2.1.1 Métodos para mostrar el diagnóstico de la situación del área de planchuela-Split de la empresa metalmecánica.

**2.1 Control de mediciones**

**Técnica e instrumentos de recolección de datos**

Diagrama de Pareto: es posible identificar los problemas que tienen mayor relevancia mediante esta aplicación, ya que establece que hay numerosos problemas de poca importancia en comparación con solo unos pocos que son significativos. Esta idea se basa en la observación de que, en muchas situaciones, aproximadamente el 80% de los resultados totales se derivan de solo el 20% de los elementos o causas (Sales, 2013).

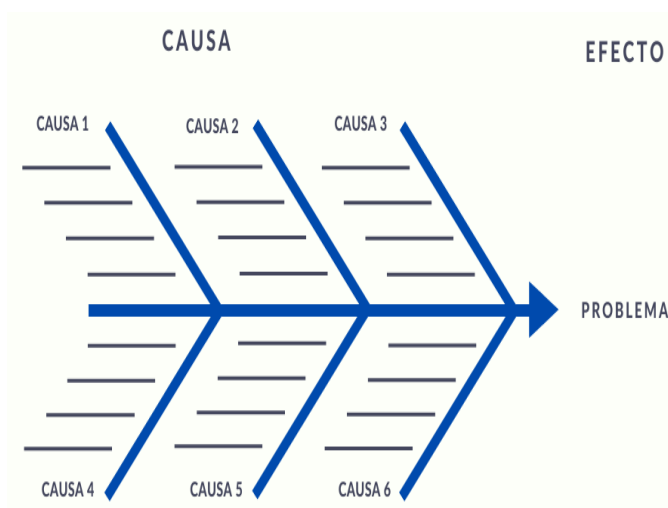
**Figura 4**  
*Diagrama de Pareto*



*Nota: Esta figura fue extraída de imágenes en Google.*

Diagrama Ishikawa: es una herramienta de calidad altamente efectiva y eficiente, desempeña un papel fundamental en la reducción de problemas centrales. Esta herramienta permite analizar los elementos que influyen en la calidad de un producto o servicio a través de una representación de causa y efecto. Su utilidad radica en revelar las causas de la variabilidad y en estructurar la relación entre estas causas en un tema que puede abordarse en diversas áreas (Ishikawa., 2013).

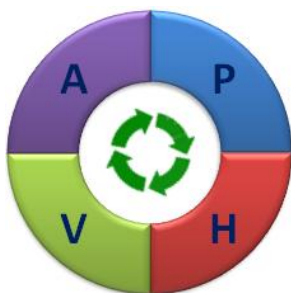
**Figura 5**  
*Diagrama de Ishikawa*



*Nota:* La figura fue extraída internet.

El ciclo PHVA: El ciclo de Deming se compone de cuatro conceptos: Planificación, Ejecución, Verificación y Actuación, que deben ser implementados por la organización en cada uno de sus procesos, comenzando por el más relevante y progresando desde allí. Este ciclo es una herramienta centrada en la resolución de problemas y la búsqueda constante de mejoras. Comienza con un diagnóstico inicial que identifica las deficiencias, comparando los planes con los resultados obtenidos. Luego, se analizan los resultados no deseados, se diseña un nuevo conjunto de medidas que eliminen el problema y eviten su repetición, y se busca alcanzar un resultado satisfactorio. Esto posibilita el crecimiento sistemático a través de la mejora continua y la innovación (Castillo L., 2019).

**Figura 6**  
*El ciclo Deming*



*Nota: La imagen fue extraída de internet.*

Los pasos del ciclo PHVA se compone:

**Planear:** En esta fase, se delimita el ámbito de implementación y se establecen metas específicas para la organización. Se aplican estrategias que involucran la colaboración de equipos y la retroalimentación de los empleados. Se prioriza la mejora de las maquinarias propensas a fallos frecuentes y retrasos en la producción, basándose en observaciones y documentación. Se definen pasos concretos para optimizar la disponibilidad en una empresa del sector metalmeccánico, haciendo uso de herramientas como el Diagrama Ishikawa, el Diagrama de Pareto y el DAP. Se identifican áreas clave de atención, se desarrolla un plan de implementación minucioso y se asignan responsabilidades, con el propósito de aumentar la disponibilidad en la empresa.

**Hacer:** Se llevan a cabo las modificaciones necesarias para implementar mejoras, se aplican herramientas TPM, como el Diagrama Ishikawa para identificar las causas de la falta de disponibilidad, el Diagrama de Pareto para priorizarlas, el DAP para mapear los flujos de tiempo y detectar áreas de mejora, y el Diagrama de Gantt para planificar y supervisar las actividades del proyecto. El objetivo es avanzar gradual y efectivamente en la mejora de la eficiencia empresarial.

**Verificar:** Después de implementar las mejoras, se realiza una evaluación para confirmar su eficacia, si las mejoras no cumplen con las expectativas iniciales, se realizan ajustes para alinearlas con los objetivos deseados; tras implementar el TPM para aumentar la disponibilidad de los equipos en la empresa, se lleva a cabo una evaluación de la producción y los tiempos para identificar mejoras, si los resultados no cumplen con las expectativas, se reevalúa la estrategia, se evalúa el impacto en la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad utilizando métricas como la tasa de disponibilidad y el tiempo de mantenimiento, se realizan auditorías periódicas para

garantizar el cumplimiento de los nuevos procedimientos y se comparan los resultados con los objetivos establecidos durante la planificación.

Actuar: Tras el período de prueba, se examinan los resultados y se comparan con el desempeño anterior a la introducción del TPM en la empresa, en caso de resultados positivos, se implementan de manera permanente a gran escala, si los resultados son negativos, se toman medidas correctivas basadas en los resultados y análisis anteriores; se mantiene una supervisión continua y se busca mejorar los procesos y procedimientos utilizando el programa de Minitab, el plan de implementación se ajusta según sea necesario para alcanzar los objetivos de disponibilidad, manteniendo un enfoque constante en la mejora y optimización de la disponibilidad en una empresa del sector metalmecánico.

Según Torres, M., et al. (2019) una técnica de recolección de datos se refiere a los métodos y herramientas específicos empleados por los investigadores para obtener información relevante, los datos primarios se obtienen mediante observación, encuestas, entrevistas y experimentación.

Se evaluará el nivel de implementación del TPM mediante encuestas, registros de mantenimiento y observaciones directas, midiendo la frecuencia de actividades de mantenimiento y cumplimiento de procedimientos, la disponibilidad de la maquinaria se medirá mediante registros de fallas y reparaciones, utilizando indicadores como el tiempo de inactividad, el MTBF y el MTTR.

## **2.1 Métodos para determinar la influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica.**

Disponibilidad (D) Variable dependiente

Considerar cómo la disponibilidad de las máquinas afecta la programación de la

producción es fundamental para reducir los retrasos totales (Chen, et al, 2021). Además, la recopilación y análisis de datos en tiempo real es la forma más precisa de evaluar la disponibilidad de una máquina, registrando el tiempo y la causa de las interrupciones sin necesidad de estar físicamente presentes (Cueva, 2022).

### **Ecuación 3**

*Formula de disponibilidad*

$$D = \frac{MTBF}{\text{Confiabilidad} + \text{MaMTBF} + \text{MTTR}}$$

La obtención y análisis de datos al instante es la manera más exacta de determinar la disponibilidad de una máquina, ya que permite registrar el tiempo de inactividad, la causa y la duración de las interrupciones sin necesidad de estar físicamente junto a la máquina. (Cueva, R., 2022).

#### **Confiabilidad (MTBF)**

La confiabilidad es un enfoque de estudio objetivo, documentado y sistemático que puede aplicarse a cualquier tipo de instalación industrial. Su utilidad radica en mejorar el crecimiento y la optimización de un plan de mantenimiento preventivo eficaz. Este método proporciona un proceso estructurado para determinar la política de mantenimiento más óptima para cada activo físico presente en una planta industrial. (Díaz, et al., 2016).

### **Ecuación 4**

*Formula de confiabilidad*

$$MTBF = \frac{\text{tiempo de operacion(hr)}}{\# \text{ de fallas}}$$

#### **Mantenibilidad (MTTR)**

La mantenibilidad se refiere a la capacidad de un equipo, cuando se encuentra en estado de fallo, de ser restaurado a una condición de operación específica en un período de tiempo determinado. Esto implica que la mantenibilidad es un indicador que evalúa la

velocidad y eficiencia del proceso de mantenimiento y reparación del equipo, asumiendo condiciones ideales de mantenimiento. (Zambrano E., Et al., 2015).

### Ecuación 5

*Formula de Tiempo Medio de Reparación*

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparacion (hr)}}{\# \text{ de fallas}}$$

Métodos para estimar el beneficio económico que se obtuvo de la implementación del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica.

Según Ortiz Huari et al. (2025) el flujo de caja es una herramienta financiera fundamental para las organizaciones, ya que permite evaluar la liquidez y la capacidad de la entidad para cumplir con sus obligaciones financieras, lo que impacta directamente en su salud económica y desempeño.

### Figura 7

Flujo de caja

Concepto	Descripción
+ Ingresos afectos a impuestos	Ingresos que están sujetos a impuestos.
- Egresos afectos a impuestos	Gastos o egresos que están sujetos a impuestos.
- Gastos no desembolsables	Gastos que no implican salida de efectivo.
+ Intereses del préstamo	Los intereses generados por el préstamo.
= Utilidades antes de impuestos (EBIT)	Resultado antes de la deducción de impuestos.
- Impuestos	Los impuestos que deben pagarse.
= Utilidades después de impuestos	Resultado final después de impuestos.
+ Ajuste por gastos no desembolsables	Ajustes por gastos que no implican salida de efectivo.
- Egresos no afectos a impuestos	Egresos que no están sujetos a impuestos.
+ Ingresos no afectos a impuestos	Ingresos que no están sujetos a impuestos.
+ Préstamo	El dinero recibido como préstamo.
- Amortización de la deuda	Pago o amortización de la deuda.
= Flujo de caja	Resultado final del flujo de caja.

*Nota:* la figura es una estructura contable del flujo de caja.

El Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C) son herramientas clave en la evaluación de proyectos de inversión. El VAN permite calcular el valor presente de los flujos de caja futuros descontados a una

tasa determinada, indicando la rentabilidad de un proyecto. La TIR, por otro lado, representa la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, es decir, el punto de equilibrio entre los ingresos y los costos de un proyecto. Finalmente, el índice de beneficio/costo (B/C) mide la relación entre los beneficios presentes y los costos de un proyecto, y si el índice es mayor que 1, indica que el proyecto es rentable (Salas, 2020).

### Fórmulas:

#### **Ecuación 6**

*Formula del Cok*

$$Cok = \frac{\text{Flujo financiero}}{\text{Ingreso Mensuales}}$$

#### **Ecuación 7**

*Valor Actual Neto (VAN)*

$$VAN = \sum \frac{CF_t}{(1+i)^t} - C_0$$

Donde:

CF<sub>t</sub> = flujo de caja en el periodo t

i = tasa de descuento

t = periodo

C<sub>0</sub> = inversión inicial

#### **Ecuación 8**

*Tasa Interna de Retorno (TIR)*

La TIR es la tasa i que hace que el VAN sea igual a cero, es decir:

$$0 = \sum \frac{CF_t}{(1 + TIR)^t} - C_0$$

**Ecuación 9**

*Relación Beneficio/Costo (B/C)*

$$B/C = \frac{\sum \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

Donde:

Bt = beneficios en el periodo t

Ct = costos en el periodo t

## 2.2 Limitaciones

Las limitaciones de esta investigación incluyeron la disponibilidad de datos completos y actualizados como la cantidad de fallas y el tiempo de demora de estos al pasar a mantenimiento sobre la maquinaria y sus registros operativos, así como el acceso limitado a las máquinas como la prensa excéntrica, la conformadora y la soldadora debido a su uso continuo en el proceso de producción. Además, el tiempo disponible para implementar será de 12 semanas y la toma de datos será de 6 meses para evaluar el impacto de la metodología TPM, lo que dificultó la obtención de resultados completos a corto plazo. La investigación se centró en una sola empresa metalmeccánica, lo que restringió la generalización de los resultados a otras empresas o áreas de producción. Además, la implementación del TPM no estuvo exenta de desafíos técnicos y organizacionales. Uno de los principales obstáculos que enfrenté fue la resistencia al

cambio por parte del personal. Muchos empleados, especialmente aquellos en el área de producción, mostraron una actitud escéptica hacia el nuevo sistema de mantenimiento, ya que no estaban familiarizados con los principios del TPM y temían que afectara sus rutinas diarias. Esto fue especialmente evidente al principio, cuando algunos operarios se mostraron reticentes a seguir los nuevos procedimientos operativos estándar (SOP), debido a la falta de capacitación adecuada y a una baja integración entre los equipos de mantenimiento y producción.

La resistencia también estuvo vinculada a la falta de comunicación efectiva entre ambos departamentos. El equipo de mantenimiento se centró principalmente en las tareas de reparación y mantenimiento, mientras que el personal de producción no siempre comprendía la importancia de su papel en el proceso de mantenimiento autónomo. Esta desconexión dificultó el trabajo conjunto y retrasó la implementación exitosa del TPM en sus primeras etapas.

Aunque estas dificultades representaron un desafío significativo, logré superarlas parcialmente mediante la implementación de capacitación continua para los operarios y el fortalecimiento de la colaboración entre los equipos de mantenimiento y producción. Sin embargo, este proceso de integración y adaptación requerirá tiempo y esfuerzo para ser completamente efectivo, y no se logró por completo durante la investigación. Dado que el TPM busca una mejora continua a largo plazo se tomó muestra de mayo de 2023 a octubre 2023.

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1 Contexto general

La trayectoria en la empresa comenzó en 2014, cuando ingreso a realizar prácticas preprofesionales en el área de mecánica de mantenimiento a través de la malla curricular de SENATI. En 2016, al terminar la carrera, fui contratado como técnico mecánico de mantenimiento. Durante este tiempo, la dedicación a realizar mantenimientos correctivos y pequeños mantenimientos preventivos en toda la planta.

En 2019, al iniciar la carrera universitaria en ingeniería industrial, se logró ingresar al área de planificación de mantenimiento en 2023, con el objetivo de liderar la implementación de una nueva gestión de mantenimiento centrada en la confiabilidad de los equipos y en el aumento de su disponibilidad. Para ello, lideró todo el equipo de mantenimiento, ya que se tuvo que cambiar sustancialmente la gestión de trabajo anterior.

Al comenzar este proceso, se identificaron diversas debilidades, como la falta de registros de inspecciones, mantenimientos, repuestos, planes y estrategias de mantenimiento. Con base en su experiencia dentro de la empresa, implementó de inmediato un sistema de inspecciones regulares de máquinas y la catalogación de repuestos. A partir de estos datos, se crearon los planes y estrategias de mantenimiento. La primera fase de implementación se centró en el área de Split, dado que era una de las más críticas debido a los bajos indicadores de disponibilidad de equipos.

A partir de estos esfuerzos, se implementó la metodología de TPM, que involucró principalmente las áreas de mantenimiento y producción. Los operadores y técnicos jugaron un papel clave en el éxito de esta metodología. Aunque al principio hubo resistencia por parte de una parte del personal de producción, la motivación y el compromiso de otros colaboradores permitieron llevar a cabo el proceso con éxito. Como

resultado, el área experimentó un aumento significativo en la disponibilidad de los equipos durante los meses de prueba.

Durante la implementación, se utilizaron diversas herramientas y metodologías de gestión de mantenimiento, como los indicadores, que facilitaron la obtención de los resultados esperados. Estos indicadores no solo permitieron mejorar la disponibilidad de los equipos, sino que también generaron beneficios económicos para la empresa.

## **3.2 DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACION**

### **3.2.1 Descripción de la experiencia de mostrar el diagnóstico de la situación del área de planchuela-split de la empresa metalmecánica.**

El proceso de recolección de la información para identificar las causas de las fallas en los equipos de la empresa fue detallado y meticuloso así como se muestra en la figura 8, y se realizó utilizando una combinación de experiencias previas y un análisis exhaustivo de los problemas recurrentes en el área de producción. El proceso involucró los siguientes pasos:

#### **1. Diagnóstico Inicial y Análisis de la Situación Actual:**

Inicié este proceso en mi rol como planificador de mantenimiento en la planta, donde ya había trabajado durante varios años en diferentes funciones. Me di cuenta de que había problemas importantes relacionados con la disponibilidad de los equipos en áreas críticas, como la zona de Split. Para poder abordar estos problemas, se hizo necesario identificar las causas raíz que afectaban el funcionamiento de los equipos, lo que a su vez impactaba la productividad general de la empresa.

#### **2. Recolección de Información de Fallas:**

Para recopilar las incidencias de fallas, recurrí a los registros históricos de fallas de los equipos, además de hablar con los operarios y técnicos que trabajaban directamente

con las máquinas. En estos intercambios, se recopiló información valiosa sobre los tipos de fallas más comunes que se presentaban, las circunstancias en las que ocurrían y las áreas más afectadas. Además, se observó que la mayoría de las fallas no solo eran mecánicas, sino también operativas y de mantenimiento preventivo.

### 3. Clasificación de Causas:

Una vez recopilada la información, utilicé un diagrama de Ishikawa (espina de pescado) para clasificar las causas de las fallas en diferentes categorías:

**Métodos:** Identifiqué que la falta de estándares operativos y de un mantenimiento preventivo adecuado eran causas clave.

**Maquinaria:** Observé que el desgaste de componentes críticos y problemas eléctricos recurrentes afectaban a los equipos.

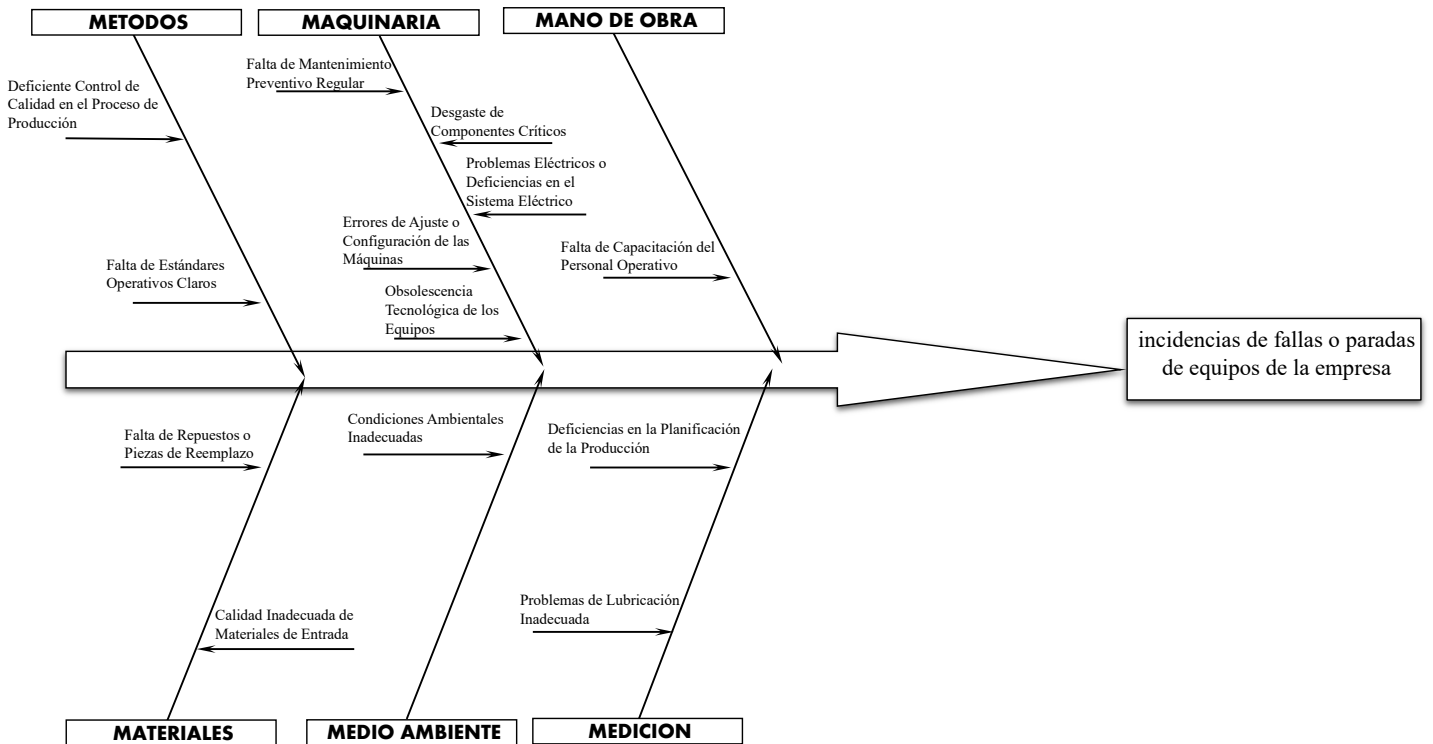
**Mano de obra:** Me di cuenta de que la falta de capacitación del personal operativo era otra causa importante, ya que muchos operarios no seguían los procedimientos adecuados.

**Materiales:** Hubo escasez de repuestos y problemas con la calidad de los materiales utilizados en el proceso de producción.

**Medio ambiente:** Las condiciones del entorno también influían en la eficiencia de los equipos.

**Medición:** Identifiqué deficiencias en la planificación de la producción que impactaban directamente en la eficiencia de los equipos.

**Figura 8**  
*Diagrama de Ishikawa desarrollado*



Fuente: elaboración propia

En la **tabla 1** este Diagrama de Pareto se basa en la ley del 80/20, que nos indica que el 80% de los problemas provienen del 20% de las causas. En este caso, el 80% de las fallas pueden ser explicadas por las 8 primeras causas, las cuales están relacionadas principalmente con aspectos de mantenimiento preventivo, capacitación y condiciones operativas.

Para llegar a este diagrama, seguí los siguientes pasos:

**Recopilación de Datos:** Durante la trayectoria en PRODAC, se percató que uno de los mayores desafíos era la baja disponibilidad de equipos, especialmente en el área de Split. Esta área presentaba indicadores bajos, lo que me motivó a estudiar y registrar las incidencias relacionadas con las fallas de las máquinas.

**Identificación de Causas:** A partir de las incidencias reportadas, se fue identificando y catalogando las principales causas de las fallas. Usé mi experiencia en planificación de mantenimiento para generar una lista detallada de las causas recurrentes en el proceso.

**Asignación de Porcentajes:** Posteriormente, se asignó un porcentaje de ocurrencia a cada causa, basándome en la cantidad de incidencias reportadas. Las causas principales fueron aquellas con mayor frecuencia, como problemas eléctricos, obsolescencia tecnológica y falta de mantenimiento preventivo.

**Construcción del Diagrama de Pareto:** Al construir el diagrama, se ordenó las causas de mayor a menor en función del número de incidencias. Esto permitió visualizar rápidamente que las primeras causas, las cuales suman alrededor del 80% de las fallas, eran las que requerían mayor atención.

**Identificación de Prioridades:** A partir de la distribución y análisis, se estableció que las primeras 8 causas eran las principales responsables de las fallas. De estas, 7 causas fueron abordadas con la implementación de TPM (Mantenimiento Productivo Total). Este

enfoque ayudó a resolver muchas de las causas, como la falta de mantenimiento preventivo y errores de configuración, mejorando significativamente la disponibilidad de los equipos.

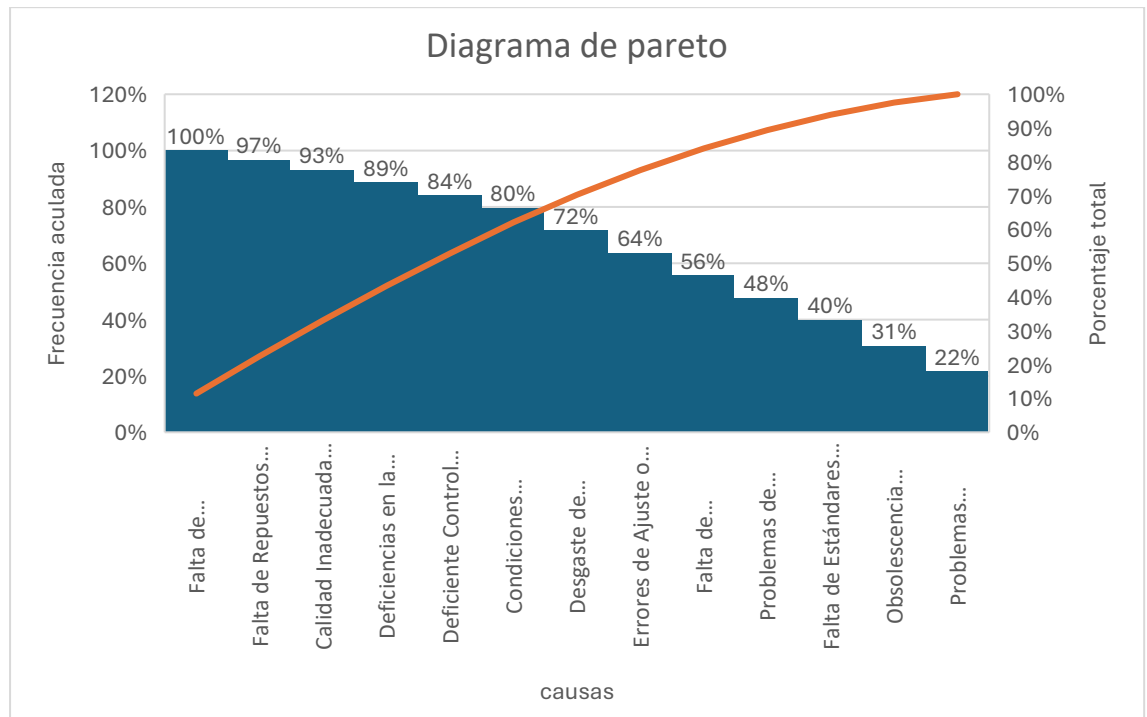
Evaluación de Resultados: La implementación de estas acciones de mantenimiento preventivo logró una mejora en la disponibilidad de los equipos, además de generar beneficios económicos al reducir los costos operativos asociados con paradas no programadas.

**Tabla 1**  
*Diagrama de Pareto*

Ítem	Causa de las fallas	N.º de incidencias	Acumulado	% del total
1	Problemas Eléctricos o Deficiencias en el Sistema Eléctrico	19	19	22%
2	Obsolescencia Tecnológica de los Equipos	8	27	31%
3	Falta de Estándares Operativos Claros	8	35	40%
4	Problemas de Lubricación Inadecuada	7	42	48%
5	Falta de Mantenimiento Preventivo Regular	7	49	56%
6	Errores de Ajuste o Configuración de las Máquinas	7	56	64%
7	Desgaste de Componentes Críticos	7	63	72%
8	Condiciones Ambientales Inadecuadas	7	70	80%
9	Deficiente Control de Calidad en el Proceso de Producción	4	74	84%
10	Deficiencias en la Planificación de la Producción	4	78	89%
11	Calidad Inadecuada de Materiales de Entrada	4	82	93%
12	Falta de Repuestos o Piezas de Reemplazo	3	85	97%
13	Falta de Capacitación del Personal Operativo	3	88	100%

Fuente: elaboración propia

**Figura 9**  
*Grafica de Pareto*



En base a la experiencia en la empresa metalmeccánica. A lo largo de este proceso, se logró identificar y solucionar los problemas de disponibilidad de los equipos y mejorar la eficiencia de la planta. Aquí te dejo un relato detallado de cada fase:

### Planificar (P)

Al principio, como parte de la planificación, nos enfrentábamos a un escenario en el que la disponibilidad de los equipos era bastante baja, especialmente en el área de Split, que era clave para la producción. Sabíamos que teníamos que cambiar radicalmente la forma en que operábamos, y para eso, se necesitaba hacer un diagnóstico detallado de los problemas.

El primer paso fue recopilar datos. Reunimos información de los registros de mantenimiento, fallas y paradas de los equipos. Hablé con los técnicos y operarios para entender cuáles eran las causas de las fallas recurrentes. Este análisis me permitió identificar que los problemas no solo eran mecánicos, sino también operativos y relacionados con la falta de mantenimiento preventivo. A través de un análisis de causas

raíz, pudimos categorizar los problemas en diferentes áreas:

**Métodos:** La falta de mantenimiento preventivo y la ausencia de estándares operativos claros eran las principales causas.

**Maquinaria:** Desgaste de componentes, problemas eléctricos y obsolescencia tecnológica de los equipos.

**Mano de obra:** Falta de capacitación en los operadores y técnicos.

**Materiales:** Escasez de repuestos y materiales de baja calidad.

**Medio ambiente:** Condiciones ambientales inadecuadas afectaban el rendimiento de los equipos.

**Medición:** Deficiencias en la planificación de la producción generaban problemas adicionales.

Con esta información, establecimos un plan de acción que se enfocaba en mejorar el mantenimiento preventivo, capacitar al personal y mejorar la gestión de repuestos. La meta principal era mejorar la disponibilidad de los equipos al 70%, reducir el tiempo de inactividad no programado y mejorar la productividad.

Hacer (H)

El siguiente paso fue la ejecución de todo lo planeado. Implementamos de inmediato las estrategias definidas en la fase de planificación. Como líder de este proceso, me encargué de coordinar cada una de las acciones. Las principales actividades fueron las siguientes:

**Implementación de mantenimiento preventivo:** Establecimos un programa de mantenimiento preventivo regular para las máquinas más críticas. Comenzamos a seguir un cronograma de inspecciones y a realizar ajustes antes de que ocurrieran fallas.

**Capacitación del personal:** Sabíamos que los operarios necesitaban estar mejor preparados para manejar las máquinas. Se organizaron sesiones de capacitación en

máquinas se soldar como se muestra en la **Figura 10** sobre los procedimientos de operación y mantenimiento preventivo así mismo como en la **Figura 11** se realizaron capacitaciones de la prensa excéntrica. Esto fue fundamental para asegurar que las máquinas se utilizaran de la mejor manera.

**Figura 10**

*Capacitación en máquinas de soldar*



**Figura 11**

*Capacitación de prensa excéntrica*



Mejoras en la gestión de repuestos: Implementamos un sistema de gestión de inventarios de repuestos para asegurarnos de que tuviéramos las piezas necesarias a tiempo. Esto evitaba paradas inesperadas por falta de repuestos.

Estandarización de procesos: Establecimos procedimientos operativos estándar

(SOP) para asegurar que todos los técnicos y operarios siguieran los mismos pasos, lo que redujo la variabilidad en la operación.

#### Verificar (V)

Una vez que comenzamos a implementar las acciones, teníamos que verificar que estábamos obteniendo los resultados esperados. Para ello, establecimos indicadores como mantenibilidad y disponibilidad, que nos permitieron monitorear los efectos de las acciones implementadas. Algunos de los indicadores clave fueron:

**MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas):** Para medir cuánto tiempo pasaba entre cada falla en los equipos.

**MTTR (Tiempo Medio de Reparación):** Para medir el tiempo necesario para reparar los equipos cuando se presentaba una falla.

**Disponibilidad de equipos:** Seguimos de cerca la mejora en la disponibilidad operativa de los equipos.

Cada mes, como se muestra en la **Figura 12** realizamos reuniones y revisábamos los registros de mantenimiento, los reportes de fallas y los resultados de los indicadores para verificar si estábamos avanzando hacia nuestras metas. Además, realizamos reuniones con el equipo para discutir los avances, identificar problemas y hacer ajustes en tiempo real.

**Figura 12**  
*Reunión equipo de trabajo*



Fuente: tomado por la empresa

Actuar (A)

Finalmente, la fase de actuar implicó tomar decisiones basadas en los resultados obtenidos y estandarizar las mejoras. Después de un par de meses de implementación, los resultados fueron claros: la disponibilidad de los equipos había mejorado significativamente, y los costos de mantenimiento se redujeron, lo que generó beneficios económicos para la empresa.

Con base en los resultados obtenidos, decidimos:

Ajustar los procedimientos de mantenimiento y operación donde fuera necesario, para abordar cualquier problema no resuelto.

Estandarizar los cambios exitosos a nivel de toda la planta. Los procesos de mantenimiento preventivo y las metodologías implementadas fueron integrados en la operación diaria como parte de nuestra estrategia de gestión de mantenimiento.

Ciclo continuo: Decidimos que este proceso no debía detenerse. La mejora continua debía ser parte del ADN de la empresa, por lo que el ciclo PHVA se repitió periódicamente, manteniendo el compromiso con la mejora continua.

### **3.2.2 Descripción de la experiencia de determinar la influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica.**

La implementación del mantenimiento preventivo (TPM) en PRODAC comenzó en el año 2024 cuando asumí el rol de planificador de mantenimiento. Sabía que la empresa enfrentaba serias dificultades con la disponibilidad de los equipos, especialmente en áreas clave como Split, que tenía indicadores bajos de disponibilidad y productividad. Había una urgente necesidad de transformar cómo operábamos en términos de mantenimiento.

#### **Paso 1: Diagnóstico Inicial y Recolección de Datos**

En la **tabla 2** se visualiza el cronograma de actividades programadas. Se realizó un análisis del área de producción, especialmente de la Planchuela-Split, para identificar las causas de las fallas en los equipos. Se detectó la falta de mantenimiento preventivo y la dependencia de intervenciones reactivas. A partir de estos hallazgos, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos, estableciendo un cronograma de inspecciones regulares según las especificaciones del fabricante. Finalmente se realizó en la **tabla 3** GANT de actividades para llevar el control de cumplimiento de actividades.

Objetivo: El primer paso fue entender la situación inicial del área de producción, especialmente de la Planchuela-Split, para identificar las causas raíz que afectaban la disponibilidad de los equipos y la eficiencia operativa.

Acción Realizada:

Análisis de los registros históricos de mantenimiento de la planta. Me di cuenta que había una falta de mantenimiento preventivo documentado, y la mayoría de las intervenciones se realizaban de manera reactiva (es decir, solo cuando ya ocurrían fallas

graves).

Se reviso el tiempo de inactividad de las máquinas y se observó que muchas paradas eran inesperadas, lo que afectaba gravemente la disponibilidad de los equipos.

Se converso con el personal operativo y los técnicos sobre sus experiencias previas y las dificultades que encontraban al operar los equipos en el área de Planchuelas-Split.

Resultado Esperado: Con estos datos se pudo identificar las áreas de mejora y definir que el mantenimiento preventivo era crucial para aumentar la disponibilidad de los equipos.

**Paso 2: Planificación del Mantenimiento Preventivo (TPM)**

Objetivo: Establecer un plan detallado para implementar un sistema de mantenimiento preventivo que mejorara la disponibilidad de los equipos de la planta.

**Acción Realizada:**

Se desarrollo un plan de mantenimiento preventivo centrado en el área crítica de Planchuelas-Split. Esto incluyó un cronograma de inspecciones regulares para todas las máquinas críticas de la planta.

Se utilizo las especificaciones del fabricante y con la experiencia en la planta para definir las frecuencias de inspección necesarias. Algunas máquinas necesitaban inspecciones diarias o semanales mientras otras inspecciones mensuales.

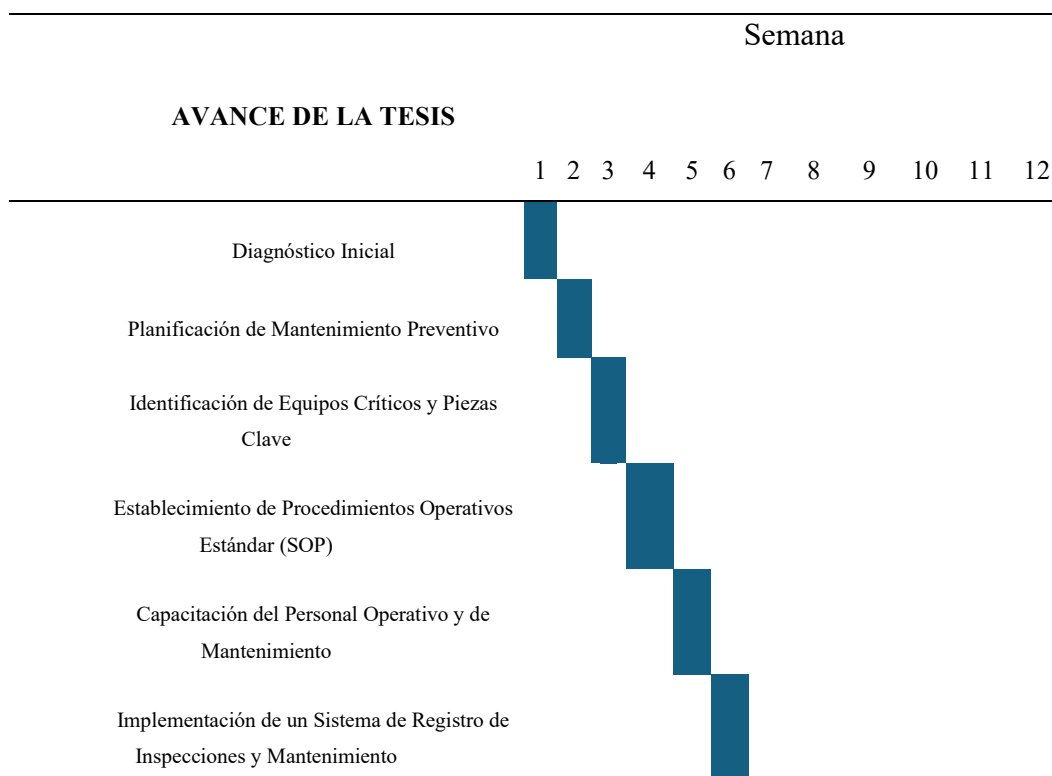
Resultados Esperados: El objetivo fue reducir el número de fallas inesperadas al realizar inspecciones programadas que ayudaran a detectar problemas potenciales antes de que ocurrieran, mejorando así la disponibilidad de los equipos.

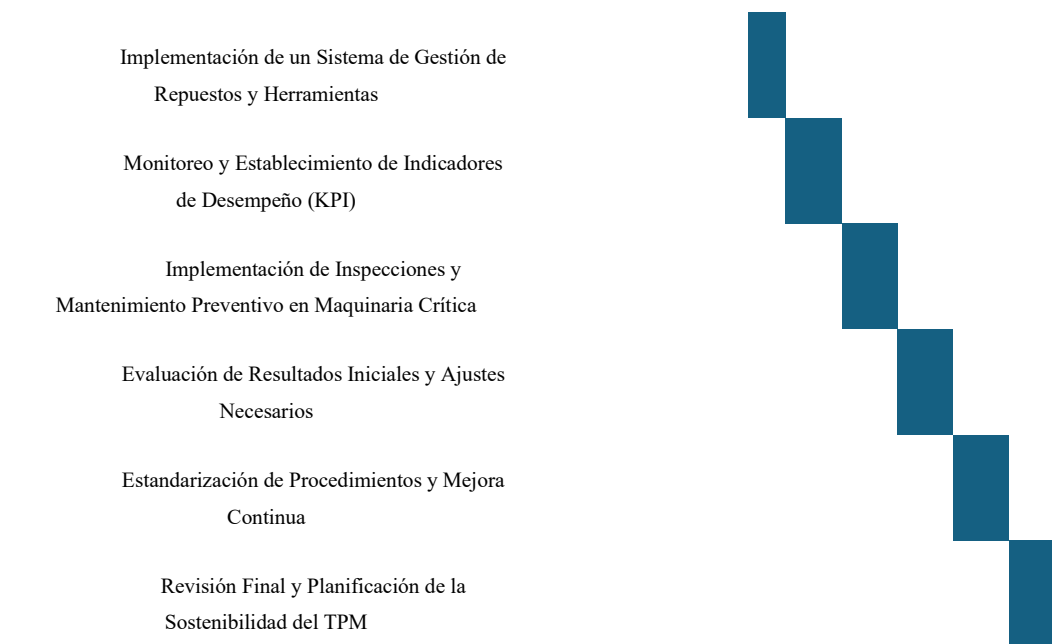
**Tabla 2**  
*Cronograma de actividades*

Semana	Actividad	Descripción Detallada
--------	-----------	-----------------------

<b>Semana 1</b>	Diagnóstico Inicial	Recolección de datos sobre fallas y paradas, revisión de registros históricos, entrevistas con operarios y técnicos. Definición de áreas críticas y principales causas.
<b>Semana 2</b>	Planificación de Mantenimiento Preventivo	Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo. Definición de frecuencia de inspecciones, tareas a realizar y asignación de responsabilidades para cada máquina.
<b>Semana 3</b>	Identificación de Equipos Críticos y Piezas Clave	Identificación de los equipos más críticos y las piezas clave que requieren mantenimiento frecuente o reemplazo.
<b>Semana 4</b>	Establecimiento de Procedimientos Operativos Estándar (SOP)	Creación de procedimientos detallados de inspección y mantenimiento preventivo para cada equipo, incluyendo las actividades a realizar, frecuencia, y responsables.
<b>Semana 5</b>	Capacitación del Personal Operativo y de Mantenimiento	Entrenamiento a operarios y técnicos sobre el TPM, las tareas de inspección y la importancia de seguir los SOP establecidos.
<b>Semana 6</b>	Implementación de un Sistema de Registro de Inspecciones y Mantenimiento	Establecimiento de un sistema digital o físico para registrar todas las inspecciones, incidencias y acciones correctivas realizadas.
<b>Semana 7</b>	Implementación de un Sistema de Gestión de Repuestos y Herramientas	Creación de un inventario de repuestos críticos y aseguramiento de su disponibilidad en el almacén para evitar paradas por falta de piezas.
<b>Semana 8</b>	Monitoreo y Establecimiento de Indicadores de Desempeño (KPI)	Definición y monitoreo de KPIs como MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) y MTTR (Tiempo Medio de Reparación) para medir la efectividad del mantenimiento preventivo.
<b>Semana 9</b>	Implementación de Inspecciones y Mantenimiento Preventivo en Maquinaria Crítica	Ejecución de las primeras inspecciones y mantenimiento preventivo conforme al plan y a los procedimientos establecidos.
<b>Semana 10</b>	Evaluación de Resultados Iniciales y Ajustes Necesarios	Revisión de los resultados obtenidos hasta la fecha. Ajustes en el plan de mantenimiento preventivo si es necesario.
<b>Semana 11</b>	Estandarización de Procedimientos y Mejora Continua	Revisión de los procedimientos y su estandarización a nivel de toda la planta. Inicio del ciclo de mejora continua basado en los resultados obtenidos.
<b>Semana 12</b>	Revisión Final y Planificación de la Sostenibilidad del TPM	Evaluación final de la implementación del TPM y planificación de la sostenibilidad a largo plazo, asegurando que el mantenimiento preventivo continúe en la planta.

**Tabla 3**  
*Gantt de actividades*





### Paso 3: Identificación de Equipos Críticos y Piezas Clave

Se identificaron los equipos más críticos de la planta, como prensas excéntricas y soldadoras, y las piezas clave que requerían mantenimiento frecuente, como barras de presión y bombas hidráulicas. Se estableció un inventario de repuestos críticos para reducir tiempos de inactividad. Los resultados esperados eran una mayor operatividad de las máquinas y menos paradas por falta de repuestos. La **Tabla 4** muestra la identificación de equipos críticos y piezas clave.

Objetivo: Identificar los equipos más críticos y las piezas clave que necesitaban un reemplazo o ajuste frecuente para evitar paradas imprevistas en el área de producción.

#### Acción Realizada:

Clasifiqué las máquinas más críticas de la planta, como las prensas excéntricas, conformadoras, soldadoras, entre otras, que impactaban directamente en la producción de planchuelas.

Identifiqué las piezas críticas de cada máquina, como barras de presión, bombas hidráulicas, electrodos de soldadura, etc., que necesitaban un mantenimiento o reemplazo

frecuente.

Establecí un inventario de repuestos críticos para asegurar que las piezas necesarias estuvieran siempre disponibles, lo que ayudaría a reducir los tiempos de inactividad.

Resultados Esperados: Al tener las piezas críticas identificadas y un inventario de repuestos actualizado, se esperaba que las máquinas estuvieran operativas más tiempo y que los tiempos de inactividad por falta de repuestos se redujeran significativamente.

**Tabla 4**  
*Identificación de equipos críticos y piezas clave*

Maquina	Pieza critica	Frecuencia de reemplazo	Acción correctiva	Inventario de repuesto
Prensa excéntrica 1	Barras de presión	Mensual	Reemplazo de barras de presión	Barras de presión de repuesto
Prensa excéntrica 2	Bombas hidráulicas	trimestral	Reemplazo de bombas hidráulicas	Bombas hidráulicas de repuesto
Conformadora 1	Motor principal	anual	Ajuste de motor y calibración	Motores de repuesto
Conformadora 2	Sistema hidráulico	mensual	Reemplazo de piezas hidráulicas y ajustes	Piezas hidráulicas y válvulas de repuesto
Soldadora 1	Electrodos de soldadura	mensual	Reemplazo de electrodos y calibración	Electrodos de soldadura
Soldadora 2	Sistema de control eléctrico	trimestral	Ajuste y reparación de sistema eléctrico	Componentes eléctricos y cables
Soldadora 3	Pistones hidráulicos	trimestral cada 200 ciclos	Limpieza y revisión de pistones hidráulicos	Pistones hidráulicos

#### Paso 4: Implementación de Procedimientos Operativos Estándar (SOP)

Objetivo: Establecer procedimientos estandarizados para las inspecciones y el mantenimiento de los equipos, asegurando que todas las intervenciones fueran consistentes y eficientes.

Acción Realizada:

En la **tabla 5** se aprecian los procedimientos operativos estándar (SOP) para cada tipo de mantenimiento: inspección, limpieza, ajuste y reemplazo de piezas. Esto permitió que todos los técnicos y operarios siguieran un protocolo común.

Se desarrollo listas de verificación para cada equipo, detallando los pasos a seguir en cada inspección. Estas listas aseguraron que no se pasaran por alto elementos

importantes durante el mantenimiento preventivo.

**Tabla 5**  
*Procedimientos operativos Estándar (SOP)*

Maquina	Procedimiento de inspección	Frecuencia de inspección	Procedimiento	Responsable
Prensa excéntrica 1	Revisión diaria de componentes mecánicos, hidráulicos y eléctricos. Comprobación de presión.	Diaria	Reemplazo de piezas desgastadas. Ajustes de presión.	Operario de Mantenimiento
Prensa excéntrica 2	Inspección semanal del sistema hidráulico, revisión de motor y ajustes generales.	semanal	Reemplazo de mangueras, reparación de válvulas hidráulicas y ajustes del motor.	Técnico Hidráulico
Conformadora 1	Inspección mensual de sistema de refrigeración, verificación de presión y temperatura.	mensual	Sustitución del sistema de refrigeración, limpieza y verificación de la bomba.	Operario de Mantenimiento
Conformadora 2	Revisión semanal de componentes mecánicos y ajustes de presión.	semanal	Ajustes de válvula, cambio de aceite y revisión de los componentes mecánicos.	Técnico Mecánico
Soldadora 1	Inspección de electrodos, verificación de soldadura, y ajuste de sistema de calor.	diaria	Reemplazo de electrodos, calibración de la máquina de soldadura.	Operario de Soldadura
Soldadora 2	Revisión de presión, temperatura y verificación de las uniones soldadas.	diaria	Ajuste de parámetros de temperatura, reparación de sistema eléctrico.	Técnico Eléctrico
Soldadora 3	Chequeo de sistema hidráulico y limpieza de pistones cada 200 ciclos de soldadura.	cada 200 ciclos	Limpieza de pistones y revisión de la bomba hidráulica.	Operario de Soldadura

Resultados Esperados: Los SOP aseguraron que todas las máquinas se inspeccionaran de manera consistente y que no se olvidaran detalles importantes. Esto ayudó a mejorar la calidad del mantenimiento y redujo el margen de error.

#### Paso 5: Capacitación del Personal Operativo

Objetivo: Capacitar al personal operativo y de mantenimiento para asegurar que las inspecciones y el mantenimiento preventivo se realizaran de acuerdo con los nuevos procedimientos establecidos.

**Figura 13**  
*Capacitación en mantenimiento preventivo*



**Acción Realizada:**

Se realizaron sesiones de capacitación continua para los operarios y técnicos de mantenimiento. El enfoque fue educarlos sobre la importancia del TPM, cómo realizar inspecciones efectivas y cómo detectar fallas a tiempo.

Se les explicó cómo usar los indicadores de rendimiento (KPIs), como el MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) y el MTTR (Tiempo Medio de Reparación), para monitorear la efectividad del mantenimiento preventivo.

Resultados Esperados: Con la capacitación, los operarios y técnicos se convirtieron en actores clave del mantenimiento autónomo, lo que permitió que más personas en la planta se involucraran en la mejora de la disponibilidad de los equipos.

**Tabla 6**  
*Actividades de mantenimiento preventivo*

Máquina	Actividad de Mantenimiento Correctivo	Descripción Detallada	Duración Aproximada	Resultado Esperado
<b>Prensa Excéntrica 1</b>	Reemplazo de barriles de presión	Los barriles de presión estaban desgastados, lo que afectaba la presión en las piezas moldeadas. Se reemplazaron por piezas nuevas.	4 horas	Mejora en la presión de la máquina.
<b>Prensa Excéntrica 2</b>	Reparación de sistema hidráulico	Se detectó una fuga en el sistema hidráulico que causaba caída de presión. Se repararon las válvulas y mangueras afectadas.	6 horas	Aumento en la eficiencia del sistema hidráulico.

<b>Conformadora 1</b>	Ajuste de motor principal	El motor no estaba funcionando de manera óptima debido a fallos en los componentes eléctricos. Se realizó un ajuste y calibración.	5 horas	Mejor rendimiento del motor, mayor velocidad de producción.
<b>Conformadora 2</b>	Sustitución de sistema de refrigeración	El sistema de refrigeración no funcionaba correctamente, lo que elevaba las temperaturas de la máquina. Se sustituyó el sistema completo.	8 horas	Mejor control de temperatura y rendimiento continuo.
<b>Soldadora 1</b>	Reemplazo de electrodos de soldadura	Los electrodos de soldadura estaban desgastados, lo que generaba defectos en las soldaduras. Se reemplazaron por electrodos nuevos de alta calidad.	3 horas	Mejor calidad de las soldaduras.
<b>Soldadora 2</b>	Reparación de sistema de encendido y control de temperatura	El sistema de control de temperatura no funcionaba correctamente, lo que afectaba la calidad de las uniones. Se reparó el sistema eléctrico.	5 horas	Estabilidad en el control de la temperatura.
<b>Soldadora 3</b>	Limpieza y mantenimiento de los pistones de la máquina	Se realizó una limpieza profunda de los pistones que causaban el mal funcionamiento de la máquina. Se verificó el sistema hidráulico.	4 horas	Mayor efectividad en el funcionamiento del sistema hidráulico.

## Paso 6: Monitoreo y Evaluación de Indicadores (KPI)

Objetivo: Monitorear los resultados del mantenimiento preventivo a través de indicadores clave de rendimiento (KPIs) como MTBF y MTTR, para verificar si la implementación del TPM está teniendo un impacto positivo en la disponibilidad de los equipos.

### Acción Realizada:

Comencé a monitorear el MTBF y el MTTR para cada máquina en la planta. Estos indicadores me permitieron ver cómo el mantenimiento preventivo estaba afectando la disponibilidad de las máquinas.

Analicé las tendencias de los indicadores durante varios meses para ver si había una reducción en las fallas y una mejora en los tiempos de reparación.

Resultados Esperados: La meta era aumentar el MTBF, lo que indicaba que los equipos no fallaban con tanta frecuencia, y reducir el MTTR, lo que significaba que las reparaciones se realizaban de manera más rápida y eficiente.

**Tabla 7**  
*Monitoreo y evaluación de indicadores*

Maquina	Indicador	Resultado esperado	Acción realizada
Prensa excéntrica 1	MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas)	Aumentar el MTBF, mostrando menos fallas	Monitoreo constante y mantenimiento preventivo programado
Prensa excéntrica 2	MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas)	Aumentar el MTBF, mostrando menos fallas	Monitoreo constante y mantenimiento preventivo programado
Conformadora 1	MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas)	Aumentar el MTBF, mostrando menos fallas	Monitoreo constante y mantenimiento preventivo programado
Conformadora 2	MTTR (Tiempo Medio de Reparación)	Reducir el MTTR, mejorando la eficiencia de las reparaciones	Monitoreo constante y entrenamiento del personal de mantenimiento
Soldadora 1	MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas)	Aumentar el MTBF, mostrando menos fallas	Monitoreo constante y mantenimiento preventivo programado
Soldadora 2	MTTR (Tiempo Medio de Reparación)	Reducir el MTTR, mejorando la eficiencia de las reparaciones	Monitoreo constante y entrenamiento del personal de mantenimiento
Soldadora 3	MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas)	Aumentar el MTBF, mostrando menos fallas	Monitoreo constante y mantenimiento preventivo programado

En la **Tabla 8**, se observa la evolución de las métricas clave de desempeño durante un período de 25 semanas. El Índice de Mantenibilidad fluctúa entre valores de 24.00 y 96.00, con un promedio de 52.14. Este índice mide la facilidad con la que se pueden realizar actividades de mantenimiento, y en este caso, un valor elevado refleja una buena accesibilidad para realizar reparaciones y ajustes. El Índice de Confiabilidad, que oscila entre 168.00 y 1008.00, tiene un promedio de 353.47, lo que indica que la fiabilidad de los equipos en términos de no fallar es relativamente alta. Finalmente, el Índice de Disponibilidad muestra variabilidad entre 0.76 y 0.95, con un promedio de 0.86, lo que implica que, en general, los equipos estuvieron disponibles el 86% del tiempo durante el período analizado. Este dato sugiere que la disponibilidad de los equipos es adecuada, pero podría mejorar con la optimización del mantenimiento preventivo.

**Tabla 8**  
*Indicadores antes de implementación*

Semanas	Hrs operación	Fallas	Tiempo Total de mantenimiento	Índice de Mantenibilidad	Índice de Confiabilidad	Disponibilidad
Semana 01	1008	6	204	34.00	168.00	0.83
Semana 02	1008	2	156	78.00	504.00	0.87
Semana 03	1008	4	144	36.00	252.00	0.88
Semana 04	1008	4	96	24.00	252.00	0.91
Semana 05	1008	1	96	96.00	1008.00	0.91
Semana 06	1008	4	180	45.00	252.00	0.85
Semana 07	1008	5	192	38.40	201.60	0.84
Semana 08	1008	4	120	30.00	252.00	0.89
Semana 09	1008	4	216	54.00	252.00	0.82

Semana 10	1008	3	240	80.00	336.00	0.81
Semana 11	1008	2	120	60.00	504.00	0.89
Semana 12	1008	1	48	48.00	1008.00	0.95
Semana 13	1008	4	192	48.00	252.00	0.84
Semana 14	1008	6	300	50.00	168.00	0.77
Semana 15	1008	5	312	62.40	201.60	0.76
Semana 16	1008	3	216	72.00	336.00	0.82
Semana 17	1008	3	108	36.00	336.00	0.90
Semana 18	1008	4	180	45.00	252.00	0.85
Semana 19	1008	4	204	51.00	252.00	0.83
Semana 20	1008	3	180	60.00	336.00	0.85
Semana 21	1008	3	132	44.00	336.00	0.88
Semana 22	1008	3	180	60.00	336.00	0.85
Semana 23	1008	2	60	30.00	504.00	0.94
Semana 24	1008	3	192	64.00	336.00	0.84
Semana 25	1008	5	288	57.60	201.60	0.78
	25200	88	4356	52.14	353.47	0.86

En la **Tabla 9**, se observan las métricas clave de desempeño durante un período de 25 semanas. El Índice de Mantenibilidad tiene un promedio de 57.01, lo que indica que, en general, las intervenciones de mantenimiento en los equipos se realizaron de forma moderada, con algunas semanas de mayor tiempo dedicado a la reparación. El Índice de Confiabilidad muestra un promedio de 631.68, lo que sugiere que la fiabilidad de los equipos es relativamente alta, con tiempos de operación prolongados sin fallas importantes. En cuanto al Índice de Disponibilidad, con un promedio de 0.92, los equipos estuvieron disponibles un 92% del tiempo, lo que es un excelente indicador de la efectividad del mantenimiento preventivo implementado, con una reducción significativa de paradas inesperadas. Esto sugiere que las acciones tomadas durante el mantenimiento preventivo han sido bastante eficaces para mantener la maquinaria operativa y confiable a lo largo de las semanas.

**Tabla 9**  
*Indicadores después de implementación*

Semanas	Hrs operación	Fallas	Tiempo Total de mantenimiento	Índice de Mantenibilidad	Índice de Confiabilidad	Disponibilidad
---------	---------------	--------	-------------------------------	--------------------------	-------------------------	----------------

Semana 01	1008	2	97	48.50	504.00	0.91
Semana 02	1008	2	101	50.50	504.00	0.91
Semana 03	1008	3	101	33.67	336.00	0.91
Semana 04	1008	1	68	68.00	1008.00	0.94
Semana 05	1008	1	105	105.00	1008.00	0.91
Semana 06	1008	2	62	31.00	504.00	0.94
Semana 07	1008	1	104	104.00	1008.00	0.91
Semana 08	1008	2	101	50.50	504.00	0.91
Semana 09	1008	2	69	34.50	504.00	0.94
Semana 10	1008	2	113	56.50	504.00	0.90
Semana 11	1008	1	97	97.00	1008.00	0.91
Semana 12	1008	3	96	32.00	336.00	0.91
Semana 13	1008	2	90	45.00	504.00	0.92
Semana 14	1008	1	103	103.00	1008.00	0.91
Semana 15	1008	1	103	103.00	1008.00	0.91
Semana 16	1008	1	60	60.00	1008.00	0.94
Semana 17	1008	2	100	50.00	504.00	0.91
Semana 18	1008	2	77	38.50	504.00	0.93
Semana 19	1008	3	119	39.67	336.00	0.89
Semana 20	1008	2	85	42.50	504.00	0.92
Semana 21	1008	2	102	51.00	504.00	0.91
Semana 22	1008	3	75	25.00	336.00	0.93
Semana 23	1008	2	82	41.00	504.00	0.92
Semana 24	1008	1	77	77.00	1008.00	0.93
Semana 25	1008	3	115	38.33	336.00	0.90
	25200	47	2302	57.01	631.68	0.92

#### Análisis Comparativo:

#### Mejora en la Disponibilidad:

Comparando ambos conjuntos de datos, se observa una mejora en el índice de disponibilidad, de 0.86 en la primera tabla a 0.92 en la segunda. Esta mejora sugiere que el mantenimiento preventivo implementado tuvo un impacto positivo, reduciendo los tiempos de inactividad y aumentando la operatividad de los equipos.

#### Mayor Fiabilidad en la Segunda Tabla:

El índice de confiabilidad también muestra una mejora, con un promedio de 631.68 en la segunda tabla frente a 353.47 en la primera. Esto indica que los equipos

fueron más confiables en el segundo período, lo que probablemente refleja un mejor enfoque de mantenimiento preventivo, con una mayor frecuencia de inspecciones y más piezas de repuesto disponibles.

#### Mejor Mantenibilidad en la Segunda Tabla:

El índice de mantenibilidad en la segunda tabla es también superior (57.01 frente a 52.14), lo que indica que los equipos fueron más fáciles de mantener, posiblemente debido a mejores procedimientos operativos estándar (SOP) y a la capacitación del personal para realizar tareas preventivas de forma más eficiente.

#### Paso 7: Evaluación de Resultados y Ajustes

Objetivo: Evaluar si las acciones implementadas estaban logrando los objetivos de mejorar la disponibilidad de los equipos y ajustar el plan de mantenimiento preventivo en base a los resultados obtenidos.

#### Acción Realizada:

Después de algunos meses de implementación, revisé los resultados de los KPIs y comparé los valores de disponibilidad de los equipos con los niveles previos a la implementación del TPM.

Ajusté el cronograma de mantenimiento según los resultados obtenidos. Algunas máquinas necesitaron más inspecciones de las que inicialmente habíamos planeado, mientras que otras se beneficiaron de ajustes más pequeños.

Resultados Esperados: Con esta evaluación, se logró un ciclo de mejora continua, ajustando el mantenimiento preventivo según las necesidades reales de los equipos.

#### Paso 8: Estandarización y Mejora Continua

Objetivo: Estandarizar el proceso de mantenimiento preventivo en toda la planta y continuar con la mejora continua para asegurar que la disponibilidad de los equipos siga siendo alta.

#### Acción Realizada:

Una vez que las estrategias de mantenimiento preventivo dieron resultados positivos en el área de Planchuelas-Split, extendí las mismas prácticas a otras áreas de la planta.

Establecí un proceso de mejora continua basado en el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) para seguir evaluando y mejorando los procedimientos a lo largo del tiempo.

Resultados Esperados: La estandarización permitió que el mantenimiento preventivo fuera más eficiente en toda la planta, y el enfoque de mejora continua aseguró que la disponibilidad de los equipos no solo mejorara, sino que se mantuviera alta a largo plazo.

#### **3.2.3 Descripción de la experiencia de estimar el beneficio económico que se obtuvo de la implementación del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica.**

El flujo de caja muestra una gestión financiera sólida y constante a lo largo del año, con ingresos mensuales estables que oscilan entre S/ 2,373,537 y S/ 2,745,206, lo que indica una buena generación de ingresos para la empresa. A pesar de los gastos operativos y financieros, que varían entre S/ 1,459,858 y S/ 1,678,903, la empresa logra mantener un flujo neto positivo cada mes, con una utilidad bruta saludable que contribuye a generar un flujo financiero que oscila entre S/ 1,679,433 y S/ 2,390,746. Los gastos financieros (alrededor del 5% de los ingresos) y los gastos administrativos (aproximadamente el 10% de los ingresos) reflejan una dependencia del financiamiento externo y costos operativos controlados. Aunque los resultados son positivos, se observa que la optimización de los gastos financieros y administrativos podría mejorar aún más la liquidez y permitir a la empresa aprovechar mejor sus recursos. En general, la empresa

se encuentra en una situación financiera favorable, con una disponibilidad constante de flujo de efectivo que le permite seguir operando de manera estable y cubrir sus obligaciones.

**Tabla 10**  
*Flujo de caja*

Mes	Inversión inicial	Ingresos Mensuales (S/.)	Egresos (S/.)	Utilidad Bruta (S/.)	Impuestos (S/.)	Flujo Neto (S/.)	Gastos Financieros (S/.)	Gastos Administrativos (S/.)	Flujo Financiero (S/.)
Inicio de año	1,832,409		1,832,409						
Enero		2,535,410	1,586,362	2,410,103	80,924	1,889,179	126,770	253,541	1,832,409
Febrero		2,373,537	1,459,858	2,285,101	67,882	1,817,219	118,677	237,354	1,679,433
Marzo		2,745,206	1,588,911	2,595,970	132,799	2,463,171	137,260	274,521	2,325,911
Abril		2,563,177	1,526,047	2,494,266	129,902	2,364,364	128,160	256,318	2,236,204
Mayo		2,723,741	1,654,285	2,593,512	132,581	2,460,931	136,187	272,374	2,222,630
Junio		2,423,587	1,526,413	2,366,245	95,467	2,270,778	121,179	242,358	2,148,760
Julio		2,713,775	1,638,245	2,635,676	109,241	2,526,434	135,688	271,378	2,390,746
Agosto		2,657,699	1,678,903	2,580,874	111,329	2,469,544	132,885	265,770	2,336,660
Septiembre		2,461,878	1,591,022	2,406,143	123,215	2,282,928	123,094	246,188	2,136,435
Octubre		2,654,272	1,653,597	2,572,815	107,839	2,464,975	132,713	265,427	2,329,515
Noviembre		2,483,853	1,503,563	2,412,572	88,441	2,324,131	124,174	248,385	2,175,778
Diciembre		2,466,453	1,498,979	2,432,302	109,987	2,322,315	123,323	246,645	2,175,844

**Ecuación 10**  
*Formula del Cok*

$$Cok = \frac{\text{Flujo financiero}}{\text{Ingreso Mensuales}}$$

Calculamos el Cok de cada mes y luego lo promediamos para obtener el cok final.

Para enero:

$$Cok = \frac{1,832.409}{2,535.410} = 0.722727$$

Para febrero:

$$Cok = \frac{1,81,679\ 433}{2,373\ 537} = 0.707566$$

Para marzo:

$$Cok = \frac{2,325\ 911}{2,745\ 205} = 0.847263$$

Para abril:

$$Cok = \frac{2,236\ 204}{2,563\ 177} = 0.847263$$

Para mayo:

$$Cok = \frac{2,222\ 630}{2,723\ 741} = 0.816021$$

Junio:

$$Cok = \frac{2,148\ 760}{2,423587} = 0.886603$$

Julio:

$$Cok = \frac{2,390\ 746}{2,713.775} = 0.880967$$

Agosto:

$$Cok = \frac{2,336\ 660}{2,657\ 699} = 0.879204$$

Setiembre:

$$Cok = \frac{2,136\ 435}{2,461\ 878} = 0.867807$$

Octubre:

$$Cok = \frac{2,329\ 515}{2,654\ 272} = 0.877647$$

Noviembre:

$$Cok = \frac{2,175\ 778}{2,483\ 853} = 0.875969$$

Diciembre:

$$Cok = \frac{2,175\ 844}{2,466\ 453} = 0.882175$$

Cálculo de Cok total

*Cok total*

$$= \frac{0.7227 + 0.7075 + 0.8472 + 0.8724 + 0.8160 + 0.8866 + 0.8809 + 0.8792 + 0.8678 + 0.8776 + 0.8759 + 0.8821}{12}$$

$$Cok\ total = 0.8430$$

Los resultados de los cálculos son los siguientes:

Para hallar el valor del Van se utiliza:

### **Ecuación 11**

*Formula del Van*

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

F<sub>t</sub>: es el flujo de caja en el periodo t

R: es la tasa de descuento

I<sub>0</sub>: es la inversión inicial

N: es el número de periodos en este caso 12 meses

El VAN se calcula de la siguiente manera, mes por mes:

Enero:

$$VAN1 = \frac{1,832\ 409}{(1 + 0.00832\ 049)^1} = 1,818\ 726.81$$

Febrero:

$$VAN2 = \frac{1,679\ 433}{(1 + 0.00833)^2} = 1,659\ 820.98$$

Marzo:

$$VAN3 = \frac{2,325\ 911}{(1 + 0.00833)^3} = 2,283\ 246.12$$

Abril:

$$VAN4 = \frac{2,236\ 204}{(1 + 0.00833)^4} = 2,191\ 517.81$$

Mayo:

$$VAN5 = \frac{2,222\ 630}{(1 + 0.00833)^5} = 2,183\ 240.43$$

Junio:

$$VAN6 = \frac{2,148\ 760}{(1 + 0.00833)^6} = 2,121\ 598.74$$

Julio:

$$VAN7 = \frac{2,390\ 746}{(1 + 0.00833)^7} = 2,358\ 848.79$$

Agosto:

$$VAN8 = \frac{2,336\ 660}{(1 + 0.00833)^8} = 2,297\ 493.11$$

Septiembre:

$$VAN9 = \frac{2,136\ 435}{(1 + 0.00833)^9} = 2,107\ 050.73$$

Octubre:

$$VAN10 = \frac{2,329\ 515}{(1 + 0.00833)^{10}} = 2,291\ 360.93$$

Noviembre:

$$VAN11 = \frac{2,175\ 844}{(1 + 0.00833)^{11}} = 2,150\ 384.10$$

Diciembre:

$$VAN12 = \frac{2,175\ 844}{(1 + 0.00833)^{12}} = 2,149\ 937.42$$

Sumando todos los valores:

$$VAN=S/ 24,807\ 280.13$$

Este valor positivo indica que el proyecto o inversión es rentable, ya que el valor presente de los flujos de caja futuros supera la inversión inicial.

Calculando el TIR:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1 + i)^t}$$

Al inicio de año hubo una inversión inicial de S/ 1,832 409 aplicando la

buscamos la tasa  $i$  que hace que el VAN sea igual a cero. Es decir,  
tenemos que resolver la siguiente ecuación:

$$0 = \frac{-1,832\,409}{(1+i)^0} + \frac{1,679\,433}{(1+i)^1} + \frac{2,325\,911}{(1+i)^2} + \dots + \frac{2,175\,844}{(1+i)^{11}}$$

Para hallar el cálculo del TIR usamos la función =tir(rango) y obtenemos  
un resultado de un **TIR** de 107.44%. Este es el valor  $i$  que hace que el van  
sea igual a cero.

### Ecuación 12

*Formula de BC(beneficio costo)*

$$BC = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}}$$

Beneficios(sumar los flujos de caja positivos desde febrero hasta diciembre)

$$\text{Beneficios} = 1,679\,433 + 2,325\,911 + 2,236\,204 + 2,222\,630 + 2,148\,760 + 2,390\,746 + 2,336,660 + 2,136\,435 + 2,329\,515 + 2,175\,778 + 2,175\,844 = 24,814\,517$$

Costos( solo la inversión inicial de enero que es negativa)

$$\text{Costos} = 1,832\,409$$

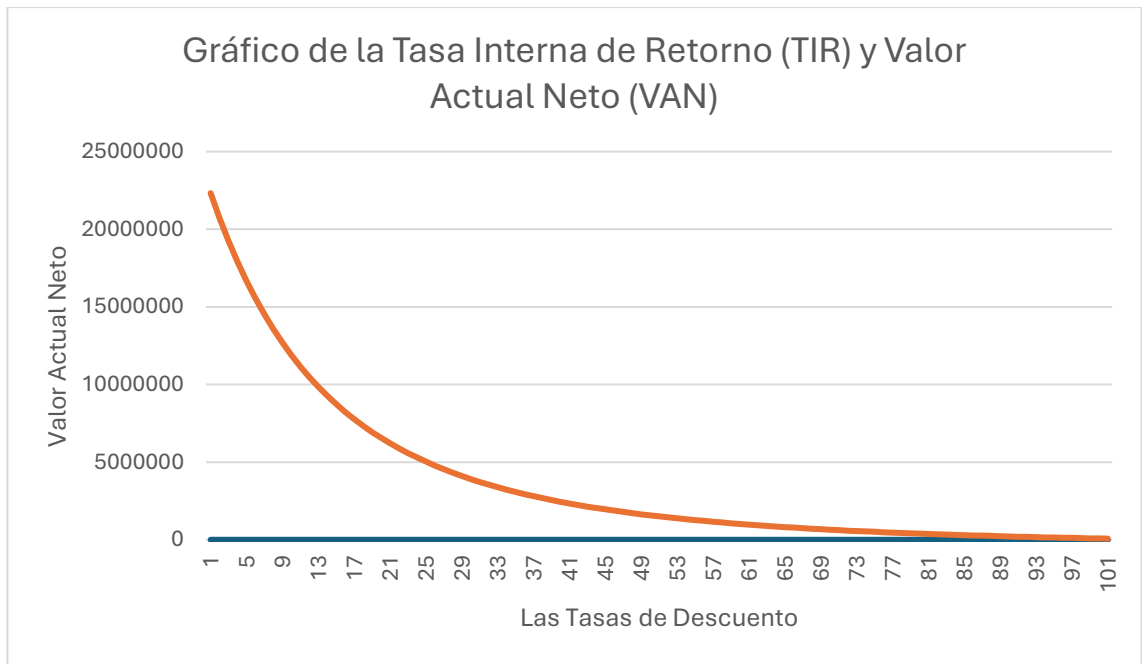
Calculo:

$$BC = \frac{24,814\,517}{1,832\,409}$$

El Índice de Costo-Beneficio (BC) en este caso es 13.18, lo que indica que por  
cada sol invertido, se generan 13.18 soles de beneficios.

### Gráfico 1

*Grafica de TIR y el VAN*



La **gráfica 1** adjunta muestra la relación entre la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) según las tasas de descuento. A medida que la tasa de descuento aumenta, el VAN disminuye de manera considerable. Este comportamiento es típico, ya que el VAN disminuye a medida que se incrementa la tasa de descuento aplicada a los flujos de caja futuros. El punto en el que el VAN es igual a cero (donde la curva se aproxima al eje X) es donde se encuentra la TIR, lo que indica la tasa de descuento que hace que el valor presente de los flujos futuros iguale la inversión inicial. En la gráfica, se puede observar que el VAN sigue una curva decreciente, mientras que la TIR se localiza en una tasa de descuento alrededor del 56%.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultado de Mostrar el diagnóstico de la situación del área de planchuela-split de la empresa metalmecánica.

El Diagrama de Pareto revela que el 80% de las fallas provienen de las primeras 8 causas identificadas, las cuales son las que requieren mayor atención en el proceso de mejora. Estas causas representan un total del 80% del acumulado de incidencias y son: Problemas Eléctricos o Deficiencias en el Sistema Eléctrico (19 incidencias, 22%), Obsolescencia Tecnológica de los Equipos (8 incidencias, 31% acumulado), Falta de Estándares Operativos Claros (8 incidencias, 40% acumulado), Problemas de Lubricación Inadecuada (7 incidencias, 48% acumulado), Falta de Mantenimiento Preventivo Regular (7 incidencias, 56% acumulado), Errores de Ajuste o Configuración de las Máquinas (7 incidencias, 64% acumulado), Desgaste de Componentes Críticos (7 incidencias, 72% acumulado), y Condiciones Ambientales Inadecuadas (7 incidencias, 80% acumulado). Estas causas están principalmente relacionadas con mantenimiento preventivo, capacitación y condiciones operativas, y al ser abordadas mediante la implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM), se logró mejorar significativamente la disponibilidad de los equipos, reduciendo las paradas no programadas y generando beneficios económicos basado en el flujo de caja **tabla 9**.

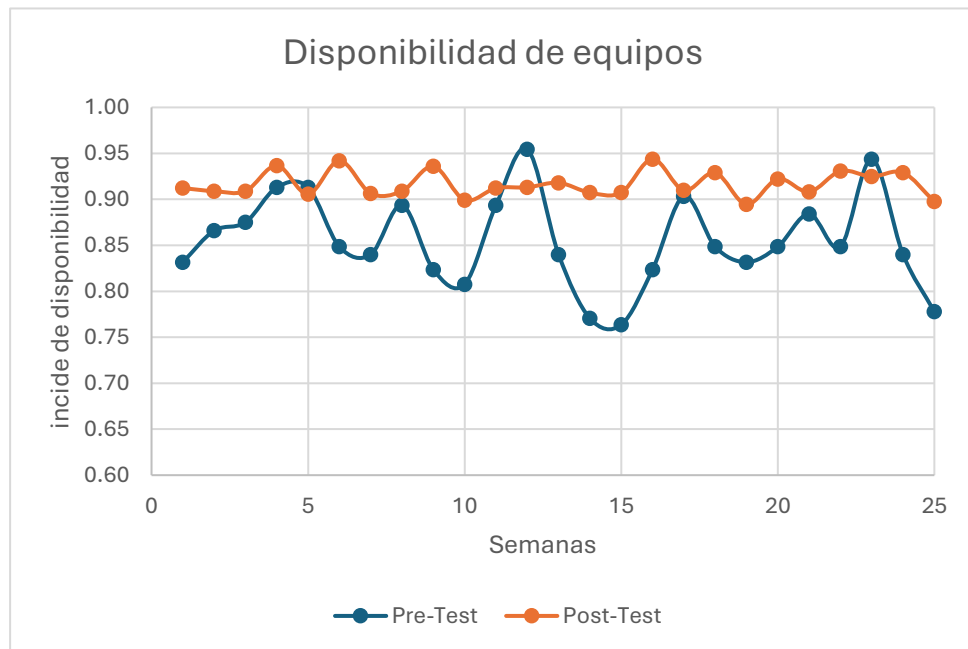
### 4.2 Resultado de Determinar la influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica.

La gráfica muestra que en el Pre-Test en el **anexo 1**, la disponibilidad de los equipos presenta variabilidad, con fluctuaciones que bajan hasta cerca de 0.80, lo que indica ineficiencias en la gestión operativa. Sin embargo, en el Post-Test, la disponibilidad se mantiene más estable y más alta, cerca de 0.95, lo que sugiere que las mejoras implementadas en el mantenimiento preventivo y las condiciones operativas han

tenido un impacto positivo. La comparación entre ambos periodos muestra una mejora significativa en la disponibilidad de los equipos, reflejando el éxito de las intervenciones para optimizar el rendimiento y la confiabilidad operativa a lo largo de las 25 semanas.(6 meses)

Siendo el pre test de mayo de 2023 a octubre 2023 y el post del noviembre de 2023 a abril 2024,

**Gráfico 2**  
*Gráfico de disponibilidad Pre Test vs Post Test*



Fuente: elaboración propia

**4.3 Resultado de Estimar el beneficio económico que se obtuvo de la implementación del TPM en la disponibilidad del área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmeccánica.**

**Resultados del COK:**

El Índice de COK calculado para cada mes y su promedio anual de 0.8430 indican que, en promedio, por cada sol de ingreso mensual, la empresa generó 0.843 soles de flujo

financiero neto, lo que refleja una buena eficiencia en la conversión de ingresos en beneficios. Aunque el COK muestra una alta rentabilidad general, se observan fluctuaciones mensuales, como un pico en junio (0.886603), lo que sugiere que en ese mes la empresa fue más eficiente, mientras que en febrero (0.707566) la eficiencia fue algo menor. A pesar de estas variaciones, el COK promedio positivo como en la **ecuación 6** indica que la empresa ha logrado generar un buen retorno sobre sus ingresos a lo largo del año.

### **Resultados del VAN:**

El VAN según la **ecuación 7** resultó un total de S/ 24,807,280.13 es positivo, lo que indica que el proyecto es rentable, ya que el valor presente de los flujos de caja generados supera el costo inicial de la inversión. Este VAN positivo refleja que, con una tasa de descuento del 10% anual, el proyecto está generando suficiente flujo de caja para cubrir la inversión inicial y generar un valor adicional para la empresa. Cuanto mayor sea el VAN, mayor será la rentabilidad del proyecto, y el valor total de S/ 24,807,280.13 representa el beneficio neto generado por el proyecto, descontado a la tasa de interés aplicada.

### **Resultados del TIR**

El TIR de 107.44% indica que la tasa de retorno anual del proyecto es del 107.44%, lo que significa que, con esta tasa, el valor presente de los flujos de caja futuros es igual a la inversión inicial, es decir, el VAN se hace igual a cero. Este valor de TIR sugiere que el proyecto genera un rendimiento significativamente alto en comparación con el costo de capital, y cualquier tasa de retorno esperada superior al 107.44% resultará en un proyecto rentable. En términos simples, el proyecto ofrece una rentabilidad del

107.44% sobre la inversión inicial según la **ecuación 8**.

### **Resultados del B/C**

El Índice de Costo-Beneficio (BC) según la **ecuación 9** es de 13.18 indica que, por cada sol invertido en el proyecto, se generan 13.18 soles en beneficios. Esto refleja una alta rentabilidad del proyecto, ya que el valor de los beneficios obtenidos supera ampliamente la inversión inicial. Un BC superior a 1 sugiere que el proyecto es financieramente viable, generando más valor del que se invierte, y un BC de 13.18 indica una eficiencia muy alta en la conversión de los costos en beneficios económicos.

### **Interpretación grafica Van-Tir**

La **gráfica 1** muestra cómo el Valor Actual Neto (VAN) disminuye a medida que aumenta la tasa de descuento, lo que refleja que los flujos de caja futuros pierden valor a tasas de descuento más altas. El punto donde el VAN es igual a cero, aproximadamente en una TIR de 10.74%, indica la tasa de retorno en la que el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias. Por debajo de esta tasa, el VAN es positivo, sugiriendo que el proyecto es rentable, mientras que por encima de la TIR, el VAN se vuelve negativo, indicando que el proyecto no es viable. En resumen, la gráfica permite visualizar que el proyecto es rentable solo si la tasa de retorno esperada es mayor que la TIR.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Objetivo General: La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el área de producción de planchuelas-split de la empresa metalmecánica resultó ser altamente eficaz en la mejora de la disponibilidad de maquinaria. Los resultados obtenidos indican que las estrategias aplicadas, como el mantenimiento preventivo y la capacitación del personal, lograron un incremento del 18.4% en la disponibilidad de los equipos. Esto demuestra que el TPM tiene un impacto directo en la optimización de la eficiencia operativa, reduciendo significativamente los tiempos de inactividad y mejorando la productividad global de la planta.

Objetivo Específico 1: El diagnóstico de la situación del área de planchuelas-split permitió identificar diversas fallas recurrentes en la maquinaria, principalmente debido a la falta de mantenimiento preventivo y la obsolescencia de los equipos. Este análisis reveló que el área necesitaba urgentemente un enfoque sistemático y regular para mantener la maquinaria en condiciones óptimas, lo que justificó la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo. El diagnóstico facilitó la planificación de intervenciones más eficientes y una mejor asignación de recursos.

Objetivo Específico 2: La influencia del TPM en la disponibilidad del área de producción fue determinante, ya que permitió reducir los fallos imprevistos y mejorar la operatividad de las máquinas. El análisis realizado, comparando el periodo previo y posterior a la implementación del TPM, mostró una notable mejora en la disponibilidad operativa, lo que valida la efectividad de esta metodología. Además, el TPM contribuyó a una mayor confiabilidad y mantenibilidad de los equipos, aspectos cruciales para asegurar la continuidad de la producción y la minimización de paradas no planificadas.

Objetivo Específico 3: El beneficio económico derivado de la implementación del

TPM en la disponibilidad del área de producción se estimó a través de un análisis del flujo de caja, donde se observó un alto retorno sobre la inversión. La reducción de tiempos de inactividad y la mejora en la productividad generaron ahorros significativos en los costos operativos. El análisis financiero reveló que, por cada sol invertido en el TPM, se generaron beneficios sustanciales, lo que demuestra la rentabilidad de la inversión y la eficacia del mantenimiento preventivo como estrategia para la optimización de recursos en la planta.

### **Recomendaciones**

Se recomienda continuar con la implementación del TPM en otras áreas de producción para optimizar el rendimiento global de la planta y asegurar la continuidad operativa. Este enfoque debe ser expandido, ya que ha demostrado ser efectivo en mejorar la disponibilidad de maquinaria en el área de planchuelas-split.

Es importante fortalecer la cultura de mantenimiento preventivo mediante capacitaciones continuas, integrando este concepto en la rutina diaria de los operadores y técnicos. Esto garantizará que todo el personal valore la importancia del mantenimiento preventivo, contribuyendo a la optimización de la eficiencia operativa a largo plazo.

Se debe establecer diagnósticos periódicos utilizando herramientas como el Diagrama de Pareto y el Diagrama de Ishikawa, permitiendo la identificación oportuna de nuevos problemas y áreas de mejora. Además, es crucial mantener los registros de mantenimiento actualizados y accesibles para todo el personal, lo que facilitará la detección temprana de fallas recurrentes y la implementación de medidas correctivas a tiempo.

Para asegurar que el TPM siga siendo efectivo, se recomienda realizar auditorías regulares de disponibilidad y ampliar el monitoreo de indicadores clave como el MTTR (Tiempo Medio de Reparación) y el MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas), no solo en el

área de producción de planchuelas-split, sino en toda la planta. Esto permitirá mejorar la confiabilidad de los equipos y mantener la eficiencia operativa a nivel global.

Además, es esencial optimizar el flujo de caja a medida que se implementen nuevas estrategias de mantenimiento. Aprovechar los ahorros generados por la mejora en la disponibilidad de los equipos permitirá reinvertir en la empresa, asegurando la sostenibilidad a largo plazo.

Por último, se recomienda expandir la inversión en mantenimiento preventivo, dado el retorno positivo sobre la inversión obtenido con el TPM. Destinar mayores recursos a la mejora continua del mantenimiento preventivo garantizará que las máquinas críticas reciban el respaldo necesario, evitando fallas costosas y consolidando los logros obtenidos. De esta forma, se optimiza tanto la eficiencia operativa como los resultados económicos de la empresa.

## REFERENCIAS

- Buevas Díaz, C. E. (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L.
- Caicedo Barrios, L. A., & Hinojosa Poma, R. E. (2021). Propuesta de implementación de la gestión de mantenimiento basada en el TPM y su impacto en la productividad de la empresa Metalmecánica Maquinarias BFEIRL, Lima–2019.
- Castillo Pineda, L. (2019). El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo.  
<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/c6908a00-bc53-44d5-b402-d0779d159872/content>
- Chen, L., Wang, J., & Yang, W. (2021). A single machine scheduling problem with machine availability constraints and preventive maintenance. *International Journal of Production Research*, 59(9), 2708-2721. Obtenido de:  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2020.1737336>
- Cueva Chomba, R. D. P. (2022). Gestión de mantenimiento y disponibilidad de maquinaria en una empresa contratista, Cajamarca, 2022. Obtenido de:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99540>
- García, O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*. Ediciones De La U. Obtenido de ISBN:9789587620511
- Gaspar Hurtado, E., & Ayala Zeta, J. M. (2021). Implementación del TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Tecnología Fabricación Mantenimiento SAC.
- Ishikawa, K. (1990). *Introducción al control de calidad*. Editorial McGraw-Hill
- Martínez R, L. (2007). *Organización y Planificación De Sistemas de Mantenimiento*.

Caracas: Centro de altos estudios gerenciales.

Montoya, J. L. (2020). Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de la eficiencia en equipos CNC. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22961/1/UPS-GT003900.pdf>

MORTADA, A., & SOULHI, A. (2023). Un modelo de toma de decisiones basado en lógica difusa para apoyar las estrategias de mantenimiento y mejorar la productividad de las líneas de producción y. Revista de tecnología de la información teórica y aplicada, 101 (13). Obtenido de: <https://www.jatit.org/volumes/Vol101No13/22Vol101No13.pdf>

Ortiz Huari, C., Jayo Anampa, J. E., & Espejo Rodriguez, M. J. (2025). Flujo de caja como herramienta financiera en las organizaciones. <https://hdl.handle.net/20.500.13067/3538>

Palomino-Valles, A., Tokumori-Wong, M., Castro-Rangel, P., Raymundo-Ibañez, C. y Domínguez, F. (marzo de 2020). Modelo de gestión de mantenimiento TPM enfocado en la confiabilidad que permite incrementar la disponibilidad de equipos pesados en el sector construcción. En Serie de conferencias IOP: Ciencia e ingeniería de materiales (Vol. 796, No. 1, p. 012008). Publicación PIO.

Sales, M. (2013). Diagrama de Pareto (Vol. 1). Mexico: EALDE Business School.

Salas, E. (2020). Evaluación de proyectos: VAN, TIR y análisis costo-beneficio. Editorial Finanzas.

Segura Mendoza, N. S., & Montoya Gutierrez, J. F. (2023). Implementación de mantenimiento productivo total para mejorar la disponibilidad de máquinas en una empresa metal mecánica, 2023.

Zambrano, E., Prieto, A. T., & Castillo, R. (2015). Indicadores de gestión de  
mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio  
Cabimas. Telos, 17(3), 495-511.

## ANEXOS

### Anexo 1

*Historial de fallas del registro de Fallas de mayo de 2023 a octubre 2023*

Semanas	Prensa excéntrica 1			Prensa excéntrica 2			Conformadora 1			Conformadora 2			Soldadora 1			soldadora 2			Soldadora 3		
	Hrs operación	Fallas	ttm	Hrs operación	Fallas	ttm	Hrs operación	Fallas	ttm	Hrs operación	Fallas	ttm	Hrs operación	Fallas	ttm	Hrs operación	Fallas	ttm	Hrs operación	Fallas	ttm
S 01	144	0	0	144	1	48	144	2	48	144	1	36	144	1	48	144	0	0	144	1	24
S 02	144	0	0	144	1	120	144	0	0	144	0	0	144	1	36	144	0	0	144	0	0
S 03	144	1	36	144	0	0	144	1	48	144	0	0	144	0	0	144	1	24	144	1	36
S 04	144	1	24	144	1	24	144	0	0	144	1	24	144	0	0	144	1	24	144	0	0
S 05	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	1	96	144	0	0
S 06	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	1	36	144	1	48	144	1	48	144	1	48
S 07	144	0	0	144	1	36	144	1	36	144	1	36	144	1	36	144	1	48	144	0	0
S 08	144	1	36	144	1	24	144	1	24	144	0	0	144	1	36	144	0	0	144	0	0
S 09	144	1	96	144	1	48	144	1	24	144	0	0	144	1	48	144	0	0	144	0	0
S 10	144	1	96	144	1	48	144	0	0	144	1	96	144	0	0	144	0	0	144	0	0
S 11	144	0	0	144	1	96	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	1	24	144	0	0
S 12	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	1	48	144	0	0
S 13	144	1	24	144	1	36	144	1	96	144	1	36	144	0	0	144	0	0	144	0	0
S 14	144	1	48	144	1	24	144	1	48	144	1	48	144	0	0	144	1	36	144	1	96
S 15	144	1	24	144	1	48	144	1	96	144	1	96	144	0	0	144	0	0	144	1	48
S 16	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	1	24	144	1	96	144	1	96	144	0	0
S 17	144	1	24	144	0	0	144	0	0	144	1	48	144	1	36	144	0	0	144	0	0
S 18	144	1	24	144	1	96	144	0	0	144	0	0	144	1	24	144	0	0	144	1	36

IMPLEMENTACIÓN DE TPM PARA INCREMENTO DE LA  
DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA DE UNA EMPRESA  
METALMECÁNICA EN EL AREA DE PRODUCCION DE  
PLANCHUELA-SPLIT, LIMA-PERÚ, 2024

S 19	144	0	0	144	0	0	144	1	96	144	1	36	144	1	24	144	1	48	144	0	0
S 20	144	1	48	144	1	36	144	0	0	144	0	0	144	1	96	144	0	0	144	0	0
S 21	144	0	0	144	1	48	144	0	0	144	1	48	144	0	0	144	0	0	144	1	36
S 22	144	1	36	144	1	96	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	1	48
S 23	144	0	0	144	0	0	144	1	36	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	1	24
S 24	144	1	96	144	0	0	144	1	48	144	0	0	144	0	0	144	0	0	144	1	48
S 25	144	0	0	144	0	0	144	1	24	144	1	24	144	1	48	144	1	96	144	1	96

**Anexo 2**  
*Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
TPM	Es un enfoque integral de gestión del mantenimiento que busca maximizar la eficiencia y disponibilidad de los equipos y maquinaria dentro de una organización. Se basa en la participación activa de todos los empleados (desde la alta dirección hasta los operarios), con el objetivo de prevenir fallas y minimizar los tiempos de inactividad mediante prácticas de mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo.	Es un enfoque integral de gestión del mantenimiento que involucra a todos los empleados, desde operarios hasta la alta dirección, para prevenir fallas, optimizar la disponibilidad de equipos y reducir tiempos de inactividad. Se enfoca en el mantenimiento autónomo, preventivo y predictivo, con los operarios realizando tareas básicas y el personal de mantenimiento abordando problemas más complejos	Mantenimiento preventivo (Programación y ejecución)	$\text{Indice de mantenimiento programado} = \frac{\text{Horas dedicadas al mantenimiento Programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$ $\text{Indice de cumplimiento de MP} = \frac{\# \text{ actividades llevadas a cabo}}{\# \text{ actividades Programadas}}$	Razón  Razón
Disponibilidad	La disponibilidad de un equipo se calcula como un indicador que evalúa el rendimiento de los componentes en un periodo determinado. Se basa en criterios de confiabilidad y mantenibilidad, y guía la planificación del mantenimiento de las máquinas. Su cálculo es esencial para una gestión efectiva del mantenimiento. (Mayorca, R., 2019)	Se establece siguiendo estándares internacionales de Ingeniería del Mantenimiento que una máquina o sistema esté disponible y en funcionamiento durante un período de tiempo específico para la producción.	Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Razón
			Confiabilidad	$MTBF = \frac{\text{Tiempo de operacion}}{\text{Cantidad de fallas}}$	Lapso de tiempo
			Mantenibilidad	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Cantidad de reparaciones}}$	Lapso de tiempo



**Anexo 4**  
*Instrumento de recolección de datos*

PRE TEST						
MESES	TOTAL			INDICADORES		
	Hrs operacion	Fallas	Tiempo Total de mantenimiento	Indice de Mantenibilidad	Indice de Confiabilidad	Disponibilidad
Enero						
Febrero						
Marzo						
Abril						
Mayo						
Junio						
Julio						
Agosto						
Setiembre						
Octubre						
Noviembre						
Diciembre						
TOTAL						