



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Programa Especial de Titulación

“Implementación del Mantenimiento Productivo Total para aumentar la disponibilidad de las máquinas del área de maestranza en CROMMETS”

Yeyson Alex Solis Lopez

para optar al Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Asesor: Marco Alpaca Solorzano

Lima – Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a dios y a mis padres por darme las fuerzas y la motivación para concluir este informe. A mis compañeros de trabajo por el conocimiento, información y apoyo brindado.

## **AGRADECIMIENTO**

A los profesores de la Universidad Tecnológica del Perú por brindarme el conocimiento y la ayuda necesaria para desarrollar este ISP. Agradezco también a las personas que me apoyaron en este largo camino, que fue gratificante y satisfactorio para mi crecimiento profesional.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. ....	1
1.1. Planteamiento del problema:.....	2
1.2. Formulación del problema.....	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos.....	6
1.3. Objetivos. ....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Justificación e importancia.....	7
1.5. Limitaciones del proyecto.....	8
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO. ....	9
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	10
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	12
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. Mantenimiento.....	15
2.2.2. Mantenimiento productivo total.....	20
2.3. Definición de términos.....	35
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO. ....	38
3.1 Variables.....	39

3.1.1. Definición conceptual de las variables. ....	39
3.2. Metodología. ....	39
3.2.1 Tipos de estudio. ....	39
3.2.2 Diseño de investigación.....	39
3.2.3 Método de investigación.....	39
3.3. Población muestra y muestreo.....	40
3.3.1. Población.....	40
3.3.2. Muestra.....	40
3.3.3. Muestreo.....	40
3.4 Herramientas de investigación.....	40
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. ....	41
4.1 Análisis situacional.....	42
4.1.1. Descripción de la empresa. ....	42
4.1.2. Organigrama de la empresa.....	43
4.1.3. Diagrama de procesos. ....	43
4.1.4. Criticidad de las máquinas. ....	45
4.1.5. Análisis Ishikawa. ....	46
4.1.6. Proceso de homologación. ....	61
4.2 Alternativas de solución. ....	62
4.2.1. Alternativa 1: Evaluarnos sin realizar cambios.....	62
4.2.2. Alternativa 2: Implementar las 5S.....	63
4.2.3. Alternativa 3: Implementar el sistema integral de gestión. ....	64
4.2.4. Alternativa 4: Implementar el TPM. ....	67

4.2.5. Evaluación de las alternativas.....	69
4.3 Solución del problema.....	71
4.3.1. Implementación del TPM.....	71
4.3.2. Proceso de homologación.....	102
4.4 Recursos humanos y equipamiento.....	103
4.5 Análisis económico - financiero.....	104
4.5.1. Análisis económico.....	104
4.5.2. Cálculo del VAN y TIR.....	105
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS. ....	107
5.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio. ....	108
5.2 Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación.....	110
5.2.1. Disponibilidad mecánica.....	110
5.2.2. Eficiencia de mantenimiento.....	111
5.2.3. Efectividad total de los equipos (OEE).....	113
5.3 Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce (causa y efectos).....	115
CONCLUSIONES .....	116
RECOMENDACIONES.....	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	120
ANEXOS.....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Industrialización en latino américa. ....	2
Figura 2. Disponibilidad mecánica de las máquinas críticas. ....	3
Figura 3. Inoperatividad por falta de mantenimiento en máquinas no críticas. ....	4
Figura 4. Requerimiento de homologación.....	5
Figura 5. Disponibilidad promedio de las máquinas críticas.....	7
Figura 6. Surgimiento del término “mantenimiento”.....	16
Figura 7. Evolución generacional del mantenimiento. ....	18
Figura 8. Diagrama de clasificación del mantenimiento. ....	19
Figura 9. Fórmula para calcular la disponibilidad. ....	20
Figura 10. Las ocho pérdidas principales de la planta de producción. ....	24
Figura 11. Pilares fundamentales del TPM.....	25
Figura 12. Ciclo PHVA.....	26
Figura 13. Prevención, cero accidentes, cero fallas. ....	27
Figura 14. Método para implementar las 5S.....	30
Figura 15. Los 12 pasos para la implementación del TPM.....	33
Figura 16. Indicadores del mantenimiento productivo total. ....	34
Figura 17. Misión y visión de la empresa. ....	42
Figura 18. Organigrama de la empresa.....	43
Figura 19. Diagrama de procesos generales de la empresa.....	44
Figura 20. Matriz de criticidad de las máquinas en el área de maestranza.....	45
Figura 21. Diagrama de pareto del torno mecánico. ....	48
Figura 22. Diagrama de pareto de la fresadora universal N°3. ....	49
Figura 23. Diagrama de pareto de la rectificadora cilíndrica. ....	50
Figura 24. Diagrama de pareto de la rectificadora plana.....	51
Figura 25. Formula del MTBF y MTTR según Nakajima. ....	54
Figura 26. Formula de la calidad y el rendimiento.....	56

Figura 27. Criterios de calificación del OEE. ....	57
Figura 28. Diagrama de causa – efecto.....	60
Figura 29. Tri norma del sistema integral de gestión.....	65
Figura 30. Evaluación de las cuatro alternativas de solución. ....	70
Figura 31. Acta de compromiso para la implementación del TPM. ....	71
Figura 32. Boletín informativo del TPM. ....	72
Figura 33. Asignación de responsabilidades.....	73
Figura 34. Políticas del TPM de la empresa.....	74
Figura 35. Objetivos de la implementación del TPM. ....	75
Figura 36. Formato de asistencia de participantes.....	75
Figura 37. Plan maestro de la implementación del TPM.....	76
Figura 38. Formatos entregados para dar inicio a la implementación.....	77
Figura 39. Formato de control de EPP. ....	79
Figura 40. Certificado de calibración acreditado por INACAL. ....	80
Figura 41. Plan de acción ante las fallas en las máquinas críticas. ....	81
Figura 42. Plan de comunicación del mantenimiento.....	82
Figura 43. Las ocho grandes pérdidas en la empresa. ....	83
Figura 44. Programa anual de capacitaciones. ....	84
Figura 45. Aplicación de las 5S. ....	85
Figura 46. Estándares de mantenimiento autónomo y 5S.....	87
Figura 47. Diapositiva de la exposición en la reunión. ....	88
Figura 48. Formatos de mantenimiento.....	89
Figura 49. Cronograma del mantenimiento planificado.....	91
Figura 50. Formato de propuesta de mejora. ....	92
Figura 51. Formatos de evaluación de conocimiento sobre el TPM.....	93
Figura 52. Formato de evaluación de desempeño. ....	94
Figura 53. Gestión temprana de equipos. ....	96

Figura 54. Plan de gestión ambiental. ....	97
Figura 55. Objetivos y metas del SSOMA. ....	98
Figura 56. Fotos de la implementación en SSOMA.....	98
Figura 57. Certificado de la homologación. ....	102
Figura 58. Análisis económico.....	104
Figura 59. Cálculo del VAN y el TIR.....	106
Figura 60. Disponibilidad mecánica posterior a la implementación.....	110
Figura 61. Calidad y rendimiento – 2021.....	113
Figura 62. Efectividad total de los equipos – 2021. ....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de fallas del torno mecánico – 2020. ....	48
Tabla 2. Tabla de fallas de la fresadora universal N°3 - 2020. ....	49
Tabla 3. Tabla de fallas de la rectificadora cilíndrica – 2020. ....	50
Tabla 4. Tabla de fallas de la rectificadora plana – 2020. ....	51
Tabla 5. Fallas con mayor frecuencia en máquinas críticas. ....	52
Tabla 6. Disponibilidad mecánica en máquinas críticas. ....	53
Tabla 7. Indicadores del mantenimiento en máquinas críticas – 2020. ....	54
Tabla 8. Calidad y rendimiento en el producto con mayores ventas – 2020. ....	56
Tabla 9. Tabla de resultados del OEE – 2020. ....	57
Tabla 10. Puntos críticos de la evaluación, homologación. ....	61
Tabla 11. Análisis en costo – beneficio para la alternativa 1. ....	62
Tabla 12. Análisis en costo – beneficio para la alternativa 2. ....	63
Tabla 13. Análisis en costo – beneficio para la alternativa 3. ....	65
Tabla 14. Implementación del SIG – Detalle de los servicios. ....	66
Tabla 15. Análisis en costo – beneficio para la alternativa 4. ....	68
Tabla 16. Lista de registros de seguimiento y control de la implementación. ....	100
Tabla 17. Recursos empleados para la implementación del TPM. ....	103
Tabla 18. Costos de mantenimiento del 2020. ....	105
Tabla 19. Indicadores de la eficiencia en el mantenimiento. ....	112

## **RESUMEN**

El siguiente trabajo de investigación tiene como objetivos aumentar la disponibilidad de las máquinas, implementar un plan de mantenimiento, reducir el número de mantenimientos correctivos, mejorar el orden, limpieza en las áreas de trabajo, mejorar la seguridad en el entorno laboral, mejorar los procesos, implementar estándares y una metodología de trabajo con el fin de lograr la homologación exigida por el Grupo Romero. Para lograr todos los objetivos y pasar satisfactoriamente la evaluación de la homologación se implementó el mantenimiento productivo total, como metodología de trabajo.

- En el primer capítulo se expresa de manera general los problemas que actualmente tiene la empresa y los objetivos e importancia de la implementación.
- En el segundo capítulo se encuentra el marco teórico, los antecedentes de investigación y las bases teóricas en las que se apoya este proyecto.
- En el tercer capítulo se define la metodología utilizada y las herramientas para realizar la investigación.
- En el cuarto capítulo se encuentra el análisis situacional de la empresa, las alternativas de solución planteadas y la razón por la cual se implementó el mantenimiento productivo total, también se encuentra los recursos empleados y el análisis económico.
- En el quinto capítulo se muestran los resultados obtenidos de la implementación del TPM.

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad las empresas de metalmecánica buscan ser competitivas, ofrecer los mejores precios del mercado con una calidad de excelencia, por ello se requiere constantemente nuevas herramientas para mejorar los productos y procesos, con los cuales buscan tener ventaja frente a sus competidores.

Si se quiere tener una alta competitividad y disponibilidad de máquinas, la gestión en mantenimiento es indispensable, en la antigüedad el mantenimiento era un proceso desligado de la producción, y solo se atendían las fallas cuando la máquina dejaba de funcionar totalmente, pero actualmente aplicar solo mantenimiento correctivo no es viable porque la demanda de un servicio rápido y de calidad es muy alta, por ello tener una máquina inoperativa no resulta rentable.

Atendiendo los estos problemas en gestión, productividad y disponibilidad nació el mantenimiento productivo total o TPM por sus siglas en inglés, esta metodología tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de los equipos con un enfoque en mantenimiento preventivo a lo largo de la vida útil de las máquinas, involucrando no solo al departamento de mantenimiento, sino también incluye a todos niveles y áreas de la organización fomentando el trabajo en equipo y denotando que el mantenimiento es responsabilidad de todos.

## **CAPÍTULO 1**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

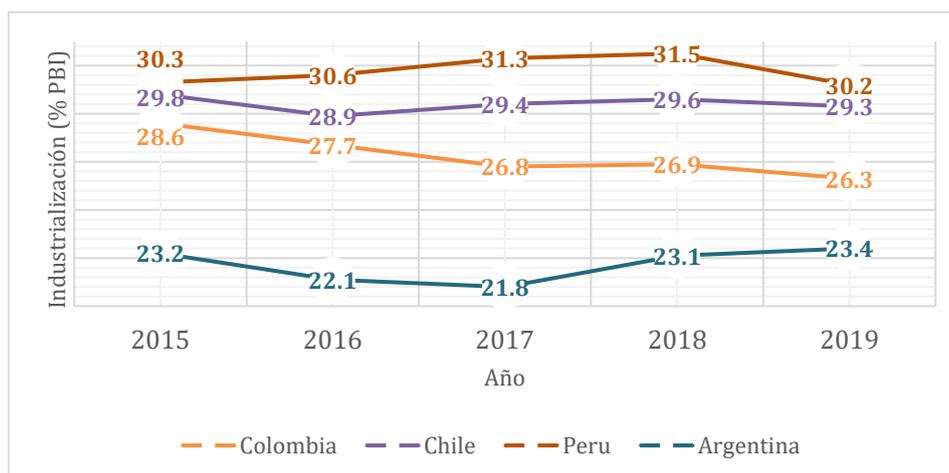
### 1.1. Planteamiento del problema:

Actualmente las empresas de mecanizado en el mundo se encuentran con la necesidad de mejorar su productividad y eficiencia debido a la alta demanda en la fabricación de piezas. El incremento en a la demanda de estos servicios es directamente proporcional al crecimiento industrial, debido a que el área de mantenimiento de la gran industria es el principal cliente para las empresas de mecanizado.

Con la industrialización en Latinoamérica, se incrementó la necesidad de tener una alta productividad, alta disponibilidad de las máquinas y alta eficiencia en los procesos. Para satisfacer estas necesidades en 1971 se incorporó una metodología japonesa llamada Mantenimiento Productivo Total.

**Figura 1**

*Industrialización en latino américa, valor agregado, porcentaje del PBI.*



*Nota.* Elaboración propia, datos del World Development Indicators (WDI).

En el Perú pese al incremento en la industrialización son muchas las empresas de mecanizado que no aplican TPM y gran parte de ellos no cuenta con un área de mantenimiento especializado, atendiendo solo en las reparaciones de averías lo cual encarece los costos de mantenimiento, y baja la productividad de sus máquinas.

CROMMETS EIRL es una empresa que lleva más de 15 años ofreciendo el servicio de mecanizado y galvanoplastia, por la calidad en los trabajos realizados y por mantener precios competitivos, tiene como clientes a empresas de gran importancia para el Perú.

En los tres últimos años la gerencia solicita incrementar la productividad, sin embargo, sin posibilidades de aumentar el área productiva y teniendo todo el espacio disponible ocupado, se ha optado por trabajar en el turno nocturno a partir del 2022, para lograr ese objetivo se requiere que las máquinas y equipos tengan alta confiabilidad.

Actualmente se carece de un plan de mantenimiento y acciones preventivas, por ello todos los mantenimientos realizados son correctivos, debido a la gran cantidad de paliativos realizados las máquinas fallan constantemente lo cual genera retrasos en la producción y horas extra en los empleados.

## Figura 2

*Disponibilidad mecánica de las máquinas críticas.*

DISPONIBILIDAD MECÁNICA EN MÁQUINAS AC - CROMMETS EIRL				
2020				
Mes	R. Cilíndrica (RC2)	R. Plana (RP1)	Fresadora (FU N°3)	Torno (TM3)
Enero	88,02%	95,83%	88,02%	92,19%
Febrero	94,27%	80,73%	95,31%	80,73%
Marzo	89,58%	93,23%	88,54%	95,83%
Abriel	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	0,00	0,00	0,00	0,00
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00
Julio	92,19%	92,19%	92,19%	92,19%
Agosto	87,50%	88,02%	95,83%	88,02%
Septiembre	75,52%	91,15%	94,27%	93,75%
Octubre	93,23%	89,58%	88,02%	85,94%
Noviembre	88,54%	82,29%	86,98%	88,02%

*Nota.* Esta figura muestra la disponibilidad mensual en las máquinas críticas de la empresa, no se trabajó los meses en rojo por la pandemia. CROMMETS EIRL – Registro de la disponibilidad mecánica.

Todas las reparaciones son realizadas por los operarios, los cuales se encuentran capacitados para reparar las máquinas, pero debido al ajustado horario de entrega en las piezas que producimos y a que la máquina en cuestión no es crítica, el trabajo de mantenimiento queda relegado a un segundo plano, generando una alta inoperatividad en máquinas no críticas.

**Figura 3**

*Inoperatividad por falta de mantenimiento en máquinas no críticas.*

2020									
Máquina	ENERO	FEBRERO	MARZO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Torno 0.8M A (TM0.5A)	OK	OK	OK	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	OK
Torno 0.8M B (TM 0.5B)	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	OK
Torno 1.5M A (TM 1.5A)	Inoperativo	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Torno 1.5M B (TM 1.5B)	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK
Rec. Cilíndrica 0.5M A (RC	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	OK
Rec. Cilíndrica 0.5M B (RC	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK
Rec. Cilíndrica 1M A (RC 1A	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	Inoperativo	OK	OK	OK	OK
Rec. Cilíndrica 1M B (RC 1B	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK
Rec. Plana 0.5M A (RP 0.5A	OK	OK							
Rec. Plana 0.5M B (RP 0.5B	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK
Fresadora 1M A (FV 1A)	OK	OK	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Fresadora 1M B (FV 1B)	OK	OK	OK	Inoperativo	OK	OK	Inoperativo	OK	OK

*Nota.* En esta matriz se muestran las máquinas no críticas y los meses en los que se encontraban inoperativos. CROMMETS EIRL – Registro de operatividad de máquinas.

Existen quejas por parte de los clientes porque sus trabajos no son entregados en el tiempo programado o porque no se realizaron los cambios que se solicitaron, estos problemas surgen porque no se cuenta con un plan de comunicación y no se emplean formatos que faciliten la transmisión de información de un área de trabajo a otra.

Uno de nuestros clientes más importantes nos exige certificar nuestros servicios (Homologarnos) con una puntuación mínima de 75, sin embargo, para las empresas sin una metodología de trabajo, con problemas de disponibilidad mecánica, baja eficiencia en la producción y con una alta inoperatividad en sus máquinas, la homologación es una barrera que no se puede superar.

#### **Figura 4**

*Requerimiento de homologación.*



*Nota.* En esta imagen se muestra una parte de la solicitud que se envió a la empresa con el fin de iniciar el proceso de la homologación. CROMMETS EIRL – Registro electrónico.

## **1.2. Formulación del problema.**

### **1.2.1. Problema general.**

¿De qué manera incrementamos la disponibilidad de las máquinas del área de maestranza en CROMMETS?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

- ¿De qué manera evaluamos el estado actual de las máquinas?
- ¿De qué manera evaluamos las alternativas para la solución de los problemas?
- ¿De qué manera creamos un plan de implementación del TPM?
- ¿De qué manera capacitamos al personal sobre el TPM?
- ¿De qué manera estandarizamos los procesos de mantenimiento y comunicación de la empresa?
- ¿De qué manera implementamos las 5S en la empresa?
- ¿De qué manera programamos el mantenimiento autónomo?
- ¿De qué manera implementamos un cronograma para el mantenimiento planificado?

## **1.3. Objetivos.**

### **1.3.1. Objetivo general.**

Implementar el mantenimiento productivo total para aumentar la disponibilidad de las máquinas del área de maestranza en CROMMETS.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el estado actual de las máquinas.
- Evaluar las alternativas para la solución de los problemas.
- Crear un plan de implementación del mantenimiento productivo total.
- Capacitar al personal sobre el mantenimiento productivo total.
- Estandarizar procesos de mantenimiento y comunicación de la empresa.

- Implementar las 5S en la empresa.
- Programar el mantenimiento autónomo.
- Implantar un cronograma para el mantenimiento planificado.

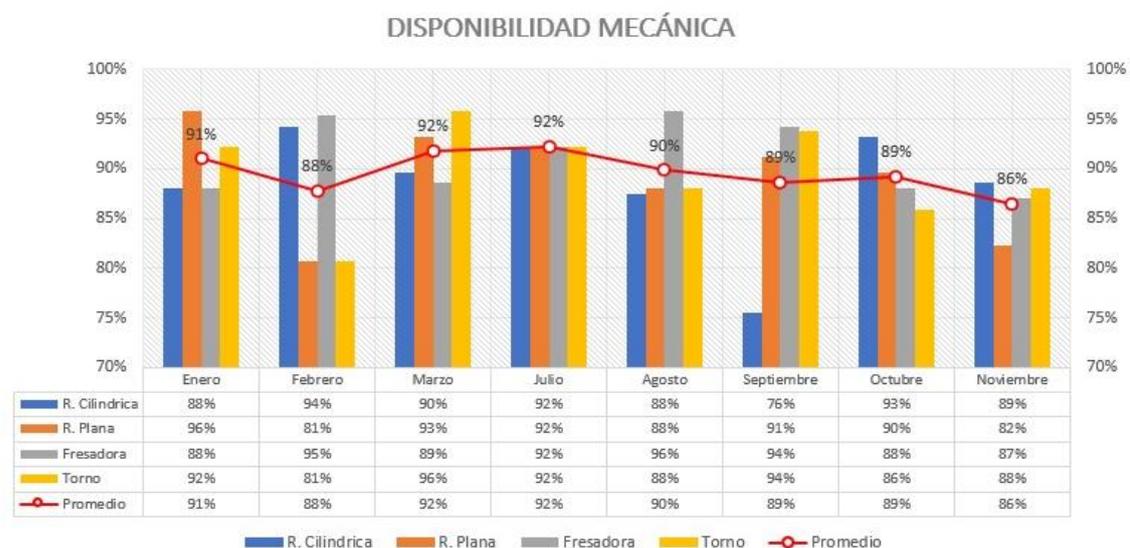
#### 1.4. Justificación e importancia.

Esta implementación se justifica debido a la falta de mantenimiento planificado, la gran cantidad de mantenimientos correctivos paliativos, la lenta atención de los mantenimientos, la falta de orden y limpieza en las estaciones de trabajo y la falta de estandarización en los procesos.

Estos problemas traían como consecuencia la baja disponibilidad de las máquinas, desorden y suciedad en las estaciones de trabajo, retraso en la fabricación por falta de información o herramientas, horas extra en los empleados para reparar alguna avería, quejas de los clientes por no cumplir el plazo establecido y en el peor de los casos la pérdida de algún cliente por no tener operativas todas las máquinas.

**Figura 5**

*Disponibilidad promedio de las máquinas críticas.*



Esta implementación es importante si se desea evitar paradas no planificadas, eliminar o reducir la inoperatividad en las máquinas, estandarizar los procesos de mantenimiento y comunicación, aumentar la disponibilidad de las máquinas y reducir el número de mantenimientos correctivos; Esto con el fin de aprobar con éxito la homologación exigida por el Grupo Romero.

#### **1.5. Limitaciones del proyecto.**

Las limitaciones que tuve al realizar este trabajo de investigación fueron:

- Desorden en los archivos de la implementación del TPM, los archivos de la implementación fueron guardados en un portafolio y sin seguir el orden del plan maestro de la implementación.
- La gran mayoría de archivos fueron elaborados con el programa Microsoft Excel, muchos de esos archivos no son del tamaño adecuado para una hoja de Microsoft Word.
- No dispongo de información financiera de ingresos y egresos de la empresa porque son datos confidenciales.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

## **2.1. Antecedentes de la investigación**

### **2.1.1 Antecedentes nacionales**

**REYES, Povia (2020) “*Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total en una Empresa de Transporte de Mineral para Aumentar la Disponibilidad de Flota*”. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.**

Esta tesis tuvo como problema la baja disponibilidad de los vehículos de carga debido al gran número de mantenimientos correctivos, a la falta de un plan de mantenimiento y en gran medida a la falta de control en sus procesos. Para solucionar estos problemas se diseñó un plan de mantenimiento que tuvo como objetivo aumentar la disponibilidad de flota de los vehículos de carga reduciendo las paradas no programadas y los mantenimientos correctivos.

Con la aplicación de la metodología mantenimiento productivo total consiguió aumentar la disponibilidad mecánica de los vehículos de un 80% a un 90%, también incrementó la cantidad de ciclos o viajes realizados de 90 a 126 ciclos, logró mejorar el orden y limpieza dentro del área de trabajo, consiguió un correcto plan de mantenimiento preventivo y la redujo los costos en mantenimiento en 91,599.47 soles.

**TEJADA, Jhon (2019) “*Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del Mantenimiento Productivo Total – TPM*”. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú.**

Esta tesis tuvo como problema la falta de un correcto plan de mantenimiento lo que influenciaba la baja disponibilidad de sus máquinas, el gran número de mantenimientos correctivos los cuales encarecían el costo de mantenimiento y la falta de un control en sus procesos pues tenían problemas con el tiempo de entrega de los trabajos. Para solucionar estos problemas se realizó la propuesta de un plan de mantenimiento para la empresa FAMAI, este plan que tuvo como objetivo aumentar la disponibilidad de las máquinas y minimizar los costos de mantenimiento.

Con la aplicación de la metodología mantenimiento productivo total lograría un correcto plan de mantenimiento, proyectó la mejora de la disponibilidad de un 89.7% a un 97.2% en las máquinas, optimizó el tiempo de entrega de cada trabajo, redujo la cantidad de mantenimientos correctivos y proyectó que se obtendría 1.984 soles por cada 1 sol invertido en la implementación del TPM.

**TORRES, Roberto (2019) “*Implementación de Metodología TPM para Reducir Costos de Mantenimiento en Planta de Productos Químicos*”. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.**

Esta tesis tuvo como problema el gran número de mantenimientos correctivos debido a la antigüedad de las máquinas, la falta de un plan de mantenimiento y la baja disponibilidad en las máquinas críticas. Para solucionar estos problemas se planteó la implementación del TPM como filosofía de trabajo, como el objetivo reducir los costos de mantenimientos preventivos, minimizar el número de mantenimientos correctivos, establecer un programa de mantenimiento autónomo y un plan de mantenimiento programado para aumentar la disponibilidad de las máquinas críticas.

Con la aplicación de la metodología mantenimiento productivo total logró cumplir todos sus objetivos, estableciendo como filosofía de trabajo el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado, la formación, capacitación y adiestramiento del personal involucrado, redujo los costos de mantenimiento un 40%, redujo las fallas de 68 a 28 en 7 meses, redujo las fallas totales en 59% e incremento la disponibilidad de las máquinas de un 88% a un 95%.

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

**MARTÍNEZ, Rafael (2015) “Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.**

El problema principal de esta tesis fue la dificultad en la aplicación del mantenimiento productivo total como metodología de trabajo.

Esta tesis tuvo como objetivo definir porque falla una implementación del mantenimiento productivo total, mostrando que muchas implantaciones del TPM en las empresas no alcanzaron sus objetivos por lo tanto fracasaron en el proceso de implementación, también se demostró que para que una implementación del TPM sea válida se requiere de un mínimo de 3 años, para analizar datos reales y para que la filosofía de trabajo quede impregnada dentro de la empresa.

Para solucionar las barreras o dificultades durante la implementación del TPM se propuso 2 cuestionarios de apoyo para la implementación del TPM, con las cuales mejoras las probabilidades de éxito en tu implementación, según los resultados obtenidos en implantaciones del 2011 al 2014 el 73% logro cumplir sus objetivos con la ayuda de esta herramienta.

**ANAYA, German (2020) “Diseño de la propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento productivo total TPM para la Empresa Colombiana de Cementos S.A.S. en la región de Rio Claro - Antioquia”. Colombia: Universidad EAN.**

El problema principal de esta tesis fue el alto número de fallas 1 por cada 100 anomalías, la falta de un plan de mantenimiento autónomo y la falta de estandarización en sus procesos.

El objetivo principal de esta tesis magisterial fue la implementación del mantenimiento productivo total en la empresa Colombiana de Cementos S.A.S. como una herramienta mejora continua, para la reducción de mantenimientos de tipo correctivo y para la elaboración de un plan de mantenimiento autónomo sólido.

Para lograr esos objetivos se definió el marco conceptual sobre el mantenimiento productivo total, realizo un diagnóstico de la situación actual del proceso productivo y mantenimiento, elaboró un plan de acción para la implementación del TPM en dicha empresa y proyectó un TIR del 28%.

**MUÑOZ, Mallía (2019) “Propuesta para mejorar el plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de guayaquil identificando la criticidad de los equipos del proceso productivo enfocado en la técnica T.P.M.”. Ecuador: Universidad de Guayaquil.**

La problemática de esta tesis fue el aumento poblacional en la ciudad de Guayaquil, por lo que el consumo de agua potable se incrementó en gran medida en los últimos años, por dicho motivo la planta procesadora de agua potable “La Toma” tiene proyectos de expansión en sus reservorios, sin embargo, al tratarse de un servicio básico infaltable para la ciudad actualmente se tiene que brindar un servicio constante.

Para seguir brindando un servicio fiable y con alta disponibilidad es de suma importancia que los equipos y todos los sistemas operativos mantengan un correcto funcionamiento. Sin embargo, se comprobó que el 13% de las OT son de mantenimientos correctivos, en el 2018 hubo 345 mantenimientos correctivos y los costos de mantenimiento superaron los 2 millones.

Para garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas dentro de la planta, y la reducción en los costos de mantenimiento, se planteó mejorar el plan de mantenimiento usando como referencia la productividad de la procesadora y la metodología TPM como método de trabajo.

Luego de analizar la propuesta de implementación del TPM se proyectó que la disponibilidad en los equipos se incrementara de 81% a 95% con esto se reducirán las paradas no programadas y lograría mejorar el índice de productividad de la procesadora.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. Mantenimiento.**

El mantenimiento a un conjunto de técnicas empleadas para mantener los equipos e instalaciones en buen estado, durante el mayor tiempo posible y con el menor costo, de forma práctica el mantenimiento es “todo lo que hay que hacer para que las cosas funcionen correctamente o, en su defecto, para que las averías duren lo menos posible” (Bona, 1999)

#### **2.2.1.1. Objetivos del mantenimiento**

El objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad de las máquinas a un menor costo, cumpliendo las recomendaciones del fabricante y las normas de seguridad. Esto es con el fin de poseer máquinas fiables y asegurar una larga vida útil de las máquinas.

#### **2.2.1.2 Historia del mantenimiento.**

“El término mantenimiento se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en USA, en Francia se fue imponiendo progresivamente el término entretenimiento” (Díaz, 2011). Estos términos fueron evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar hasta la concepción actual del mantenimiento con funciones de corregir, prevenir y revisar el correcto funcionamiento de las máquinas.

## Figura 6

Surgimiento del término “mantenimiento”.



*Nota.* En este grafico se muestra la evolución del término del mantenimiento. Técnicas de mantenimiento industrial – Evolución del término mantenimiento.

“Tras atravesar a crisis energética en el 73, empieza a concebir el concepto de fiabilidad, la aviación y la industria automovilística lideran esta nueva corriente. Se desarrollan nuevos métodos de trabajo que hacen avanzar las técnicas de mantenimiento” (García, 2014).

Estas nuevas técnicas buscan consolidar un diseño a prueba de fallos que minimice los mantenimientos, analizar los fallos ocurridos como los que tienen probabilidad de ocurrir (fallos potenciales), el mejor manejo y orden en el trabajo, y la implicación de toda la organización en el mantenimiento.

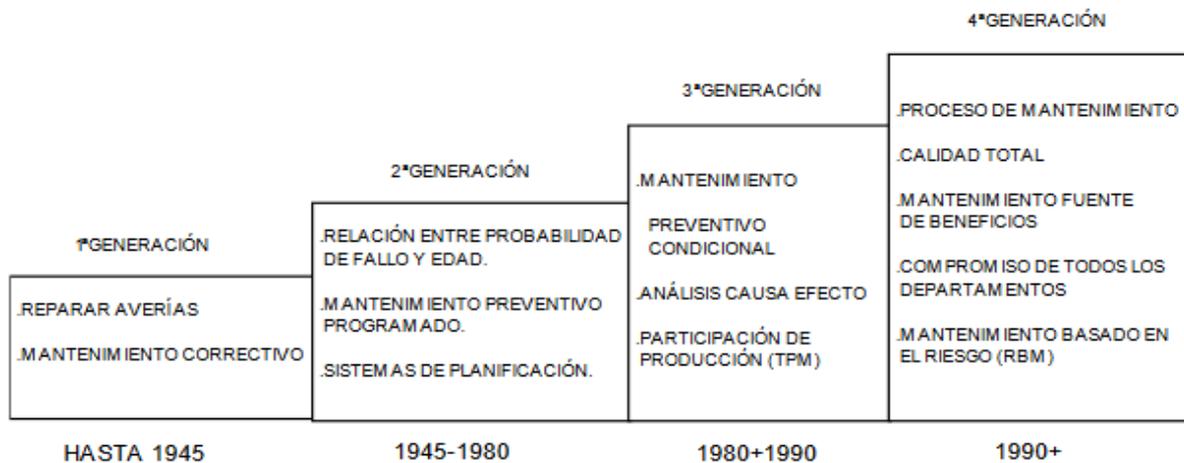
### **2.2.1.3 Evolución del mantenimiento.**

El mantenimiento en sí fue evolucionando de manera conceptual y de manera funcional, estas evoluciones se pueden clasificar en 4 generaciones:

- a) **1° Generación:** Esta es la generación del mantenimiento correctivo, fue la generación más larga dentro de la industria, iniciando con la primera revolución industrial hasta mucho después de la segunda guerra mundial. Muchas empresas actualmente se encuentran en esta generación.
- b) **2° Generación:** Entre la segunda guerra mundial y finales de los años 70 se descubre la relación entre la edad de las máquinas y la probabilidad de que ocurran fallos, es ahí cuando nace un nuevo concepto de mantenimiento, el mantenimiento preventivo.
- c) **3° Generación:** A principios de los años 80 nace un nuevo concepto de mantenimiento, el mantenimiento predictivo o de detección precoz, a partir de aquí se empieza a realizar estudios para averiguar el origen de los problemas y evitar que ocurra nuevamente.
- d) **4° Generación:** En los años 90 el mantenimiento se vuelve parte del concepto de calidad total, surge una nueva evolución del mantenimiento, el mantenimiento basado en riesgos (MBR), en donde se reconoce al mantenimiento como fuente de beneficios y se establece el mantenimiento como un proceso dentro de la industria teniendo como objetivo la disponibilidad de las máquinas a un mínimo coste.

**Figura 7**

*Evolución generacional del mantenimiento.*



*Nota.* En este diagrama se muestra la evolución del mantenimiento en cuatro generaciones.

Técnicas de mantenimiento industrial – Evolución de mantenimiento.

#### **2.2.1.4 Tipos y niveles de mantenimiento.**

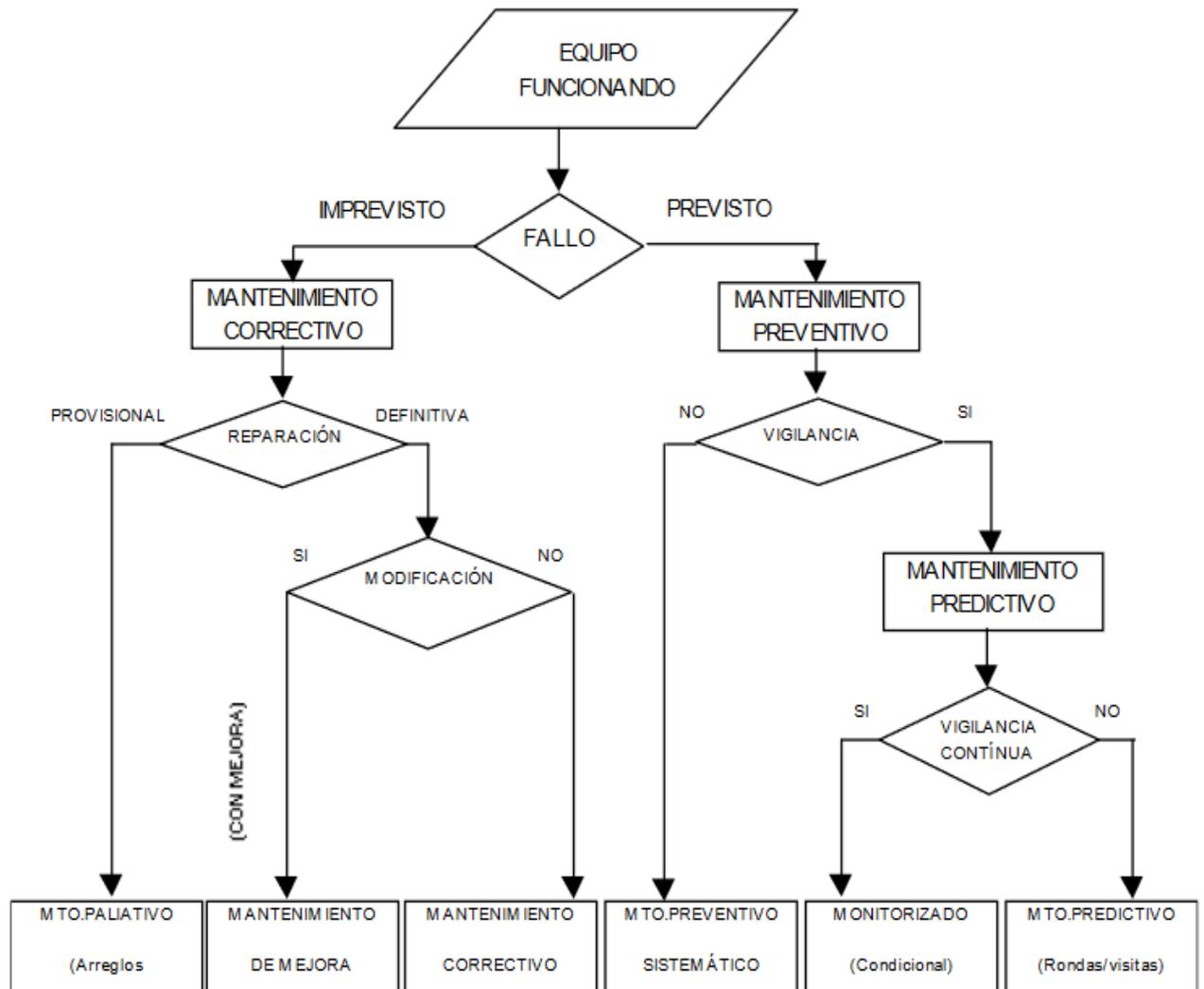
Los tipos de mantenimiento se clasifican de la siguiente manera:

- a. **Mantenimiento correctivo:** Este es el mantenimiento realizado después de haber ocurrido el fallo, son aquellas tareas destinadas a reparar averías.
- b. **Mantenimiento preventivo:** Este mantenimiento es realizado con la intención de reducir la probabilidad de fallo y conservar el equipo funcionando el mayor tiempo posible.
- c. **Mantenimiento preventivo sistemático:** Esta es una modalidad del mantenimiento preventivo, consiste en efectuar mantenimientos preventivos de manera regular, según una programación establecida y teniendo en cuenta la criticidad de cada máquina.

**d. Mantenimiento predictivo:** Este mantenimiento consiste en la detección temprana de los fallos o en consecuencia el análisis de fallos para determinar las posibles causas y evitar que vuelvan a ocurrir.

**Figura 8**

*Diagrama de clasificación del mantenimiento.*



*Nota.* En este diagrama se muestra como identificar de manera practica el tipo de mantenimiento que estas aplicando. Técnicas de mantenimiento industrial – Clasificación del mantenimiento.

### **2.2.1.5 Indicadores del mantenimiento.**

En la actualidad el indicador usado para medir la correcta aplicación del mantenimiento es la disponibilidad de las máquinas, para determinar este valor podemos aplicar la siguiente formula:

#### **Figura 9**

*Fórmula para calcular la disponibilidad.*

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de carga} - \text{T. de parada}}{\text{Tiempo de carga}}$$

*Donde:*

*T. de carga = Tiempo de operacion – T. de paradas programadas.*

*T. de parada = El el tiempo de parada por averias no planificadas.*

*Nota.* En esta imagen se muestra la fórmula que aplica Nakajima para determinar la disponibilidad mecánica. Introducción al TPM – Tabla de indicadores del TPM.

### **2.2.2. Mantenimiento productivo total**

El mantenimiento productivo total o Total Productive Maintenance (TPM) es una metodología japonesa de mantenimiento industrial que fue desarrollado a partir del mantenimiento preventivo creado en la industria de USA, porque “es importante hacer desaparecer los defectos cuando aún son pequeños. Este es el concepto fundamental que respalda el mantenimiento preventivo” (Nakajima, 1984). Entonces el TPM es una ideología japonesa que tiene como finalidad evitar todo tipo de perdida durante la producción, maximizar la eficiencia e involucrar a todos los departamentos en el trabajo de mantenimiento y concientizando que el mantenimiento es tarea y responsabilidad de todos.

### **2.2.2.1. Historia del TPM**

Después de la segunda guerra mundial las industrias japonesas llegaron a la conclusión que, para competir en el mercado internacional tenían que mejorar la calidad de sus productos, con este fin se incorporaron nuevas técnicas procedentes de los estados unidos y las adaptaron a sus ámbitos locales.

Cuando nos referimos al TPM estamos hablando del mantenimiento productivo americano al estilo japonés, en el mantenimiento productivo se reconoce la importancia del mantenimiento, la fiabilidad y la eficiencia del diseño de la planta, pero todo esto aplicado solo al área de mantenimiento, dividiendo así al personal de mantenimiento y al de producción, por otra parte, el estilo japonés modificó esta idea de tal manera en que todos los empleados puedan participar.

“En el entorno competitivo de hoy no podemos conformarnos con metas inferiores a la eliminación total de las averías, otras pérdidas y el mantenimiento productivo continuo” (Nakajima, 1984)

### **2.2.2.2. Las ocho grandes pérdidas en una planta.**

El TPM aumenta la efectividad del equipo a través de dos tipos de actividades las cuales son:

- Cuantitativas: aumenta la disponibilidad total del equipo y mejora la productividad total.
- Cualitativas: reduciendo el número de productos defectuosos y mejorando la calidad del producto final.

Las principales pérdidas que afectan la efectividad de los equipos en una industria de procesos son:

1. **Pérdida por paradas programadas:** es el tiempo perdido en producción para realizar el mantenimiento anual planificado o periódico. En la mayoría de plantas industriales se emplea mantenimiento anual planificado por lo que se para completamente la producción una o dos veces por año, para reducir el número de mantenimientos anuales planificados se emplea el mantenimiento periódico, este es un plan de mantenimiento mensual.
  
2. **Pérdida por ajustes de producción:** Esta pérdida corresponde al tiempo perdido en realizar cambios en los suministros o ajustes en la producción, naturalmente no ocurre esta pérdida si todos los productos pueden ser vendidos, sin embargo, en el mercado actual las necesidades cambian con mucha frecuencia. *“Los ajustes de la producción y planes de ésta se basan en factores tales como la demanda y los stocks y son hasta cierto punto algo inevitable para los productores.”* (Suzuki, 1996) Se puede minimizar esta pérdida si mantienes un fuerte liderazgo en calidad y costos.
  
3. **Pérdida por fallos de equipos:** Es el tiempo que se pierde porque alguno de los equipos pierde sus funciones específicas, este fallo en las máquinas pueden ser totales o parciales.
  - **Pérdida por fallos en funcionamientos:** es cuando una maquinaria perdió sus funciones específicas y se tiene que parar la planta, esta pérdida ocurre cuando surge algún fallo o avería.
  
  - **Pérdida por reducción de función:** estas pérdidas no ocasionan que se pare la planta de inmediato, son defectos mínimos o la reducción en el rendimiento de la máquina, esta pérdida ocurre por distintos factores dependiendo de la máquina en cuestión.

- 4. Pérdida por fallos de proceso:** Estas no son pérdidas por fallos de los equipos, suelen ser resultados de operaciones erróneas o por defectos en las materias primas como obstrucciones, fugas, derrames, corrosión, erosión, dispersión de polvo, etc. “Los fallos de proceso decrecerán solamente cuando se bloqueen sus fuentes.” (Suzuki, 1996)
- 5. Pérdida de producción normales:** Son pérdidas de rendimiento ocasionados por el paradas, arranques y cambios en los utilitarios o productos. Todos los descensos de la producción deben ser tratados como perdidas.
- 6. Pérdida de producción anormales:** Son pérdidas de rendimiento que ocurre cuando la planta rinde por debajo de su estándar, por alguna disfunción o condición anormal de funcionamiento. Esta pérdida se presenta cuando la tasa de producción de la empresa no alcanza la tasa de producción estándar.
- 7. Pérdida por defectos de calidad:** Es el tiempo perdido en la fabricación de bienes rechazables y los desechos irrecuperables. Estas pérdidas pueden surgir debido a condiciones incorrectas de operación, disfunciones en los instrumento o errores de operación, también puede influir factores externos como problemas en la materia prima o contaminación de ésta.
- 8. Pérdida por reprocesamiento:** Es la perdida generada por tener que volver a hacer un producto de manera total (reciclarlo) o modificarlo para que llegue a ser aceptable. “Debemos tener presente que el reciclaje es una perdida sustancial que desperdicia tiempo, materiales y energía.” (Suzuki, 1996)

**Figura 10**

*Las ocho pérdidas principales de la planta de producción.*

<b>Las ocho pérdidas principales de la planta – Definiciones y ejemplos</b>			
<b>Pérdida</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Ejemplo</b>
1. <b>Pérdida de paradas programadas.</b>	Tiempo de producción perdido cuando para la producción para el mantenimiento planificado anual o el servicio periódico.	Días	Trabajo en la parada, servicio periódico, inspecciones reglamentarias, inspecciones autónomas, trabajo de reparación general, etc.
2. <b>Pérdida por ajustes de producción.</b>	Tiempo perdido cuando ocurren cambios en la demanda o los suministros exigen ajustes en los planes de producción.	Días	Parada para ajustes de producción, parada para reducir stocks, etc.
3. <b>Pérdidas de fallos de procesos.</b>	Tiempo perdido cuando el equipo pierde súbitamente sus funciones específicas.	Horas	Fallos de bombas, motores quemados, cojinetes dañados, ejes rotos, etc.
4. <b>Pérdida por fallos de equipos.</b>	Tiempo perdido en paradas debido a factores externos tales como cambios en las propiedades químicas o físicas de los materiales procesados, errores de operación, materiales defectuosos, etc.	Horas	Fugas, derrames, obstrucciones, erosión, dispersión de polvos, operación errónea.
5. <b>Pérdidas de producción normales.</b>	Pérdida de tasa estándar y tiempo en arranques, paradas o cambios de utillaje.	Reducción de tasa, horas	Reducción de tasa de producción durante periodo de calentamiento después del arranque, periodos de enfriamiento y cambios de productos.
6. <b>Pérdida de producción anormales.</b>	Pérdidas de tasa de producción cuando la planta rinde por debajo de sus estándares debido a disfunciones y anomalías.	Reducción de tasa	Operación con baja carga o con baja velocidad y operación con tasa de producción por debajo del estándar.
7. <b>Pérdida por defectos de calidad.</b>	Pérdida debido a producción de productos rechazables, pérdida física o producto rechazable, pérdidas financieras por baja graduación del producto.	Horas, tons., dólares	Pérdidas físicas y de tiempo debidas a producir producto que no cumple los estándares de calidad.
8. <b>Pérdida de reprocesos.</b>	Pérdidas de reciclaje debido a tener que devolver el material a procesos anteriores.	Horas, tons., dólares	Reciclaje de producto no conforme para hacerlo aceptable.

*Nota.* En esta tabla se muestra las principales pérdidas en una planta de producción con sus respectivas definiciones y ejemplos. TPM en industrias de procesos – Las ocho pérdidas principales de la planta.

### 2.2.2.3. Pilares fundamentales

Los pilares fundamentales del TPM son 8 y son bases del conocimiento para implementar esta metodología, estos pilares sirven para la construcción de un sistema de producción ordenada.

**Figura 11**

*Pilares fundamentales del TPM.*

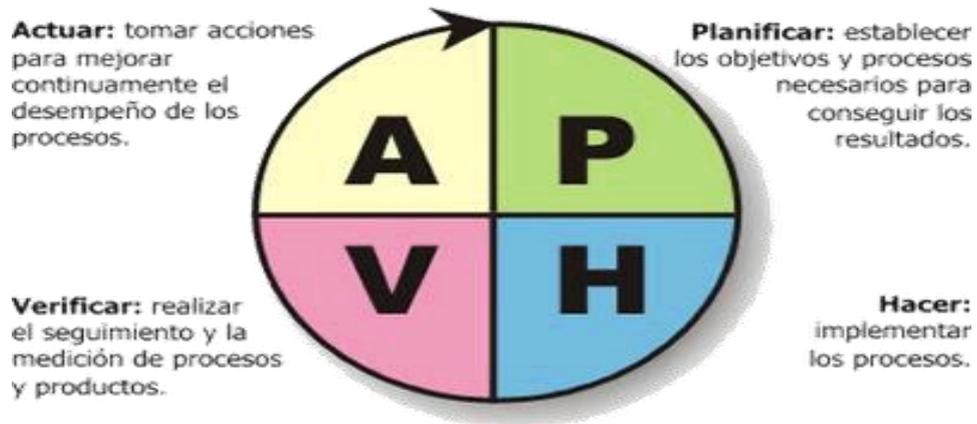


*Nota.* En este gráfico se muestran los ocho pilares fundamentales del TPM y la base del TPM. Valbol Soluciones – Pilares fundamentales del TPM.

- **Mejoras enfocadas o continuas (Kobetsu Kaizen):** El primer pilar trata del mejoramiento continuo de los procesos dentro de la empresa, consiste en buscar procesos deficientes o con oportunidad de mejora y evaluar sus posibles soluciones. La herramienta que puede ayudar a realizar las mejoras continuas es el ciclo Deming o PHVA.

**Figura 12**

*Ciclo PHVA.*



*Nota.* En este grafico se puede apreciar el ciclo PHVA y las acciones de cada etapa. TPM soluciones por Hernández – Ciclo PHVA.

- **Mantenimiento autónomo (Jishu Hozen):** El jishu hozen busca que el operario se involucre en el mantenimiento del equipo, conozca bien el equipo que opera, aumente su capacidad técnica, y se responsabilice e involucre con el equipo, esto con el fin de mejorar la seguridad dentro del trabajo y una mejor capacitación el personal. “En muchas fábricas, los operarios no saben cómo mantener o reparar su propio equipo, y a los que sí saben no se les permite realizarlo porque es el trabajo de otros.” (Nakajima, 1984)

### Figura 13

*Prevención, cero accidentes, cero fallas.*



*Nota.* En esta imagen se muestra el mantenimiento autónomo como parte de la meta de los ceros. SCA México – Programa de cero accidentes.

- **Mantenimiento planificado:** El mantenimiento planificado tiene como finalidad lograr dos objetivos: mantener los procesos y equipos en óptimas condiciones y lograr la eficacia y eficiencia en costes.

“En una industria de proceso, la gestión del equipo está profundamente influenciada por tres factores: las características especiales de sus equipos, la naturaleza de sus procesos y los fallos de las instalaciones, y la capacidad y funciones de su personal de mantenimiento.” (Suzuki, 1996)

- **Mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen):** el mantenimiento de calidad es el control de las máquinas que interactúan con el producto final, con la finalidad de minimizar la cantidad de productos finales que no cumplan con los estándares de la empresa. En general los defectos de calidad ocurren por defectos en el procedimiento de producción, materia prima distinta, factores operación o por defectos de máquinas,

es muy importante evaluar todas las posibles causas para identificar la causa raíz del problema. Entonces el Hinshitsu Hozen es “producir correctamente desde la primera vez, evitando productos defectuosos, partiendo de tener en condiciones óptimas a los equipos” (Suzuki, 1996)

- **Prevención del mantenimiento:** Estas son las actividades que se realizan en la fase de diseño, construcción o adquisición de algún equipo, con la finalidad de evitar el mantenimiento, o en su defecto que el mantenimiento en dicho equipo sea el mínimo. “el primer objetivo del ingeniero en mantenimiento tiene que ser evitar el mantenimiento seleccionado adecuadamente los equipos en la fase de proyectos” (García, 2014).
- **Polivalencia y desarrollo de habilidades:** La gestión y desarrollo de las aptitudes humanas en una organización es fundamental, el TPM busca promover las capacitaciones del personal involucrado y promover las propuestas de mejora. Todo personal de operación debe tener habilidades para identificar averías, saber cómo funcionan los equipos que operan y la difusión del conocimiento entre compañeros, por parte de las áreas administrativas su apoyo normalmente es ofrecido a través de procesos productivos de información, involucrando así a ambas áreas en el mantenimiento y capacitación.
- **Gestión de seguridad y entorno:** Es aquí donde se enfatiza sobre la seguridad en el trabajo (Kobetsu Kaizen) y la conservación del medio ambiente, para ello es indispensable la aplicación de las 5S en el trabajo.

#### **2.2.2.4. Las 5S.**

Las "5S" proviene de 5 principios japoneses (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke) que nos sirven como un método de trabajo para talleres y oficinas que consiste en realizar actividades de orden, limpieza y detección de anomalías en los puestos de trabajo.

Por su sencillez permite la participación de todos los equipos dentro de la empresa, mejorando así el medio ambiente en el trabajo y la seguridad dentro de las instalaciones.

- **Seiri:** Organizar y seleccionar; Consiste en organizar todo y clasificar lo que sirve de lo que no sirve, el objetivo del seiri dentro de la empresa es tener un lugar de trabajo bien organizado, clasificado y libre de herramientas inservibles.
- **Seiton:** Ordenar; Luego de que tiramos lo que no sirve, establecemos normas de orden para cada herramienta, bajo el slogan "un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar" (Rey, 2005), asegurando su fácil accesibilidad.
- **Seiso:** Limpiar; Consiste en realizar la limpieza de tu área de trabajo así como que te identifiques con el puesto de trabajo, máquinas y equipos que tengas asignados. Esto es con el fin de mantener un área de trabajo libre de suciedad, virutas, polvo, etc.
- **Seiketsu:** Mantener la limpieza; Este paso consiste en establecer controles y estándares de limpieza para las áreas de trabajo, pero también incluye la revisión de los estándares normales de trabajo y del reporte si ocurre alguna anomalía dentro de algún indicador. Los indicadores pueden ser presión de manómetros, niveles de aceite, temperatura, etc.

- **Shitsuke:** Rigor en la aplicación de consignas y tareas; consiste en realizar autoinspecciones de forma diaria, establecer hojas de control y aplicarlas, esto es con el fin de mantener los logros alcanzados y obtener una mejora continua.

En conclusión, en las 5S las tres primeras S nos ayudaran a organizar, ordenar y limpiar, mientras que las dos últimas S sirven como herramientas de control y mejora continua.

**Figura 14**

*Método para implementar las 5S.*

	1 Limpieza inicial	2 Optimización	3 Formalización	4 Continuidad
<b>Organización y selección</b>	Separar lo que sirve de lo que no sirve	Clasificar lo que sirve	Implantar normas de orden en el puesto	Estabilizar y mantener lo alcanzado en las etapas anteriores  Practicar la mejora  Cuidar el nivel de referencia alcanzado  Evaluar (Auditoría 5S)
<b>Orden</b>	Tirar lo que no sirve	Definir la manera de dar un orden a los objetos	Colocar a la vista las normas así definidas	
<b>Limpieza</b>	Limpieza de las instalaciones/máquinas/equipos	Identificar focos de suciedad y localizar los lugares difíciles de limpiar y buscar una solución	Buscar las causas de suciedad y poner remedio para evitarlas	
<b>Mantener la limpieza</b>	Eliminar todo lo que no sea higiénico	Determinar las zonas sucias	Implantar y aplicar las gamas de limpieza	
<b>Rigor en la aplicación</b>	Acostumbrarse a aplicar la 5S en el seno del puesto de trabajo y respetar los procedimientos en vigor en el lugar de trabajo			
				Hacia el taller/oficina ideal

*Nota.* En esta imagen se muestra un método recomendado para implementar las 5S. Las 5S orden y limpieza en el puesto de trabajo – Método para aplicar las 5S.

### **2.2.2.5. Beneficios del TPM**

El TPM permite mejorar la competitividad de la empresa, reduciendo costes, mejorando los tiempos de entrega, mejorando la fiabilidad de las máquinas y la calidad del producto final, entonces el TPM puede traer beneficios en distintos ámbitos dentro de la industria.

#### **Beneficios en la empresa.**

- Mejora el ambiente de trabajo.
- Mejora el control de operaciones.
- Crea cultura de responsabilidad y disciplina.
- Fortalece la comunicación, dialogo y propuestas de mejora.
- Mejor capacitación y se desarrolla un aprendizaje permanente.

#### **Beneficios en seguridad.**

- Mejora las condiciones en seguridad.
- Crea una cultura de prevención.
- Crea una cultura de disciplina frente a las normas.
- Previene y elimina potenciales causas de accidentes.
- Elimina fuentes de contaminación.

#### **Beneficios en productividad.**

- Elimina las pérdidas que afectan la productividad.
- Mejora la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas.
- Reduce los costos en mantenimiento.
- Mejora la calidad de los productos finales.
- Crea personal competitivo y altamente calificado.

“Hay tres razones principales por las que el TPM se ha difundido tan rápidamente en la industria japonesa y ahora lo esté haciendo por todo el mundo: garantiza drásticos resultados, transforma visiblemente los lugares de trabajo, y eleva el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de producción y mantenimiento.” (Suzuki, 1996)

#### **2.2.2.6. Requerimientos del TPM**

El primer requerimiento para la implantación del TPM es la disposición al cambio, empezando por la adopción del TPM por parte de los altos mandos dentro de la industria y terminando en la disposición de los trabajadores a cambiar su forma de trabajo, aprender nuevas técnicas y capacitarse para mejorar los procesos. Todo esto se debe realizar en orden y siguiendo una guía o programa ya establecido. “para eliminar las seis grandes pérdidas debemos primero cambiar la actitud de las personas, incrementar sus capacidades, incrementar su motivación y competencia” (Nakajima, 1984).

#### **2.2.2.7. Implantación del TPM**

Para conseguir la implementación del TPM dentro de la empresa debemos seguir 12 pasos, sin embargo, para corroborar que nuestra implementación tuvo éxito debe pasar como mínimo tres años, en donde obtendremos datos reales para analizar y los cambios ya estarán arraigados en la empresa.

**Figura 15**

*Los 12 pasos para la implementación del TPM.*

FASE	PASO	DETALLES
<b>P R E P A R A C I O N</b>	1.- la alta dirección anuncia la introducción del TPM.	Conferencia sobre TPM en la compañía; publicación a medios comunicación.
	2.- Programas de educación y campañas para introducir TPM.	Directores: seminarios / reuniones según niveles.
	3.- Crear organizaciones para promover TPM.	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM; establecer oficina central y asignar Staff.
	4.- Establecer políticas básicas TPM y metas	Analizar las condiciones existentes; establecer metas; predecir resultados.
	5.- Formular plan maestro para desarrollo TPM.	Preparar planes detallados e implantación de las cinco actividades fundamentales.
<b>IMPLANTACIÓN PRELIMINAR</b>	6.- Organizar un acto de iniciación TPM.	Invitar clientes, afiliadas y compañías cooperadoras.
<b>I M P L E M E N T A C I O N  TPM</b>	7.- Mejorar la efectividad de cada pieza del equipo.	Seleccionar equipo modelo; formar equipo de proyecto.
	8.- Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.	Promover los siete pasos; fabricar útiles de diagnóstico y establecer procedimientos de certificación.
	9.- Desarrollar un programa de mantenimiento para el depart. de Mto <sup>o</sup> .	Incluye Mto <sup>o</sup> . periódico y predictivo y gestión de repuestos, herramientas, dibujos y program.
	10.- Dirigir entrenamiento para mejorar operación y capacidades de Mto <sup>o</sup> .	Entrenar a los líderes; los líderes comunican información con los miembros del grupo.
	11.- Desarrollar programa gestión equipos fases iniciales.	Diseño MP (prevención del Mto <sup>o</sup> .) control encargos; análisis LCC.
<b>ESTABILIZACIÓN</b>	12.- Implantación perfecta del TPM y elevación niveles TPM.	Evaluación para el premio PM, fijar objetivos más elevados.

*Nota.* En esta tabla se muestran los 12 pasos para el desarrollo del TPM y los detalles de cada etapa. Introducción al TPM – 12 pasos para la implementación.

### 2.2.2.8. Indicadores del TPM

Toda implementación debe tener alguna forma de cuantificarse, para el TPM esos indicadores son el MTBF, MTTR y el OEE.

**Figura 16**

*Indicadores del mantenimiento productivo total.*

Indicadores	Descripción	Fórmula
<b>MTBF</b>	Este indicador permite conocer cuánto tiempo el equipo no presenta alguna falla.	$\text{MTBF} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de horas de operación}}{\text{n}^\circ \text{ paradas correctivas}}$
<b>MTTR</b>	Este indicador refleja el tiempo en que el equipo se encuentra parado esperando la reparación.	$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{\text{n}^\circ \text{ de operaciones correctivas}}$
<b>OEE</b>	Este indicador permite conocer la eficiencia de los equipos a través de los siguientes parámetros :	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{T. dispon} - \text{T. parada no programada} - \text{T. parada programada}}{\text{T. disponible}}$
		$\text{Calidad} = \frac{\text{Total productos producidos} - \text{productos defectuosos}}{\text{Total productos producidos}}$
		$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tasa de producción real media}}{\text{Tiempo de producción estándar}}$

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Calidad} \times \text{Rendimiento}$$

*Nota.* En esta tabla se muestran los indicadores del TPM, una breve descripción de estos indicadores y la formula a aplicar. Introducción al TPM – Indicadores del Mantenimiento Productivo Total.

### **2.3. Definición de términos**

#### **Calidad:**

- Es la capacidad que tiene un producto para satisfacer las necesidades del consumidor.
- “Calidad significa conformidad con los requisitos” Philip B. Crosby.
- “Calidad es sobrepasar las expectativas y necesidades del cliente a lo largo de la vida del producto” W. Edwards Deming.

#### **Disponibilidad:**

- Es capacidad que tiene una máquina para realizar la función para la cual fue creada.
- “La disponibilidad es el tiempo de operación expresado como porcentaje del tiempo de calendario” (Takutaro Suzuki).
- “la capacidad de un elemento de encontrarse en un estado para desarrollar una función requerida bajo unas condiciones determinadas en un instante dado, asumiendo que se proveen los recursos externos requeridos.” (Norma Española UNE).

#### **Eficacia:**

- Consiste en lograr las metas establecidas.
- “Extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados” (ISO 9000:2008).
- “La eficacia hace referencia a nuestra capacidad para lograr lo que nos proponemos” (Editorial Gestión).

#### **Eficiencia:**

- Es ser eficaz utilizando la menor cantidad de recursos.
- “Hacer las cosas correctas” Starr (1974).

- “Expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos” (Fernández-Ríos y José C. Sánchez).
- “Se da cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo objetivo o cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos.” (Editorial Gestión).

**Efectividad:**

- “eficacia y efectividad son sinónimas y se pueden utilizar en forma intercambiable. Vienen las dos palabras de la misma raíz etimológica y sus definiciones generales (de diccionario) son parecidas.” (Karen Mokate).
- “Efectividad se entiende que los objetivos planteados sean trascendentes y éstos se alcancen”. (Gutierrez - 2007).

**Fiabilidad:**

- Es la capacidad de una máquina para realizar su función específica cuando se necesita.
- “aptitud de un elemento para realizar una función requerida, en condiciones dadas, durante un intervalo de tiempo dado” Norma Española UNE

**Mantenibilidad:**

- Es la facilidad con la que se puede reparar un activo.
- "la capacidad de un elemento, bajo determinadas condiciones de uso, para conservar, o ser restaurado a, un estado en el que pueda realizar la función requerida, cuando el mantenimiento se realiza bajo determinadas condiciones y usando procedimientos y recursos establecidos." Norma Española UNE

**Productividad:**

- "Es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla."  
(Organización internacional del trabajo OIT).
- "Es la razón aritmética de producto a insumo, dentro de un período determinado, con la debida consideración de calidad." (Harold Koontz, Heinz Weilrich Mc Graw Hill).

**Rendimiento:**

- Es la eficiencia en la producción.

**Vida útil:**

- Vida útil física: Es la duración estimada que tiene una máquina para seguir cumpliendo las funciones para las que fue creada.
- Vida útil económica: Es el periodo de tiempo en el que se espera que una máquina genere ganancias.

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Variables.**

#### **3.1.1. Definición conceptual de las variables.**

- Variable Independiente: Implementación del Mantenimiento Productivo Total.
- Variable dependiente: Baja disponibilidad mecánica en las máquinas de mecanizado.

### **3.2. Metodología.**

#### **3.2.1 Tipos de estudio.**

Esta investigación es de tipo práctica, aplicada o tecnológica, en donde resolvemos el problema de la baja disponibilidad de las máquinas con la ayuda de la metodología mantenimiento productivo total. “la investigación aplicada, también llamada utilitaria, se plantea problemas concretos que requieren soluciones inmediatas” (Boena, 2007)

#### **3.2.2 Diseño de investigación.**

El diseño de esta investigación es de tipo experimental, ya que se trabaja con el indicador de la disponibilidad de las máquinas de mecanizado, e incrementaremos su valor.

“El método experimental es un procedimiento científico que permite inducir relaciones empíricas entre variables o comprobar la veracidad de una hipótesis, ley o modelo, por medio de un experimento controlado.” (Boena, 2007)

#### **3.2.3 Método de investigación.**

El método de estudio aplicado es explicativo. Se explica la importancia del uso de la metodología del TPM como herramienta de mejora continua, la reducción en costos de mantenimiento, y el incremento en la disponibilidad en las máquinas.

### **3.3. Población muestra y muestreo.**

#### **3.3.1. Población.**

Para realizar este trabajo de investigación mi población son las más de 20 máquinas del área de maestranza en CROMMETS, entre ellos podemos encontrar, tornos, fresadoras, rectificadoras cilíndricas, rectificadoras planas, bruñidoras, cortadoras e inversores tig, mig y arco. Mi población para la aplicación del TPM es el personal de todas las áreas de la empresa.

#### **3.3.2. Muestra.**

Mi muestra para realizar el trabajo de investigación son los cuatro tipos de equipos con mayor número de mantenimientos correctivos, las rectificadoras cilíndricas, rectificadoras planas, los tornos y las fresadoras.

#### **3.3.3. Muestreo.**

Para realizar este estudio se seleccionó solo las máquinas críticas, según la tabla de criticidad de máquinas que tiene la empresa dentro del área de maestranza.

### **3.4. Herramientas de investigación.**

Al realizar el siguiente trabajo de investigación se utilizaron las siguientes herramientas:

- Datos de costos de la empresa.
- Fichas de observación.
- Reportes de mantenimiento.
- Cotizaciones de compra.
- Tabla de criticidad de las máquinas.
- Tabla de disponibilidad de las máquinas.
- Reportes de incidentes diarios.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

#### 4.1. Análisis situacional.

##### 4.1.1. Descripción de la empresa.

CROMMETS E.I.R.L. “Es una empresa creada y dedicada al cromado duro desde sus inicios. Nuestra experiencia adquirida en estos años ha resultado en la evolución y mejora de nuestros procesos, renovando y modernizando nuestras instalaciones para ofrecer un servicio de alta calidad.” (Brochure empresarial, CROMMETS)

#### Figura 17

*Misión y visión de la empresa.*



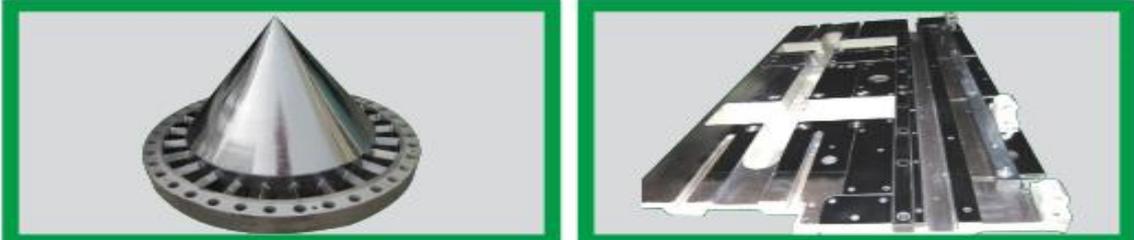
**MISIÓN**

Brindar el mejor servicio de cromo duro a la industria en general, satisfaciendo las exigencias y necesidades de cada uno de nuestros clientes, proporcionándoles soluciones técnicas en cada aplicación.

Ofrecer la mejor relación calidad/precio y proteger el medio ambiente.

**VISIÓN**

Ubicarnos en el mercado como la mejor empresa especializada en servicio de cromo duro brindando calidad, economía y servicio personalizado.

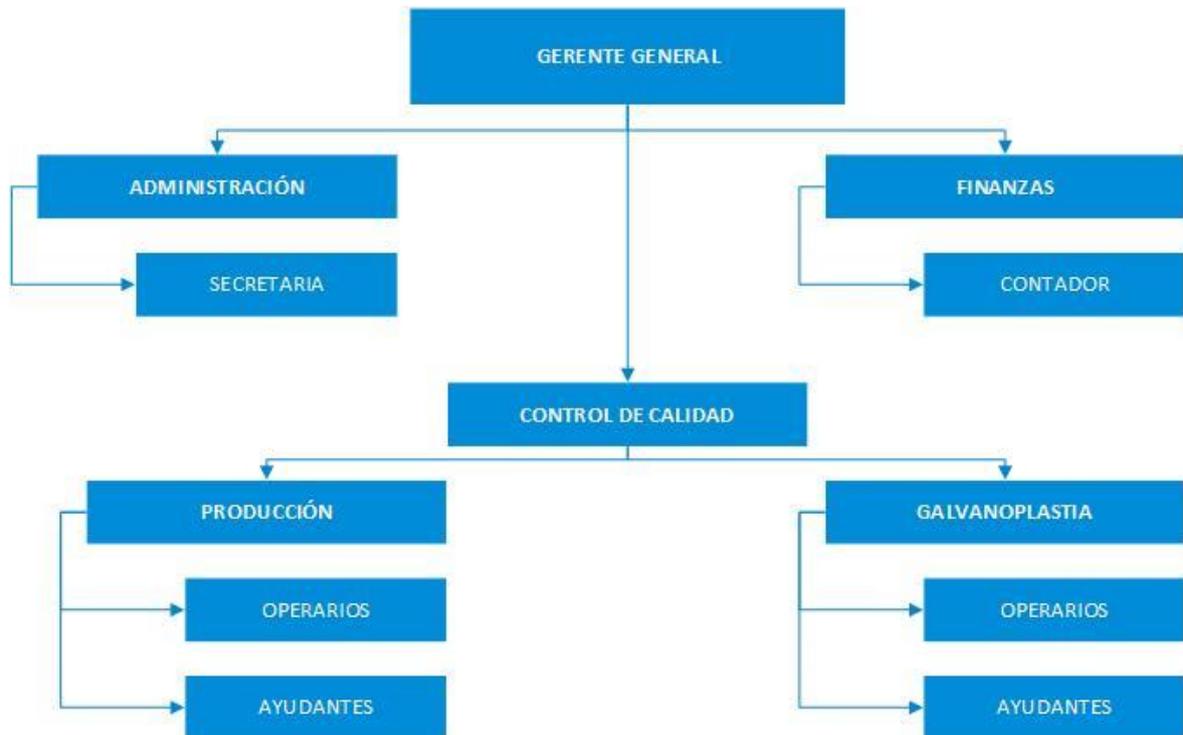


*Nota.* En esta imagen se muestra la misión y la visión de la empresa y algunos de los trabajos realizados. CROMMETS EIRL – Brochure empresarial.

#### 4.1.2. Organigrama de la empresa

Figura 18

Organigrama de la empresa.



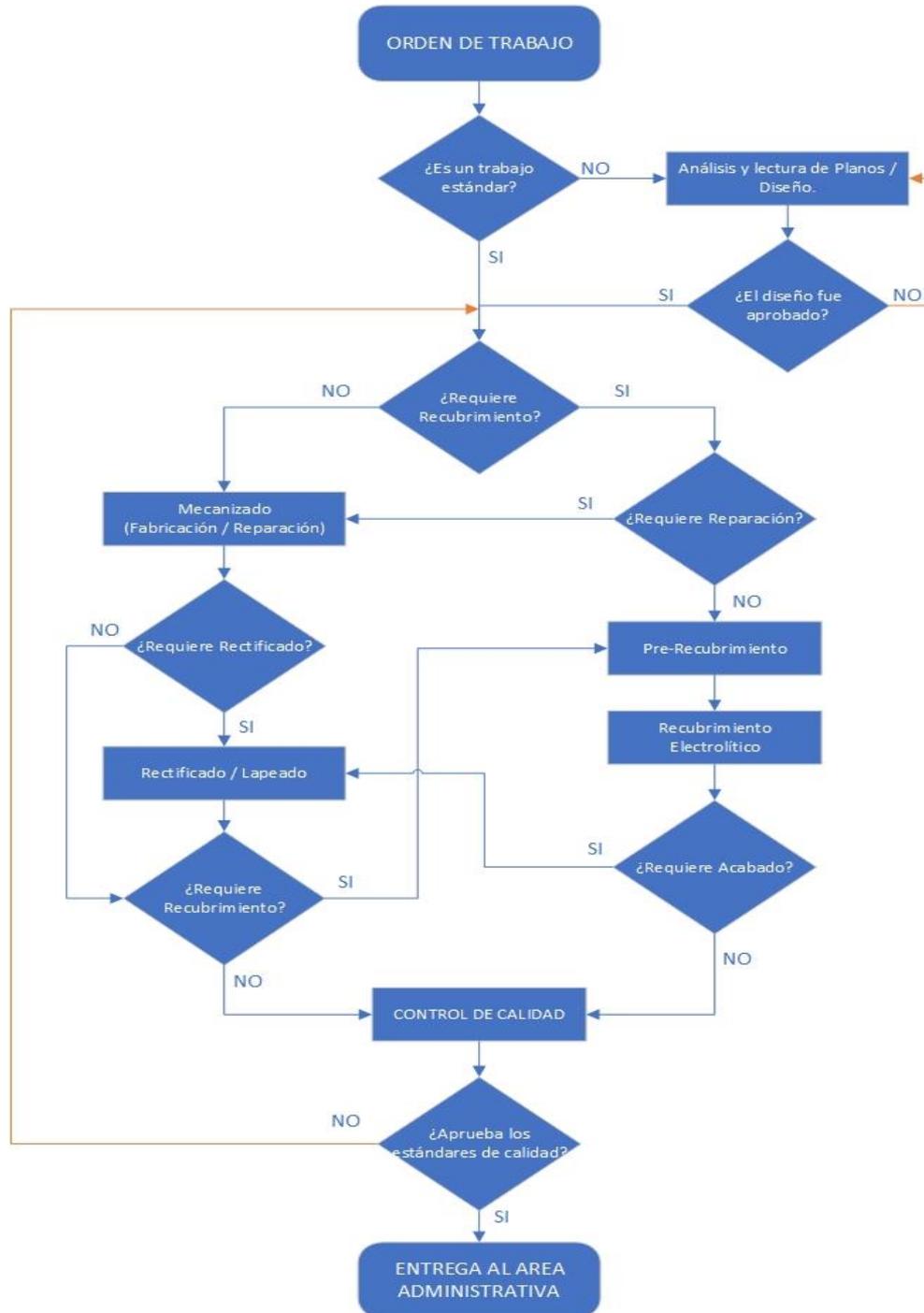
*Nota.* En esta imagen se muestra el organigrama de la empresa y la jerarquía en los puestos de trabajo. CROMMETS EIRL – Mural informativo.

#### 4.1.3. Diagrama de procesos.

En el siguiente diagrama se muestran los procesos generales en producción al adquirir una nueva orden de trabajo o compra.

**Figura 19**

*Diagrama de procesos generales de la empresa.*



*Nota.* En este diagrama se muestra todos los procesos que se deben realizar iniciando con la adquisición de una orden de trabajo. Elaboración propia – Procesos de la empresa.

#### 4.1.4. Criticidad de las máquinas.

En la siguiente matriz podremos apreciar la cantidad de máquinas grandes que se posee dentro del área de maestranza y también la criticidad e importancia de cada una de ellas.

Para reducir esta matriz no incluí las máquinas pequeñas con baja criticidad.

**Figura 20**

*Matriz de criticidad de las máquinas en el área de maestranza.*

MATRIZ DE CRITICIDAD							
Versión: 2020		PESO	VALORACIÓN				
			Muy Bajo = 1	Bajo = 3	Medio = 5	Alto = 7	Muy Alto = 9
C R I T I C I D A D	Frecuencia de falla	2	>= 1 año	de 3 meses a 1 año	de 15 días a 3 meses	1 día a 2 semanas	1 día
	Impacto en producción	1	1 hora	6 horas	12 horas	1 día	<= a 3 días
	Costo de reparación	0,5	Gasto Irrelevante	Gasto Bajo	Gasto Razonable	Gasto Importante	Gasto Alto
	Impacto en seguridad	1	No existe riesgo	Daños leves	Daños graves	Daños muy graves	Riesgo de muerte
	Impacto ambiental	0,5	No existe daño	Daños reversibles	Violación de normativas	Impacto en la localidad	Impacto en la comunidad

AREA DE MAESTRANZA								
ITEM	EQUIPO (TAG)	Frecuencia de falla	Impacto en producción	Costo de reparación	Impacto en seguridad	Impacto ambiental	Valor de criticidad	Criticidad del equipo
		2	1	0,5	1	0,5		
1	Rec. Cilíndrica 2m (RC 2)	5	7	7	3	3	25	AC
2	Rec. Plana 1m (RP 1)	5	7	7	3	3	25	AC
3	Torno 32"x3m (TM 3)	5	7	7	3	1	24	AC
4	Fresadora N°3 (FU N°3)	5	7	7	3	1	24	AC
5	Rec. Cilíndrica 1m (RC 1A)	3	3	5	3	3	16	MC
6	Rec. Cilíndrica 1m (RC 1B)	3	3	5	3	3	16	MC
7	Fresadora N°2 (FU N°2A)	3	3	5	3	1	15	MC
8	Fresadora N°2 (FU N°2B)	3	3	5	3	1	15	MC
9	Bruñidora de Cilindros (BC)	1	7	5	3	1	15	MC
10	Torno 30"x1.5m (TM 1.5A)	3	3	5	3	1	15	MC
11	Torno 30"x1.5m (TM 1.5B)	3	3	5	3	1	15	MC
12	Rec. Plana 0.5m (RP 0.5A)	3	1	5	3	3	14	MC
13	Rec. Plana 0.5m (RP 0.5B)	3	1	5	3	3	14	MC
14	Soldadora de Arco (SArc)	1	5	5	3	1	13	MC
15	Soldadora TIG (STig)	1	5	5	3	1	13	MC
16	Soldadora MIG (SMig)	1	5	5	3	1	13	MC
17	Rec. Cilíndrica 0.5m (RC 0.5A)	3	1	3	3	3	13	MC
18	Rec. Cilíndrica 0.5m (RC 0.5B)	3	1	3	3	3	13	MC
19	Torno 12"x0.8m (TM 0.5A)	3	1	3	3	1	12	BC
20	Torno 12"x0.8m (TM 0.5B)	3	1	3	3	1	12	BC

LEYENDA		
CRITICIDAD	ABREVIATURA	RANGO
Altamente Críticos	AC	> 23
Medianamente Críticos	MC	< 13 - 23 >
Baja Criticidad	BC	> 13

*Nota.* En esta matriz se muestra la criticidad de las máquinas y las consideraciones que se tomaron en cuenta para evaluar su criticidad. Elaboración propia – Matriz de criticidad de las máquinas CROMMETS.

#### **4.1.5. Análisis Ishikawa.**

##### **4.1.5.1. Análisis en método.**

Para realizar el análisis en método investigamos las quejas y los problemas encontrados en los procesos dentro de la empresa.

##### **a) Insatisfacción del cliente.**

Existen quejas de los clientes por no cumplir con los plazos de entrega o por trabajos incompletos, estas quejas principalmente se deben a la falta de una buena comunicación del área de administrativa con el área de producción. Se programaban trabajos sin considerar los trabajos en marcha o no se actualizan las ordenes de trabajo.

##### **b) Falta de datos en las OT.**

No se emplea un formato de orden de trabajo que recopile toda la información necesaria para brindar un correcto servicio, esto trae como consecuencia la falta de datos como ajustes, tolerancia, acabados, material, tratamiento térmico, etc. En algunos casos dichos trabajos poseen planos mecánicos los cuales no son adjuntados.

**c) Consumibles sin stock.**

No existe seguimiento al stock de los consumibles empleados durante los procesos productivos. En algunas ocasiones cuando se necesita un inserto para torno, abrasivo, pasta, o cualquier otro consumible, no se tiene en los almacenes, entonces tienes que esperar que compren los consumibles para poder continuar con el trabajo.

**d) Demora en la compra de materiales.**

No se posee un formato de requerimiento de materiales. En algunas ocasiones el personal de producción pide un material para iniciar una nueva orden de trabajo, sin embargo, el material no llega porque el requerimiento no fue entregado a los proveedores.

**e) Falta de calibración de los instrumentos.**

No existe certificación que valide el buen estado de los instrumentos. Nuestros clientes más exigentes solicitan los certificados de calibración, en algunos casos los clientes tienen que traer sus propios instrumentos certificados para corroborar las medidas.

**f) Perdida de herramientas.**

Se extravían algunas herramientas en las instalaciones de la empresa, Esto se debe a la falta de organizadores de herramientas y a la falta de control.

**4.1.5.2. Análisis en máquinas.**

**a) Diagrama de Pareto.**

Con la ayuda de este diagrama determinaremos las fallas con mayor impacto en la producción, se priorizará la atención de las fallas con un impacto del 70%.

**Tabla 1**

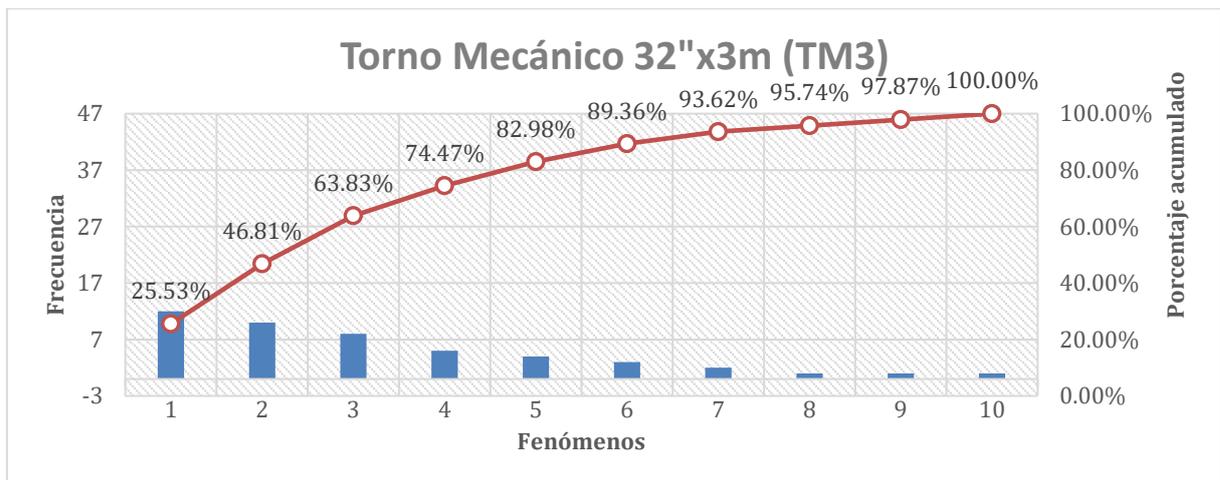
*Tabla de fallas del torno mecánico – 2020.*

Equipo	Causa / Problema / Fenómeno	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Torno Mecánico 32"x3m (TM3)	1 Falla en el embrague	12	25%	25%
	2 Ajuste y calibración	10	21%	46%
	3 Sistema de lubricación tapado	8	17%	63%
	4 Falla en el tablero de control	5	10%	74%
	5 Falla en la caja de cambio	4	8%	82%
	6 Desgaste en fajas	3	6%	89%
	7 Fuga de aceite	2	4%	93%
	8 Sobrecalentamiento de motor	1	2%	95%
	9 Rotura de piñón de transmisión	1	2%	97%
	10 Desgaste en rodamientos	1	2%	100%

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron adquiridos del registro de fallas de la empresa.

**Figura 21**

*Diagrama de pareto del torno mecánico.*



*Nota.* En este diagrama se muestra el porcentaje acumulado de las fallas en el torno mecánico. Elaboración propia – Datos obtenidos de la empresa.

**Tabla 2**

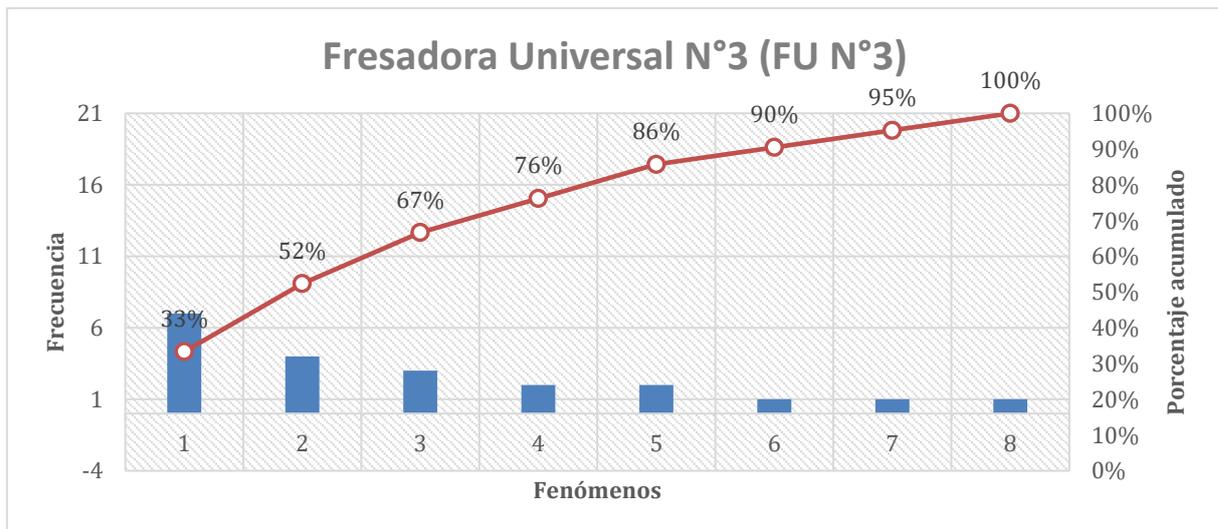
*Tabla de fallas de la fresadora universal N°3 – 2020.*

Equipo	Causa / Problema / Fenómeno	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Fresadora Universal N°3 (FU N°3)	1 Ajuste y calibración	7	33%	33%
	2 Falla en el sistema eléctrico	4	19%	52%
	3 Sistema de lubricación tapado	3	14%	67%
	4 Falla en el tablero de control	2	10%	76%
	5 Desgaste en fajas	2	10%	86%
	6 Sobrecalentamiento de motor	1	5%	90%
	7 Falla en los sensores de posición	1	5%	95%
	8 Desgaste en poleas	1	5%	100%

Nota. Los datos de esta tabla fueron adquiridos del registro de fallas de la empresa.

**Figura 22**

*Diagrama de pareto de la fresadora universal N°3.*



Nota. En este diagrama se muestra el porcentaje acumulado de las fallas en la Fresadora Universal N°3. Elaboración propia – Datos obtenidos de la empresa.

**Tabla 3**

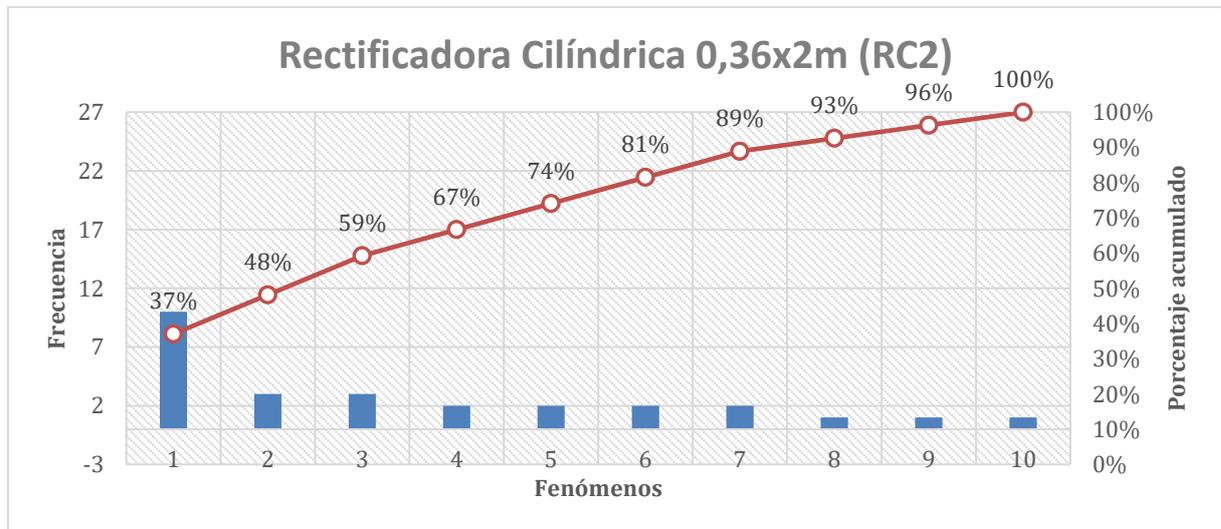
Tabla de fallas de la rectificadora cilíndrica – 2020.

Equipo	Causa / Problema / Fenómeno	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Rectificadora Cilíndrica 0,36x2m (RC2)	1 Bomba de refrigeración tapada	10	37%	37%
	2 Sistema de lubricación tapado	3	11%	48%
	3 Nivelación de bancada	3	11%	59%
	4 Falla en el tablero de control	2	7%	67%
	5 Falla del sistema eléctrico	2	7%	74%
	6 Contaminación del tanque de aceite	2	7%	81%
	7 Filtro de aceite sucio	2	7%	89%
	8 Desgaste en fajas	1	4%	93%
	9 Desgaste en rodamientos	1	4%	96%
	10 Desgaste en cojinetes	1	4%	100%

Nota. Los datos de esta tabla fueron adquiridos del registro de fallas de la empresa.

**Figura 23**

Diagrama de pareto de la rectificadora cilíndrica.



Nota. En este diagrama se muestra el porcentaje acumulado de las fallas en la rectificadora cilíndrica. Elaboración propia – Datos obtenidos de la empresa.

**Tabla 4**

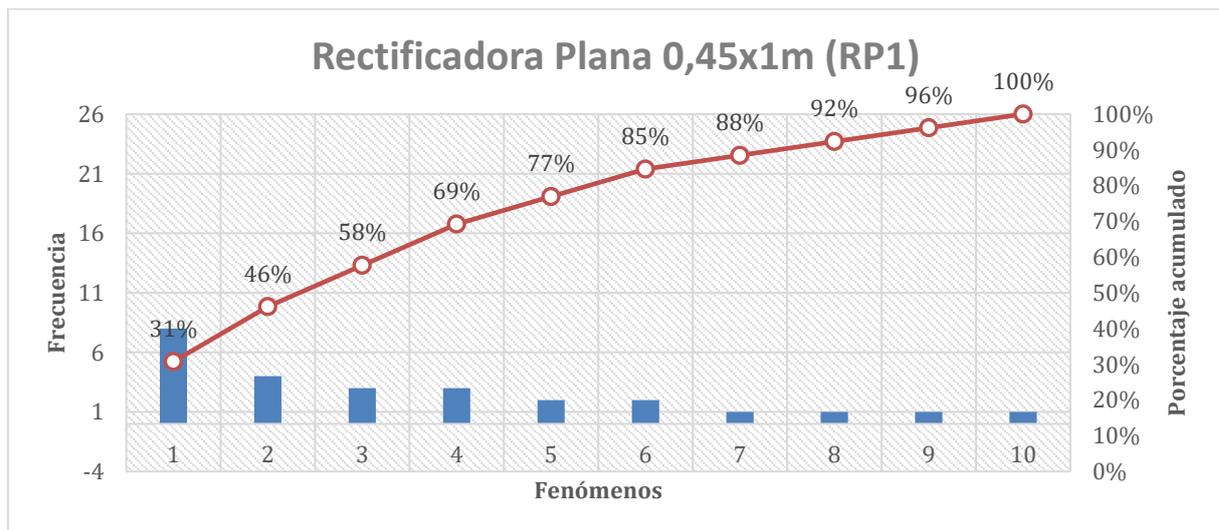
Tabla de fallas de la rectificadora plana – 2020.

Equipo	Causa / Problema / Fenómeno	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Rectificadora Plana 0,45x1m (RP1)	1 Bomba de refrigeración tapada	8	31%	31%
	2 Falla en el sistema eléctrico	4	15%	46%
	3 Descaste en base magnética	3	12%	58%
	4 Nivelación de bancada	3	12%	69%
	5 Filtro de aceite sucio	2	8%	77%
	6 Pérdida de presión hidráulica	2	8%	85%
	7 Falla en el tablero de control	1	4%	88%
	8 Sobrecalentamiento de motor	1	4%	92%
	9 Fuga de aceite	1	4%	96%
	10 Descaste en la bancada	1	4%	100%

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron adquiridos del registro de fallas de la empresa.

**Figura 24**

*Diagrama de pareto de la rectificadora plana.*



*Nota.* En este diagrama se muestra el porcentaje acumulado de las fallas en la rectificadora plana. Elaboración propia – Datos obtenidos de la empresa.

La tabla de seguimiento de las fallas 2020 se encuentra en el Anexo 01.

Luego de analizar las cuatro máquinas críticas, llegamos a la conclusión que los fenómenos con mayor impacto son los siguientes:

**Tabla 5**

*Fallas con mayor frecuencia en máquinas críticas.*

<b>Equipo</b>	<b>Causa / Problema / Fenómeno</b>
<b>TM3</b>	1 Falla en el embrague
	2 Ajuste y calibración
	3 Sistema de lubricación tapado
<b>FU N°3</b>	1 Ajuste y calibración
	2 Falla en el sistema eléctrico
	3 Sistema de lubricación tapado
<b>RC2</b>	1 Bomba de refrigeración tapada
	2 Sistema de lubricación tapado
	3 Nivelación de bancada
	4 Falla en el tablero de control
<b>RP1</b>	1 Bomba de refrigeración tapada
	2 Falla en el sistema eléctrico
	3 Descaste en base magnética
	4 Nivelación de bancada

**b) Análisis de disponibilidad.**

En la siguiente matriz se muestra la disponibilidad mensual de cada una de las máquinas críticas, y también su promedio anual.

**Tabla 6***Disponibilidad mecánica en máquinas críticas.*

<b>2019</b>	<b>R. Cilíndrica</b>	<b>R. Plana</b>	<b>Fresadora</b>	<b>Torno</b>	<b>Promedio</b>
Enero	90%	95%	95%	79%	90%
Febrero	95%	85%	83%	89%	88%
Marzo	76%	95%	79%	95%	86%
Abril	92%	85%	95%	81%	88%
Mayo	79%	79%	94%	94%	86%
Junio	95%	94%	85%	88%	90%
Julio	96%	88%	88%	94%	91%
Agosto	83%	90%	86%	92%	88%
Septiembre	79%	92%	90%	93%	88%
Octubre	95%	94%	92%	79%	90%
Noviembre	93%	79%	96%	96%	91%
Diciembre	83%	95%	84%	89%	88%
<b>Promedio, Anual:</b>					<b>89.27%</b>

<b>2020</b>	<b>R. Cilíndrica</b>	<b>R. Plana</b>	<b>Fresadora</b>	<b>Torno</b>	<b>Promedio</b>
Enero	88%	95%	88%	92%	91%
Febrero	94%	80%	95%	80%	87%
Marzo	89%	93%	88%	95%	91%
Abril	0%	0%	0%	0%	0%
Mayo	0%	0%	0%	0%	0%
Junio	0%	0%	0%	0%	0%
Julio	92%	92%	92%	92%	92%
Agosto	87%	88%	95%	88%	89%
Septiembre	75%	91%	94%	93%	88%
Octubre	93%	89%	88%	86%	89%
Noviembre	88%	82%	86%	88%	86%
<b>Promedio, Anual:</b>					<b>89.62%</b>

*Nota.* En esta tabla se muestra la disponibilidad Nakajima y el promedio anual de para las máquinas críticas. Elaboración propia - Datos obtenidos de los registros de la empresa.

La tabla con los datos completos de la disponibilidad se encuentra en el Anexo 02.

### c) Análisis del Mantenimiento.

Para realizar el análisis del mantenimiento revisaremos los indicadores del Mean Time Between Failure (MTBF) y el Mean Time To Repair (MTTR), para ellos usaremos la fórmula de Seiichi Nakajima.

**Figura 25**

*Formula del MTBF y MTTR según Nakajima.*

MTBF	Este indicador permite conocer cuando el equipo presenta alguna falla.	$MTBF = \frac{n^{\circ} \text{ de horas de operación}}{n^{\circ} \text{ paradas correctivas}}$
MTTR	Este indicador refleja el tiempo medio para realizar una reparación.	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{n^{\circ} \text{ de operaciones correctivas}}$

*Nota.* En esta imagen se muestra las fórmulas aplicadas para calcular el MTBF y el MTTR.

Introducción al TPM – Indicadores del TPM.

**Tabla 7**

*Indicadores del mantenimiento en máquinas críticas - 2020.*

Equipo	Mes	Horas Operativas	Paradas por averías	Tiempo de Parada	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)
<b>(Rectificadora Cilíndrica 2M)</b>	Enero	192	3	23	56.3	7.7
	Febrero	192	1	9	183	9
	Marzo	192	2	22	85	11
	Julio	192	2	15	88.5	7.5
	Agosto	192	3	8	61.3	2.7
	Septiembre	192	2	11	90.5	5.5
	Octubre	192	1	23	169	23
	Noviembre	192	1	25	167	25
<b>(Rectificadora Plana 1M)</b>	Enero	192	1	8	184	8
	Febrero	192	1	37	155	37
	Marzo	192	1	13	179	13
	Julio	192	2	15	88.5	7.5
	Agosto	192	3	23	56.3	7.7
	Septiembre	192	2	17	87.5	8.5
	Octubre	192	3	20	57.3	6.7
	Noviembre	192	1	34	158	34

<b>(Fresadora Universal N°3)</b>	<b>Enero</b>	<b>192</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>169</b>	<b>23</b>
	Febrero	192	1	9	183	9
	Marzo	192	2	22	85	11
	Julio	192	2	15	88.5	7.5
	Agosto	192	1	8	184	8
	Septiembre	192	1	11	181	11
	Octubre	192	3	23	56.3	7.7
	Noviembre	192	1	25	167	25
<b>(Torno Mecánico 32"x3m)</b>	Enero	192	2	15	88.5	7.5
	Febrero	192	4	37	38.8	9.3
	Marzo	192	1	8	184	8
	Julio	192	2	15	88.5	7.5
	Agosto	192	3	23	56.3	7.7
	Septiembre	192	1	12	180	12
	Octubre	192	1	27	165	27
	Noviembre	192	2	23	84.5	11.5
<b>Promedio anual:</b>					<b>120.80</b>	<b>12.7</b>

*Nota.* En esta tabla se muestran los valores del MTBF y MTTR mensual y también el promedio anual del 2020. Elaboración propia - Datos obtenidos de los registros de la empresa.

Analizando el promedio anual en todas las máquinas críticas, se puede concluir que las máquinas críticas fallan cada 120.8 horas al mes y que el personal de mantenimiento demora 12 horas y 42 minutos en reparar exitosamente una falla.

#### **d) Análisis de calidad y rendimiento.**

Para realizar este análisis evaluamos la calidad y el rendimiento en los bienes más solicitado que ofrece la empresa, "ejes cromados".

Para calcular estos indicadores usaremos las siguientes formulas:

**Figura 26**

Formula de la calidad y el rendimiento.

$$Calidad = \frac{Total\ productos\ producidos - productos\ defectuosos}{Total\ productos\ producidos}$$

$$Rendimiento = \frac{Velocidad\ de\ producción\ ideal}{Velocidad\ de\ producción\ real}$$

Nota. Introducción al TPM – Indicadores del TPM.

**Tabla 8**

Calidad y rendimiento en el producto con mayores ventas – 2020.

Producto	Mes	Reposición (unidades)	Producto (Pza.)		Velocidad (min)		Calidad	Rendimiento
			Bueno	Reproceso	Ideal	Real		
Eje cromado Ø = 1" L=0,5m	Enero	21	19	2	7770	8390	91%	93%
	Febrero	18	16	2	6660	7280	89%	92%
	Marzo	15	14	1	5550	5860	93%	95%
	Julio	17	16	1	6290	6600	94%	95%
	Agosto	24	22	2	8880	9500	92%	93%
	Septiembre	20	18	2	7400	8020	90%	92%
	Octubre	22	20	2	8140	8760	91%	93%
	Noviembre	17	16	1	6290	6600	94%	95%
	Diciembre	21	19	2	7770	8390	91%	93%
<b>Promedio, Anual:</b>							<b>91,55%</b>	<b>93,41%</b>

TIEMPO IDEAL PARA LA FABRICACIÓN DE UN EJE CROMADO					
Fabricación	Cromado	Rec. Inicial	Rec. Final	Acabado	Generales.
60 min	180 min	30 min	30 min	10 min	60 min

FORMULAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO
Velocidad Ideal = 370*Unidades a reponer (Reposición)
Velocidad Real = Vel. Ideal + (370*Reproceso) + (60*Reprocesos)
Calidad = (Productos Buenos / Reposición) * 100
Rendimiento = (Vel. Ideal / Vel. Real) *100

*Nota.* En esta tabla se muestra los valores mensuales de la calidad y el rendimiento y también el promedio anual. Datos obtenidos de los registros de la empresa.

**e) Análisis del OEE.**

La efectividad total del equipo o el overall equipment effectiveness nos permite saber la eficiencia general de los equipos mediante los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad.

**Figura 27**

*Criterios de calificación del OEE.*

CRITERIOS		
OEE	Calificativo	Consecuencias
< 65%	Inaceptable	Grandes pérdidas
< 75%	Regular	Necesita mejorar.
< 85%	Aceptable	Competitividad aceptable.
< 95%	Buena	Competitividad buena.
>= 95%	Excelencia	Competitividad excelente.

*Nota.* En este diagrama se muestra el porcentaje acumulado de las fallas en el torno mecánico. Renova – Indicadores del TPM.

**Tabla 9**

*Tabla de resultados del OEE – 2020.*

Disponibilidad	Calidad	Rendimiento	OEE
89,44%	91,55%	93,41%	76,49%

*Nota.* Para el calculo de la efectividad total de los equipos, se está empleando los valores de la disponibilidad, calidad y rendimiento con 2 decimales porque de no hacerlo afecta el resultado del OEE.

Entonces actualmente tenemos una eficiencia en equipos críticos del 76.49%, por lo que nuestra competitividad es aceptable, sin embargo, este indicador también nos dice que existe mucho por mejorar.

#### **4.1.5.3. Análisis en mano de obra.**

En el análisis en mano de obra evaluamos a todos los trabajadores, sus funciones asignadas y la eficiencia al realizarlas.

##### **a) Falta de evaluación de desempeño.**

Si bien, se dice y demuestra con certificados que el personal está bien capacitado para realizar sus distintas funciones, este desempeño no es evaluado, por lo tanto, no se puede asegurar que sus funciones las realicen eficientemente.

##### **b) Falta de orden.**

No existe control ni registro de las herramientas que se usan, en muchas ocasiones se observó que las herramientas de precisión no son cuidadas adecuadamente, todas las herramientas e instrumentos se acumulan sobre una mesa y en algunas ocasiones no se guardan adecuadamente al finalizar del día.

##### **c) Control en el uso del EPP.**

Se observo que pese a tener un mapa de riesgos con los EPP a usar en las distintas áreas de trabajo, algunos operarios no los usan o su uso era inadecuado. No se posee un control ni seguimiento del correcto uso de los EPP, esto puede ocasionar que simples incidentes se vuelvan accidentes.

**d) Falta de capacitación.**

Se pudo observar que algunos trabajadores no tienen bien claro la importancia de usar los equipos de protección y que la falta de orden en las instalaciones puede generar accidentes. Por lo tanto, se requiere capacitaciones en seguridad y salud en el trabajo (SST) y en las 5S.

**4.1.5.4. Análisis en medio ambiente.**

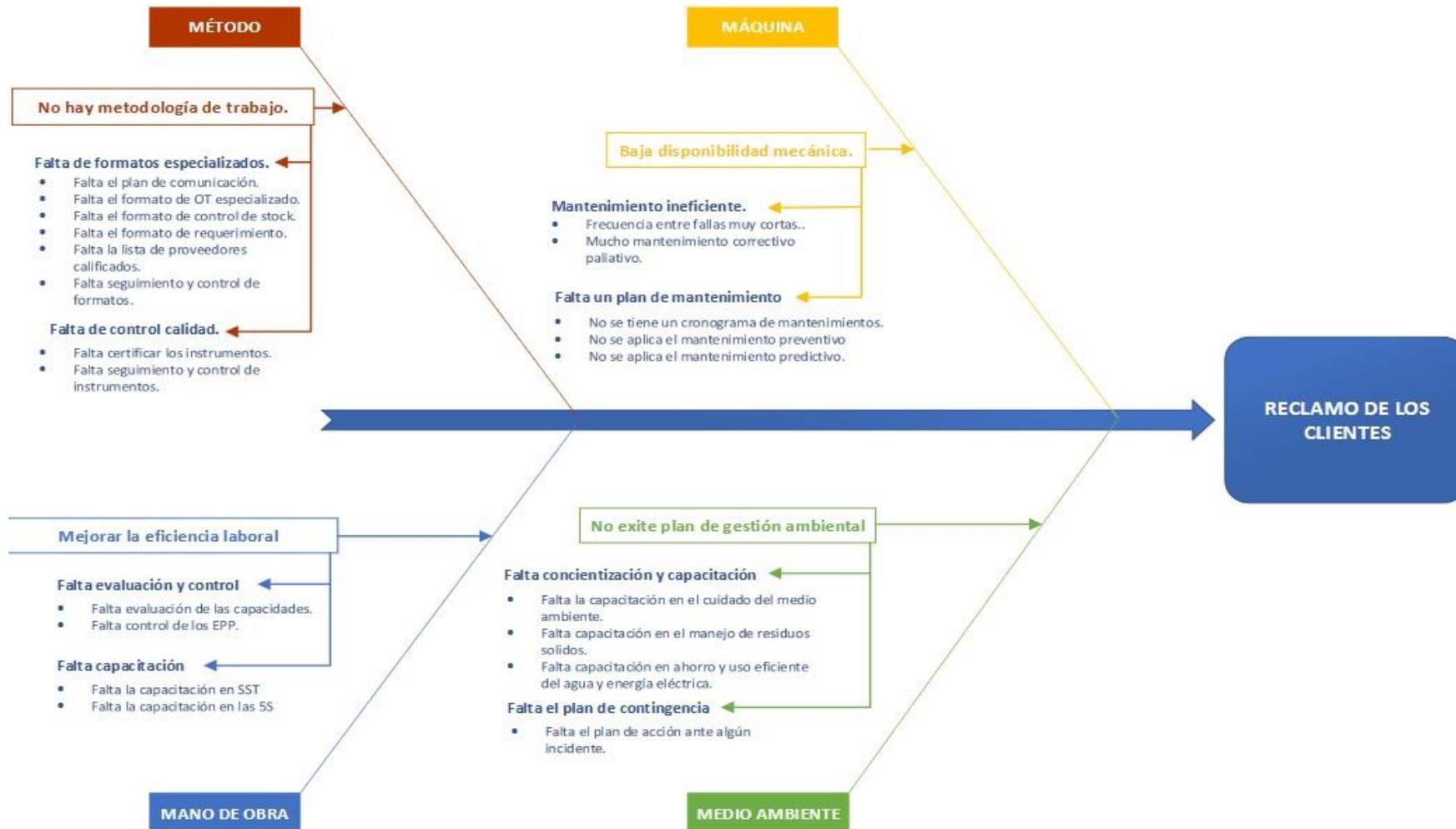
Se pudo observar que no se da la importancia necesaria al cuidado del medio ambiente, no posee un plan de gestión ambiental, no hay un manejo adecuado de residuos sólidos, falta de capacitación y concientización en la importancia del cuidado del medio ambiente.

**4.1.5.5. Diagrama ISHIKAWA.**

También conocido como el diagrama de causa efecto, con la ayuda de este diagrama podremos analizar mejor las falencias que tiene la empresa, para posteriormente plantear la solución más adecuada, este diagrama nos servirá también como herramienta de mejora continua.

Figura 28

Diagrama de causa – efecto.



#### 4.1.6. Proceso de homologación.

Para realizar exitosamente el proceso de homologación, se nos informó que la empresa evaluada necesita cumplir los siguientes aspectos:

**Tabla 10**

*Puntos críticos de la evaluación, homologación.*

<b>PUNTOS CRÍTICOS DE LA EVALUACIÓN</b>	
<b>Aspecto laboral</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Metodología de trabajo.</li><li>• Capacitaciones realizadas.</li><li>• Evaluación de conocimiento y rendimiento.</li><li>• Información jurídica de empleados.</li><li>• Registro de entrega de EPP.</li><li>• Encuesta de satisfacción de clientes.</li><li>• Formatos de seguimiento y control de procesos.</li></ul>
<b>Aspecto productivo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plan de mantenimiento autónomo, preventivo.</li><li>• Disponibilidad mecánica mensual.</li><li>• Seguimiento y control de stock en almacenes.</li><li>• Carta de garantía de los servicios.</li><li>• Informe técnico de los servicios.</li></ul>
<b>Gestión de calidad</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Emplear normas para el control calidad.</li><li>• Proceso de control de calidad.</li><li>• Certificación de instrumentos de control de calidad.</li><li>• Certificado de calidad del servicio.</li></ul>
<b>Gestión en seguridad y medio ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Implementación de las 5S.</li><li>• Capacitación en SST.</li><li>• Capacitación en cuidado del medio ambiente.</li><li>• Plan de gestión ambiental.</li><li>• Indicadores de control.</li></ul>

*Nota.* Esta información fue brindada por un aliado estratégico de la empresa, quien ya había pasado la evaluación de la homologación.

## **4.2. Alternativas de solución.**

### **4.2.1. Alternativa 1: Realizar la homologación sin realizar cambios.**

Esta alternativa implica no hacer ningún cambio ni mejora y pasar la evaluación de la homologación tal como nos encontramos.

**Tabla 11**

*Análisis en costo – beneficio para la alternativa 1.*

<b>PROS</b>	<b>CONTRAS</b>
Sin más gastos operativos.	No aplica ninguna mejora.
Sin más pérdidas en producción.	Se continúa con los problemas.
Sin gasto en capacitación.	Posible pérdida de un cliente importante. (14.7% de los ingresos de la empresa)
Sin cambio en los planes.	

<b>REQUISITOS</b>	<b>COSTO ANUAL</b>
Pagar la homologación.	Homologación: 680 soles.
	Costo del Mantto: 28,078.13 soles.
	Repuestos por Mantto: 27,150 soles.
<b>INVERSIÓN TOTAL:</b>	<b>55.908,13 soles.</b>

*Nota.* Elaboración propia – Datos de la empresa.

Al optar por esta opción asumimos que los costos por mantenimiento y el costo de los repuestos se establecen como un costo anual, este último costo fue obtenido del registro de gastos de la empresa.

**El costo del mantenimiento incluye:**

- Costo en mano de obra: 12.5 soles por hora.
- Horas de trabajo por mantenimiento: 599 horas.
- Número de trabajadores asignados: 2 a 4. (3 habitualmente).
- Pago extra por sobre tiempo: 25% más.

**El costo en repuestos por mantenimiento incluye:**

- Costo de fabricación de piezas.
- Costo de compra del repuesto.

El valor 14.7% es la representación del Grupo Romero en los ingresos de la empresa este valor se obtuvo de los datos presentados durante la homologación.

**4.2.2. Alternativa 2: Implementar las 5S.**

En esta alternativa se propone implementar las 5S como herramienta de trabajo, para resolver parte de los problemas que se enfrentan.

**Tabla 12**

*Análisis en costo – beneficio para la alternativa 2.*

<b>PROS</b>	<b>CONTRAS</b>
Mejor apreciación de la empresa.	Se soluciona una parte mínima del problema global.
Mayor orden y limpieza en las áreas de trabajo.	Destinar personal a la implementación.
Menor número de incidentes laborales.	Parar una parte de la producción
Mejora la productividad.	Continúa la mayoría de los problemas. Posible pérdida de un cliente importante. (14.7% de los ingresos de la empresa)

<b>REQUISITOS</b>	<b>COSTO ANUAL</b>
Asesoría a gerencia en 5S.	Implementación 5S: 3,390.60 soles.
Capacitación del personal.	Homologación: 680 soles.
Asignar personal para la implementación.	Costo del Mantto: 28,078.13 soles.
Pagar la homologación.	Repuestos por Mantto: 27,150 soles.
<b>INVERSIÓN TOTAL: 59,298.73 soles.</b>	

*Nota.* Elaboración propia – Datos de la empresa.

Para esta alternativa también consideramos los costos de mantenimiento como un costo anual, porque no se realizó ningún cambio relevante en el mantenimiento.

**El costo de la Implementación 5S incluye:**

- Asesoría y capacitación de empleados: 300 soles.
- Costo en mano de obra: 8.33 soles por hora.
- Número de trabajadores asignados: 4.
- Costo en días de implementación: 10 días.
- Costo de suministros para la implementación: 700 soles (Pintura).
- Costo del seguimiento y control de la implementación: 25 soles por mes.

**4.2.3. Alternativa 3: Implementar el sistema integral de gestión.**

Esta alternativa fue recomendada por un aliado estratégico de la empresa y propone implementar el sistema integral de gestión, con ello aplicar las normas ISO 9001, 14001 y 45001, sin embargo, al no poseer conocimiento de las normas a implementar y no disponer del tiempo necesario para la capacitación e implementación, todo el proceso tiene que ser tercerizado.

**Figura 29**

*Tri norma del sistema integral de gestión.*



*Nota.* En esta imagen se muestra las normas aplicadas en el SIG. IBNOCA – Tri norma. Luego de distintas evaluaciones de la empresa y sus respectivas cotizaciones para la asesoría e implementación del SIG se llegó al siguiente cuadro de datos:

**Tabla 13**

*Análisis en costo – beneficio para la alternativa 3.*

<b>PROS</b>	<b>CONTRAS</b>
Mejor apreciación de la empresa.	Cambios en la infraestructura. (Local alquilado).
Mayor orden y limpieza en las áreas de trabajo.	Parar toda la producción.
Menor número de incidentes laborales.	Disposición total del personal.
Soluciona los problemas planteados.	No saber qué cambios se pueden generar.
Seguridad en aprobar exitosamente la homologación.	No existe garantía de aprobar la siguiente homologación. (De no renovar las ISO).
Mejorar los estándares de calidad.	Costo de renovación de certificados ISO.
Cuidado del medio ambiente.	No se precisa el precio exacto de la implementación.
Mayor seguridad laboral.	
Certificados ISO.	

<b>REQUISITOS</b>	<b>COSTO ANUAL</b>
Asesorías en las normas a gerencia.	Certificación ISO 9001, 14001, 45001.
Capacitación del personal.	Asesoría en ISO 9001, 14001, 45001.
Disposición de todo el personal.	Implementar formatos SIG.
Cambios en la infraestructura.	Implementar Mantto preventivo.
Pagar la homologación.	Implementar SSOMA.
	Cambios en infraestructura.

*Nota.* Los gastos en mano de obra no están considerados porque para la empresa este es un costo fijo anual. Elaboración propia – Datos de la empresa.

La mayoría de los costos son variables porque no solo depende del asesor, sino también, a la predisposición al cambio y la disciplina de todo el personal. Toda la implementación del SIG se tiene planeado realizar en 6 meses, por lo que se requiere la predisposición total de la empresa y del personal durante la implementación.

**Tabla 14**

*Implementación del SIG – Detalle de los servicios.*

<b>Servicio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Precio</b>	<b>Renovación</b>
<b>Certificación ISO</b>	Costo de visita, formato de evaluación y evaluación anual.	~ 9,000	1 año
<b>Asesorías en SIG</b>	capacitaciones, evaluación del estado actual y cambios a realizar.	~ 9,000	1 año
<b>Formatos SIG</b>	Software de control de procesos y capacitaciones	~ 2,500	Único
<b>Mantto preventivo</b>	Capacitación e implementación del mantenimiento planificado.	~ 2,200	Único
<b>Implementar SSOMA</b>	Capacitaciones, concientizaciones e implementación SSOMA	~ 3,200	Único
<b>Cambios en infraestructura</b>	Asesoría y seguimiento de los cambios a realizar en la infraestructura.	~ 1,800	Único

<b>Mantto tercerizado.</b>	Tercerizar el mantenimiento de las 18 máquinas de la empresa.	~ 9,000	4 meses
<b>Repuestos de Mantto</b>	Facturación por todos los repuestos usados durante el servicio de Mantto	~ 2,000	4 meses
<b>Certificación de instrumentos</b>	Certificaciones de los 26 instrumentos con el respaldo de INACAL.	~ 10,400	2 meses
<b>Implementar las 5S</b>	Capacitaciones, asesorías, seguimiento y control de la implementación.	~ 1,500	Único
<b>Recursos varios</b>	Todos los recursos necesarios para realizar la implementación.	~ 50,000	Único
<b>INVERSIÓN TOTAL:</b>		~ 100,600.00 soles.	

*Nota.* En las cotizaciones solo nos entregaron precios referenciales, porque la evaluación y análisis de la empresa tiene un costo adicional. Elaboración propia con datos de la empresa.

**El costo de recursos varios incluye:**

- Costo en remodelación de las áreas.
- Costo en remodelación del piso.
- Revestimiento para pisos industriales.
- Grúa pluma de columna.

**4.2.4. Alternativa 4: Implementar el TPM.**

Esta alternativa garantiza resultados a corto plazo, tiene un bajo costo de inversión, permite realizar mejoras a futuro complementándolo con otras metodologías y puede ser implementado por el personal sin necesidad de tercerizar el servicio.

**Tabla 15***Análisis en costo – beneficio para la alternativa 4.*

<b>PROS</b>	<b>CONTRAS</b>
Mejor apreciación de la empresa.	Costo de la capacitación de todo el personal.
Mayor orden y limpieza en las áreas de trabajo.	Requiere disciplina, compromiso y dedicación al TPM.
Menor número de incidentes laborales.	Necesita un plan detallado de la implementación.
Solucionar los problemas planteados.	Largo proceso de implementación.
Aprobar exitosamente la homologación.	Dificultad en el seguimiento y control de la implementación.
Mejorar los estándares de calidad.	
Cuidado del medio ambiente.	
Mayor seguridad laboral.	
Mejor control de procesos.	
Implementa el mantenimiento autónomo.	
Implementa el mantenimiento planificado.	
Garantiza cambios a corto plazo.	
<b>REQUISITOS</b>	<b>COSTO ANUAL</b>
Capacitación del personal periódicamente.	Fase de preparación: 1000 soles.
Tercerizar las capacitaciones especializadas en un tema específico.	Fase de implementación: 27.000 soles.
Cambios medianos en la infraestructura.	Fase de control: 2000 soles.
Asignar personal para la implementación.	Homologación: 680 soles.
Disposición al cambio.	Costo de mantenimiento: 6.738,80 soles.
Pagar la homologación.	Costo de repuestos: 13.575 soles.
<b>INVERSIÓN TOTAL:</b>	<b>58.432,69 soles.</b>

*Nota.* El gasto en esta alternativa no incluye el costo en mano de obra porque la empresa los considera como gastos fijos anuales. Elaboración propia – Datos de la empresa.

Con el TPM se tiene planificado reducir el número de fallas en un 70% y el costo de repuestos hasta en un 50%, esto se logrará con la ayuda del mantenimiento planificado y con el mantenimiento autónomo. Al cumplirse todo lo solicitado para la homologación, se conservará al cliente.

Esta implementación requiere de manera indispensable un jefe de proyecto capacitado en TPM que pueda realizar correctamente la implementación. Para lograr mayor probabilidad de éxito se tiene que seguir las instrucciones de Seiichi Nakajima o Takutaro Suzuki.

#### **4.2.5. Evaluación de las alternativas.**

Para evaluar las alternativas se desarrolló una tabla en la cual se calificó todas las alternativas planteadas.

**Figura 30**

*Evaluación de las cuatro alternativas de solución.*

Requerimientos a mejorar o implementar.		Peso	Alternativas			
			1	2	3	4
Método	Estandarización todos los procesos	3	0	0,5	1	1
	Formatos especializados y de control.	1	0	0,5	1	1
	Mejorar el control de calidad.	2	0	0	1	1
Máquina	Implementar el mantto preventivo	4	0	0	0,5	1
	Reducir el número de fallas	4	0	0,5	0,5	1
	Reducir la cantidad de mantenimientos.	3	0	0,5	0,5	1
	Aumentar la disponibilidad mecánica	4	0	0,5	0,5	1
	No afectar la producción	3	1	1	0	0,5
Mano de obra	Evaluación de capacidades	1	0	0	1	1
	Seguimiento y control de EPPs	1	0	0	1	1
	Capacitación en SST	2	0	0	1	1
	Capacitación en 5S	3	0	1	1	1
	Capacitaciones continuas.	3	0	0	0,5	1
Medio Ambiente	Capacitación en el cuidado del MA.	1	0	0	1	1
	Capacitación en uso eficiente de recursos.	2	0	0	1	1
	Capacitación en ahorro recursos	1	0	0	1	1
	Plan de acción ante incidentes MA.	3	0	0	1	1
	Establecer metas para el cuidado del MA.	2	0	0	1	1
Otros	Establece una metodología de trabajo.	3	0	0	0	1
	Permite mejoras continuas	2	0	0,5	1	1
	Se aprueba la homologación	4	0	0	1	1
	Menor inversión posible	4	1	1	0	0,5
Puntaje			7	18,5	37	52,5

Alternativas	
1	Sin realizar cambios
2	Implementar las 5S
3	Implementar el SIG
4	Implementar el TPM

Peso (Importancia)	
1	Baja
2	Mediana
3	Alta
4	Muy alta

Calificación	
Si cumple	1
Parcialmente	0,5
No cumple	0

*Nota.* Esta tabla fue desarrollada en Excel, para tener mejor apreciación de las puntuaciones de cada alternativa. Elaboración propia – Datos de la empresa.

Luego de evaluar las distintas alternativas de solución se decidió implementar el mantenimiento productivo total.

### 4.3. Solución del problema.

#### 4.3.1. Implementación del TPM.

##### 4.3.1.1. Fases de preparación.

###### **Paso 1. Anuncio de la alta dirección sobre la decisión de introducir el TPM.**

Luego de la reunión con gerencia, en donde hablamos de los problemas que enfrenta la empresa y los objetivos a largo plazo de esta implementación, se procedió a firmar el acta de compromiso y con ello dar inicio al proyecto.

### **Figura 31**

*Acta de compromiso para la implementación del TPM.*

	IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	CODIGO: C-001
	ACTA DE COMPROMISO	VERSION: 01

Con el presente documento, nosotros, **CROMMETS E.I.R.L.**, con le RUC: **20513482818**, reconocemos que el mantenimiento productivo total, requiere de cambios grandes en el funcionamiento de la empresa, la mentalidad del personal e inversión de tiempo y dinero.

Por lo dicho anteriormente, nos comprometemos a cumplir con todos los procedimientos recomendados, usar los nuevos formatos de gestión de procesos y no interrumpir el proceso de implementación del TPM para lograr el éxito de la misma.

Damos a conocer la finalidad de esta implementación es aumentar la disponibilidad de las máquinas, reducir costos en mantenimiento, estandarizar los procesos de la empresa y aprobar exitosamente el posterior proceso de homologación.

Lima, 15 de febrero del 2020.

"La versión vigente de este documento está ubicada en el servidor. Queda Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización de la empresa"

*Nota.* Esta imagen fue editada para no mostrar datos que incomoden a la empresa porque este documento no es de dominio público. Elaboración propia – Implementación del TPM.

## Paso 2. Lanzamiento de campaña educacional.

Se realizaron dos reuniones con todo el personal para brindarle información sobre la evolución del mantenimiento, que es el TPM, cuáles son sus beneficios y los pasos para su implementación.

Figura 32

Boletín informativo del TPM.

**Introducción al TPM**

¿Qué es el TPM?  
El mantenimiento productivo total es una metodología japonesa, que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

¿Qué es la disponibilidad?  
La disponibilidad mecánica es un indicador que nos permite saber cuánto tiempo una máquina estuvo en buen estado para realizar sus funciones, con la ayuda de este indicador podremos saber el estado actual de las máquinas y la eficiencia de los mantenimientos realizados.

¿Qué es la confiabilidad?  
La confiabilidad es un indicador que nos dice cual es la capacidad de una máquina para realizar las funciones para las que fue creada en el momento que nosotros lo necesitamos, que se haga lo que queremos hacer cuando queramos hacerlo.

**Beneficios del TPM**

**Beneficios en la empresa**

1. Mejor ambiente de trabajo.
2. Mejor control de operaciones.
3. Fortalece la comunicación.
4. Mejor capacitación y se desarrolla un ambiente de permanente aprendizaje.

**Beneficios en seguridad**

1. Mejora las condiciones de seguridad.
2. Crea cultura de prevención.
3. Crea cultura de disciplina frente a las normas.
4. Elimina potenciales causas de accidentes.

**Beneficios en productividad**

1. Elimina pérdidas que afectan la producción.
2. Mejora la disponibilidad de las máquinas.
3. Reduce costos de mantenimiento.
4. Crea personal competitivo y altamente calificado.

**Boletín informativo sobre el TPM**

**Objetivo de las reuniones**

La finalidad de las reuniones es informar a todo el personal sobre el mantenimiento, el mantenimiento productivo total, sus beneficios, pilares fundamentales y los pasos que seguiremos para lograr una implementación exitosa.

**Temario**

1. Introducción del Manto y TPM
2. Beneficios del TPM
3. Pilares fundamentales del TPM
4. Implementación del TPM

**CONTACTO**

Av. Universitaria Cdra. 53 Mz. A Lt. 5  
Los Olivos, Lima - Perú.  
Oficina principal.

(01) 522-8959

<https://www.crommets.com>

**"La disciplina tarde o temprano vencerá a la inteligencia"**

19 de febrero del 2020

### Paso 3. Crear organizaciones para promover el TPM.

Una vez informados sobre los pasos que seguiremos para la implementación, se delegaron responsabilidades, se asignaron las personas que estarán a cargo del seguimiento y control de la implementación del TPM en sus respectivas áreas.

**Figura 33**

*Asignación de responsabilidades.*

	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL TPM</b>	<b>CODIGO:</b> R-001
	ASIGNACION DE RESPONSABILIDADES	<b>VERSION:</b> 00

CARGO	RESPONSABILIDAD	FORMATO DE CONTROL
<b>Gerente General</b>	Aprobación de todas las etapas de la implementación. Seguimiento de los resultados.	Análisis de resultados.
<b>Asistente Financiero</b>	Análisis financiero. Financiamiento del proyecto.	Flujo de caja.
<b>Asistente Administrativo</b>	Seguimiento y control de los formatos asignados. Control del cumplimiento de formatos del personal a cargo. Cumplir con los estándares alcanzados post implementación.	Evaluación de desempeño.
<b>Jefe de Producción</b>	Líder del proyecto. Seguimiento de las etapas del proyecto. Propuesta de mejoras y análisis de resultados.	Evaluación de desempeño.
<b>Jefe en Galvanoplastia</b>	Seguimiento y control de los formatos asignados. Control del cumplimiento de formatos del personal a cargo. Cumplir con los estándares alcanzados post implementación.	Evaluación de desempeño.
<b>Operarios</b>	Cumplir con los formatos implementados. Cumplir con los nuevos estándares alcanzados. Propuestas de mejora.	Checklist de actividades.
<b>Ayudantes</b>	Cumplir con los nuevos estándares alcanzados. Propuestas de mejora.	

El "Plan Maestro de la Implementación" es el formato de control obligatorio para todo personal de alto cargo.

Lima, 22 de febrero del 2020.

*Nota.* En esta imagen se muestran las responsabilidades delegadas y los formatos de control asignados. Elaboración propia – Implementación del TPM.

#### **Paso 4. Establecer políticas y metas para el TPM.**

En este paso, se presentó las políticas del TPM y los objetivos del TPM a los altos mandos de la empresa de manera formal, para su posterior aprobación.

La publicación de estas nuevas políticas y objetivos se realizó en el periódico mural de la empresa, y se difundió el lunes 14 de febrero del 2020 con una breve explicación de los indicadores y formatos que se implementaran en un futuro.

#### **Figura 34**

*Políticas del TPM de la empresa.*

	IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	CODIGO: P-002
	POLITICAS DEL TPM	VERSION: 00

Nosotros en **CROMMETS EIRL** con el RUC:20513482818.

Consideramos importante mantener estándares de calidad, seguridad y medio ambiente para nuestros productos y servicios.

Es por ello, que nos comprometemos a:

- ✓ La implementación exitosa del TPM.
- ✓ La mejora continua de nuestros procesos.
- ✓ Seguir el plan de mantenimiento.
- ✓ Seguir con el programa de capacitación anual.
- ✓ Proteger la salud e integridad de nuestro personal.
- ✓ Prevenir y reducir la contaminación del medio ambiente.
- ✓ Garantizar la consulta y participación de los trabajadores.

Lima, 22 de febrero del 2020.

*Nota.* Esta imagen muestra las políticas establecidas para el TPM. Elaboración propia – Implementación del TPM.

**Figura 35**

*Objetivos de la implementación del TPM.*

CROMMETS		IMPLEMENTACIÓN DEL TPM			CODIGO:	O-002	
		OBJETIVOS DEL TPM			VERSION:	00	
N°	Proceso	Objetivo	Meta	Indicador	Responsable	Seguimiento	Registro
1	Ventas	Aumentar la satisfacción de clientes.	≥ 4.0	Suma de puntaje de encuestas / # de encuestas	Asistente administrativo.	6 meses	Reporte del Indicador
2	Producción	Minimizar la cantidad de productos fallidos.	≤ 1%	Calidad: Productos buenos / Productos totales.	Jefe de producción	Mensual	Reporte del Indicador
3	Mantto	Aumentar la disponibilidad mecánica.	≥ 95%	Disponibilidad mecánica: T. productivo/ T. disponible	Jefe de producción	Mensual	Reporte del Indicador
4	Mantto	Aumentar la fiabilidad y eficiencia del mantenimiento.	≥ 150h ≤ 12h	MTBF MTTR	Jefe de producción	Mensual	Reporte del Indicador
5	Mantto	Cumplir el plan de mantenimiento.	≥ 90%	(# de mantos realizados / # mantos programados) x100	Jefe de producción	6 meses	Reporte del Indicador
6	RRHH	Cumplir con el programa anual de capacitaciones.	≥ 80%	(# de capacitaciones realizadas / # Cap. Programadas) x100	Asistente administrativo	6 meses	Reporte del Indicador
7	Almacén	Mejorar la conformidad el inv. Físico con el registro virtual	≥ 95%	(# de ítems conformes / # de ítems Totales) x 100	Asistente administrativo	Mensual	Reporte del Indicador
8	Control	Correcta implementación de las 5S.	≥ 95%	(# de tareas completadas / # total de tareas) x 100	Jefe de producción	Mensual	Reporte del Indicador
9	Control	Correcta aplicación de los formatos establecidos.	≥ 90%	(# de formatos bien aplicados / # de formatos totales) x100	Asistente administrativo	Mensual	Reporte del Indicador

Lima, 22 de febrero del 2020.

*Nota.* En esta imagen se muestran los objetivos, metas e indicadores aplicados en el TPM. Elaboración propia – Implementación del TPM.

**Figura 36**

*Formato de asistencia de participantes.*

CROMMETS		IMPLEMENTACIÓN DEL TPM			CODIGO:	D-003
		ASITENCIA			VERSION:	00
INTRODUCCIÓN	CAPACITACIÓN	ENTRENAMIENTO	SIMULACRO DE EMERGENCIA	OTROS		
X						
Tema	Políticas y objetivos del TPM.					
Difusor	Solis Lopez Yeyson A.					
N°	Apellidos y Nombres		Área	Asistencia		
1			Gerencia	SI		
2			Administración	SI		
3			Administración	SI		
4			Producción	SI		
5			Producción	SI		
6			Producción	SI		
7			Producción	NO		
8			Producción	SI		
9			Galvanoplastia	SI		
10			Galvanoplastia	SI		
11			Galvanoplastia	SI		
12			Galvanoplastia	SI		
13			Galvanoplastia	SI		
14			Soporte	NO		
15			Soporte	SI		

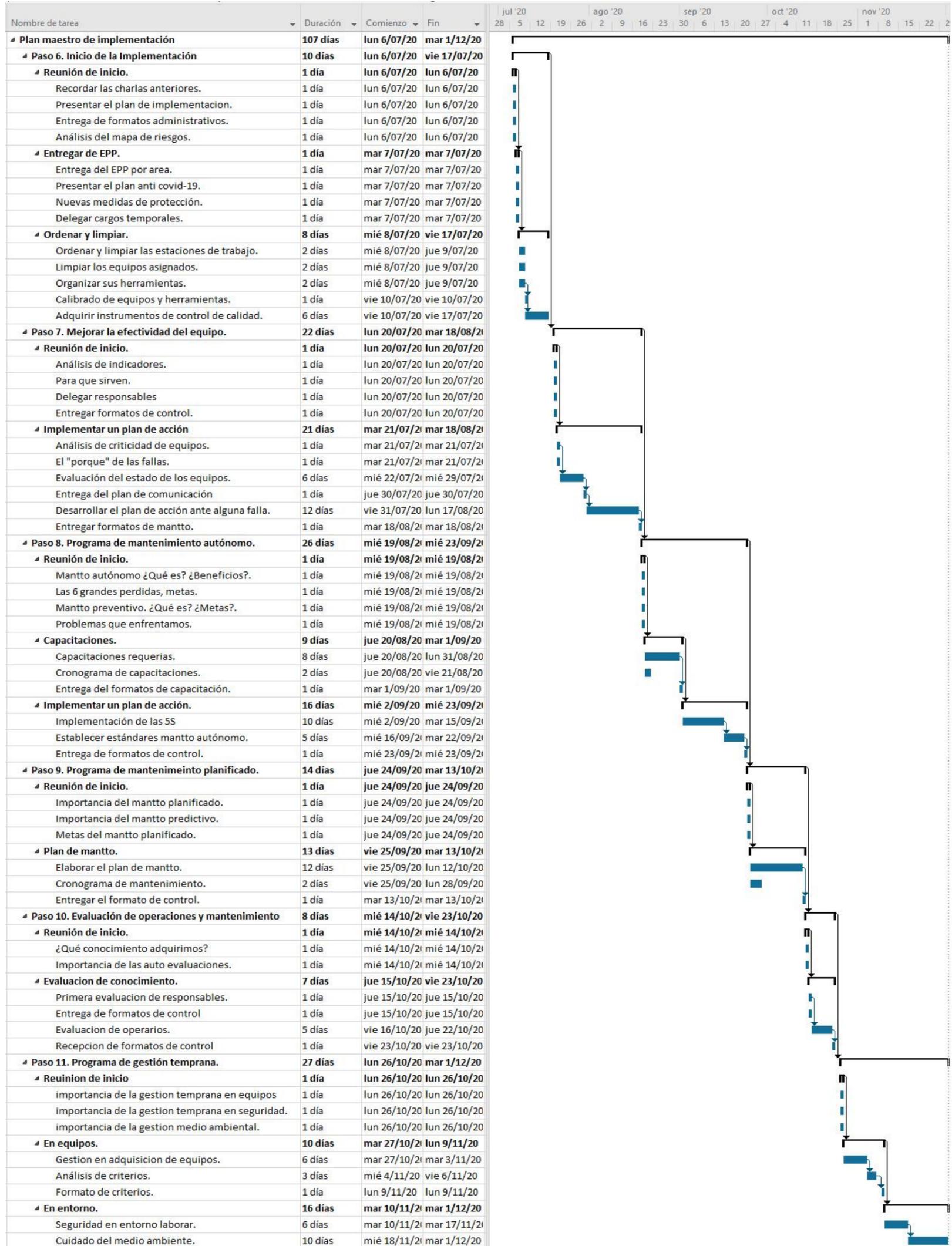
*Nota.* En esta imagen se muestran el formato usado para e registro de las actividades. Elaboración propia – Implementación del TPM.

**Paso 5. Plan maestro de la implementación del TPM.**

Para realizar el plan maestro de la mejor manera posible se empleó el programa MS Project, con este programa se pudo desglosar cada tarea a realizar, se designaron las fechas de ejecución, se establecieron los recursos y se estimó el costo de la implementación (Fase 2).

**Figura 37**

*Plan maestro de la implementación del TPM.*



Nota. En la imagen se muestran las tareas a realizar y la fecha de ejecución. Elaboración propia – Implementación del TPM.

#### 4.3.1.2. Fases de implementación.

##### Paso 6. Inicio la implementación del TPM.

Este paso inicio luego de la fase 2 del “Retorno de Actividades” y la aprobación del “Plan para la vigilancia, prevención y control de COVID-19”. En este paso se realizaron 3 actividades importantes:

- a) **Reunión de inicio:** Se realizó una reunión con todo el personal, para recordar las charlas anteriores, mostrarles el plan de implementación del TPM que seguiremos, entregar los nuevos formatos administrativos y analizar el mapa de riesgos de la empresa.

**Figura 38**

*Formatos entregados para dar inicio a la implementación.*

		<b>ORDEN DE TRABAJO</b>		Código:	OT-01	
				Version:	02	
Cliente:				O.T. # :		
Contacto:				O.T. Fecha :		
INFORMACION GENERAL						
Requerimientos			Posee Plano		Prioridad del trabajo	
Mecanizado	Recubrimiento	T. Termico	Si	No	Media	Alta
					Muy Alta	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO						
					Parcial	Total
* De no poseer un plano, solicitar los ajustes y tolerancias finales. * De poseer un plano, especificar si el trabajo es parcial o total.						
ACABADO FINAL						
Tipo de acabado			Recubrimiento		Información adicional	
Mecanizado	Rectificado	Lapeado	Tipo	Espesor		

 <b>CROMMETS</b> E.I.R.L. <small>OLEO-HIDRAULICA - ORDEN DE RO INDUSTRIAL</small>	<b>FORMATOS ADMINISTRATIVOS</b>	Código: PC-01
	PROVEEDORES CALIFICADOS	Version: 00

N°	PROVEEDOR	RUC	DESCRIPCION DEL PRODUCTO O SERVICIO	DIRECCION	TELEFONO	CRÍTICO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

 <b>CROMMETS</b> E.I.R.L. <small>Av. Universitaria Mza. a Lote: 05 Avp Resid. Los Olivos (Cruce Av. Alvarado - Universitaria)  RUC: 20513462818</small>	<b>ORDEN DE COMPRA N°</b>	2020-001	<b>CODIGO: F-012</b> <b>VERSION: 00</b>																																																																													
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #92d050;">PROVEEDOR</td> <td style="background-color: #92d050;">RUC</td> <td style="background-color: #92d050;">F. EMISION</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">DIRECCION</td> <td style="background-color: #92d050;">FORMA DE PAGO</td> <td style="background-color: #92d050;">F. ENTREGA</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">LUGAR DE ENTREGA</td> <td></td> <td style="background-color: #92d050;">N° DE REQ.</td> </tr> </table>	PROVEEDOR	RUC	F. EMISION	DIRECCION	FORMA DE PAGO	F. ENTREGA	LUGAR DE ENTREGA		N° DE REQ.																																																																						
PROVEEDOR	RUC	F. EMISION																																																																														
DIRECCION	FORMA DE PAGO	F. ENTREGA																																																																														
LUGAR DE ENTREGA		N° DE REQ.																																																																														
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>CODIGO</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>U.M</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO UNITARIO</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	U.M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	1							2							3							4							5							6							7							8							9							10						
ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	U.M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL																																																																										
1																																																																																
2																																																																																
3																																																																																
4																																																																																
5																																																																																
6																																																																																
7																																																																																
8																																																																																
9																																																																																
10																																																																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">OBSERVACIONES:</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">SUBTOTAL</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">0.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">IGV 18%</td> <td style="text-align: right;">0.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;"><b>TOTAL</b></td> <td style="text-align: right;"><b>0.00</b></td> </tr> </table>				OBSERVACIONES:	SUBTOTAL	0.00		IGV 18%	0.00		<b>TOTAL</b>	<b>0.00</b>																																																																				
OBSERVACIONES:	SUBTOTAL	0.00																																																																														
	IGV 18%	0.00																																																																														
	<b>TOTAL</b>	<b>0.00</b>																																																																														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #92d050;">SON</td> </tr> <tr> <td>CONDICIONES:</td> </tr> <tr> <td>1.- A la Factura adjuntar OC y guais recepcionadas en señal de conformidad.</td> </tr> <tr> <td>2.- El plazo de pago comienza a contarse a partir de la fecha de recepción de la Factura y/o Letra.</td> </tr> <tr> <td>3.- Adjuntar Certificado de Calidad, en caso aplique.</td> </tr> <tr> <td>4.- La Factura debe indicar el N° de OC.</td> </tr> </table>				SON	CONDICIONES:	1.- A la Factura adjuntar OC y guais recepcionadas en señal de conformidad.	2.- El plazo de pago comienza a contarse a partir de la fecha de recepción de la Factura y/o Letra.	3.- Adjuntar Certificado de Calidad, en caso aplique.	4.- La Factura debe indicar el N° de OC.																																																																							
SON																																																																																
CONDICIONES:																																																																																
1.- A la Factura adjuntar OC y guais recepcionadas en señal de conformidad.																																																																																
2.- El plazo de pago comienza a contarse a partir de la fecha de recepción de la Factura y/o Letra.																																																																																
3.- Adjuntar Certificado de Calidad, en caso aplique.																																																																																
4.- La Factura debe indicar el N° de OC.																																																																																

*Nota.* Estos formatos son los de mayor prioridad por eso se entregó al inicio de la implementación. Elaboración propia – Implementación del TPM.

Aplicando estos formatos evitaremos los problemas por falta de datos en la OT, la falta de proveedores calificados y la demora en adquisición de materiales, queda a responsabilidad del asistente administrativo en hacer seguimiento y control de estos nuevos formatos.

b) **Entrega de EPP:** Debido a que no se renovó los EPP anteriormente, se entregaron EPP nuevos de acuerdo al área de trabajo y al mapa de riesgos. Se adicono el nuevo equipo de protección anti COVID-19.

**Figura 39**

Formato de control de EPP.

	Proceso	GESTIÓN EN SST	Código:	F-017
	Formato	REGISTRO DE ENTREGA DE EEP	Versión:	00

DATOS		ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL												REGISTRO				
Nombre	Área	Casco de Seguridad	Zapatos punta de acero	Zapatos dieléctricos	Camisa de seguridad	Casaca impermeable	Pantalón de seguridad	Pantalón impermeable	Guantes de látex	Guantes vaqueta carnaza	Gafas de seguridad	Orejeras	Careta para soldar	Traje para soldar	Protector facial	Respirador KN95	Guantes Nitrilo - Vinilo	Fecha y Firma

EPP	Mascarilla comunitaria (Tela)	Mascarilla quirúrgica	Respirador FFP2/N95 o equivalentes	Careta facial	Gafas de protección	Guantes para protección biológica	Traje para protección biológica (delantal y bata)
NIVEL DE RIESGO							
Imagen referencial							
Riesgo Alto de Exposición	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Riesgo Mediano de Exposición	Condicional (su uso deberá ser complementada con careta facial)	Obligatorio	Condicional (solo cuando cumplan actividades de alto riesgo de exposición)	Condicional (cuando hay contacto cercano con otras personas)	Condicional	Obligatorio	Obligatorio
Riesgo Bajo de Exposición (de precaución)	Obligatorio	Condicional (solo cuando cumplan actividades de alto riesgo de exposición)	Condicional (solo cuando cumplan actividades de alto riesgo de exposición)	Condicional (cuando hay contacto cercano con otras personas)	Condicional	Obligatorio	Obligatorio

Adaptado de la Resolución Ministerial N°972-2020-MINSA

Nota. Este es el registro de entrega de EPP implementado y los nuevos EPP implementados contra el Covid-19. Elaboración propia – Implementación del TPM.

c) **Orden y limpieza:** Se realizo una limpieza general de todas las instalaciones equipos, herramientas e instrumentos usados. Se adquirió nuevos instrumentos de precisión y se certificó con acreditación por INACAL todos nuestros instrumentos de control de calidad para solucionar los problemas por reclamos en ajustes y tolerancias.

Figura 40

Certificado de calibración acreditado por INACAL.

**FESEPSA S.A.** LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 026

**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Calibración  
Acreditado  
Registro N° LC - 026

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° F-1783-2020**

Solicitante : CROMMETS E.I.R.L.  
Dirección : Av. Universitaria mza. A lote 05 Avp. Resid. Los Olivos - Los Olivos

1.- Instrumento : Micrometro de exterior Expediente N° 0550-2020  
Tipo de indicación : Analógica  
Intervalo de indicación : 0 mm a 25 mm  
División Mínima : 0.01 mm  
Fabricante : Mitutoyo  
Procedencia : Japón  
Modelo : M110-25(\*)  
Código : 103-137  
N° de Serie : 71071041  
Código (Solicitante) : No indica  
Otro Código : No indica

2.- Lugar y fecha de calibración  
Laboratorio de Calibración Fesepssa S.A. 2020-12-09

3.- Patrones utilizados en la calibración  
Paralela de vidrio, N° de serie 006060 certificado de calibración N° LLA-004-2020.  
Calibrados por el INACAL-DM, con trazabilidad a los patrones nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de medida (SI).  
Bloques patrón grado 0, N° de serie 1307403 certificado de calibración N° 05458/20.  
  
Calibrado por MITUTOYO SUL AMERICANA LTDA. Acreditación RBC N° 0031 Con trazabilidad a los patrones primarios del INMETRO (Brasil) y en concordancia con el sistema internacional de unidades de medida (SI).

4.- Método de Calibración  
La calibración se realizó por comparación directa según PC-LC-02 Ver. 01.  
Procedimiento de calibración de micrometro de exteriores.

5.- Condiciones ambientales  
Temperatura 20 °C ± 2 °C

6.- Resultados de medición  
Los resultados de medición se muestran en la página siguiente

7.- Observaciones  
Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color anaranjado con la indicación calibrado.  
La periodicidad de la calibración esta en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.  
El instrumento se calibró subdividiendo la división mínima en 10 partes iguales  
(\*) Lo indica la caja que lo contiene.

**LABORATORIO DE CALIBRACION**  
FESEPSA

Miguel Bautista B.  
JEFE TEC. DE LABORATORIO  
Fecha de Emisión 2020-12-09

pag. 1/3

Este certificado no deberá ser reproducido en forma parcial sin la autorización por escrito de FESEPSA. Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

FR-LC-40 / Ver.01  
2017-01-12

Av. Elmer Faucett N° 390 - Urb. La Colonial - Callao / PERÚ  
Central Telefónica: (511) 451-4787 / 451-1052  
laboratorio@fesepssa.pe / calibracion@fesepssa.pe / calidad@fesepssa.pe

Nota. Todos nuestros instrumentos de control de calidad fueron calibrados por entidades certificadas por INACAL. Certificado de calibración – FESEPSA.

El formato para el control de la calibración de los instrumentos está adjuntado en el Anexo 04.

## Paso 7. Mejorar la efectividad del equipo.

En este paso se desarrollaron dos actividades importantes:

- a) **Reunión de inicio:** En esta reunión analizamos los indicadores de disponibilidad, MTTR y MTBF actuales de la empresa. Este análisis se encuentra en la Tabla 7. Los registros del MTTR y MTBF están adjuntados en el Anexo 05.
- b) **Implementar un plan de acción:** En este punto se analizó la criticidad de los equipos, el porqué de las fallas, se evaluó el estado actual de las máquinas, se realizó un plan de reporte o comunicación, se desarrolló un plan de acción ante alguna falla y se entregaron los formatos de control del mantenimiento.

**Figura 41**

*Plan de acción ante las fallas en las máquinas críticas.*

		AREA DE MANTENIMIENTO		CODIGO: PA-02
		PLAN DE ACCIÓN		VERSION: 00
MÁQUINA Torno Mecánico 32"x3m (TM3)				
Ítem	Problema	Detalle del problema	Plan de Acción	Responsable
1	Falla en el embrague	Debido a la antigüedad de la máquina el embrague tiene el resorte de posición ya vencidos, existen reportes de solicitudes anteriores del repuesto, sin embargo, no son entregados, también existe desgaste grave en las bocinas de deslizamiento, lo cual hace que los cambios no se den cuando se requieren, sus puntos de lubricación se encuentran tapados y no se le daba un correcto mantenimiento.	Dejar de lado la aplicación de mantenimiento correctivo paliativo en esta falla, el equipo tiene que ser desarmado para cambiar las bocinas de deslizamiento, realizar el requerimiento de repuestos con el formato establecido, limpiar los puntos de lubricación.	Personal de Mantenimiento
2	Ajuste y calibración	Debido a la inestabilidad de la base donde se encuentra sentada la máquina y con la vibración de la misma se descalibra la bancada en toda su carrera, por ello requiere re ajustar las calzadas para tener una nivelación adecuada.	Reforzar la base de concreto donde se encuentra colocada la máquina con un espesor mínimo de 10cm, se procedió a retirar las bases de madera y se sentó la máquina sobre el piso nuevo, se colocaron calzadas de metal para su nivelación.	Personal de Mantenimiento
3	Sistema de lubricación tapado	El aceite con el que se trabaja está contaminado y no fue cambiado anteriormente, las impurezas en el aceite están generando desgaste en los componentes rotatorios, en el carro porta herramienta se requiere revisar todos los puntos de lubricación para evitar el desgaste.	Drenar todo el tanque de aceite, lavar, limpiar todos los componentes rotatorios y el tanque de reserva, cambiar con aceite nuevo SAE 40, destapar todos los ductos de lubricación de la máquina. Emplear un plan de lubricación periódico.	Personal de Mantenimiento
MÁQUINA Fresadora Universal N°3 (FU N°3)				
Ítem	Problema	Detalle del problema	Plan de Acción	Responsable
1	Ajuste y calibración	Debido a la antigüedad de la máquina esta presenta desgaste en el cabezal orientable lo que genera que al momento de rotar el cabezal no vuelva a la misma posición inicial, recalibrar el cabezal con los pernos de sujeción no es una solución definitiva el problema.	Desarmar la máquina, rectificar el alojamiento de conexión interior del cabezal, cromar y rectificar asiento de conexión exterior con una holgura de 5 centésimas y limpiar los puntos de lubricación.	Personal de Mantenimiento
2	Falla en el sistema eléctrico	Este problema se presenta debido a la falta de hermetismo en las cajas eléctricas, esto ocasionaba que ingresara polvo en la caja eléctrica, lo cual hacía que los contactores, relés o el temporizador falle.	Realizar una limpieza general de la caja eléctrica y sus componentes, reajustar todos los cables y emplear protectores de goma para hermetizar la caja eléctrica.	Personal de Mantenimiento
3	Sistema de lubricación tapado	Los circuitos de lubricación no fueron destapados adecuadamente, por ello existe reincidencia del problema, es necesario limpiar el tanque de aceite de la máquina y cambiar le aceite periódicamente porque esta máquina no tiene ningún filtro de aceite.	Limpiar adecuadamente todos los circuitos de lubricación, para la lubricación con grasa es necesario usar un agente disolvente para limpiarlo adecuadamente, drenar y limpiar el tanque de aceite, emplear lubricante nuevo.	Personal de Mantenimiento

MÁQUINA		Rectificadora Plana 0,45x1m (RP1)		
Ítem	Problema	Detalle del problema	Plan de Acción	Responsable
1	Bomba de refrigeración tapada	Debido al alto uso de esta máquina y al pequeño tanque de refrigeración este se satura con residuos, es necesario limpiar el tanque con mayor frecuencia o en su defecto emplear un tanque de mayor capacidad.	Implementar un plan para la limpieza semanal de los tanques de refrigeración. Implementar imanes en las laterales del tanque para evitar que la escoria llegue a la bomba muy rápido.	Personal de Mantenimiento
2	Falla en el sistema eléctrico	Este problema es originado por contaminación con polvo, la caja eléctrica en cuestión no está sellado herméticamente y el polvo ocasiona que los componentes dentro de la caja dejen de funcionar.	Realizar una limpieza general de la caja eléctrica y sus componentes, reajustar todos los cables y emplear protectores de goma para hermetizar la caja eléctrica.	Personal de Mantenimiento
3	Descaste en base magnética	Esta es una falta de implementación y error de operación, al no poseer un teclé para el izaje de ítems, se está deslizando sobre la base magnética lo cual ocasiona desgaste en la misma.	Implementar un teclé para evitar deslizar las piezas sobre la base magnética.	Personal de Mantenimiento
4	Nivelación de bancada	Este problema es generado porque la máquina se encuentra ubicada cerca del almacén de trabajos finalizados, por lo que se desnivelaba cuando dejaban caer un trabajo muy pesado.	Debido a que la reubicación de la maquina no es posible, se decidió mover el área de almacén de trabajos finalizados fuera del rango de máquinas de precisión.	Personal de Mantenimiento

MÁQUINA		Rectificadora Cilíndrica 0,36x2m (RC2)		
Ítem	Problema	Detalle del problema	Plan de Acción	Responsable
1	Bomba de refrigeración tapada	Debido al alto uso de esta máquina se satura con residuos demasiado rápido, es necesario limpiar el tanque con mayor frecuencia.	Implementar un plan para la limpieza semanal de los tanques de refrigeración. Implementar imanes en las laterales del tanque para evitar que la escoria llegue a la bomba muy rápido.	Personal de Mantenimiento
2	Sistema de lubricación tapado	Los circuitos de lubricación de grasa no fueron destapados adecuadamente, por ello existe reincidencia del problema.	Se recomienda usar un disolvente de grasa para limpiar adecuadamente los ductos de lubricación.	Personal de Mantenimiento
3	Nivelación de bancada	Este problema es generado porque la máquina se encuentra ubicada cerca del almacén de trabajos finalizados, por lo que se desnivelaba cuando dejaban caer un trabajo muy pesado.	Debido a que la reubicación de la maquina no es posible, se decidió mover el área de almacén de trabajos finalizados fuera del rango de máquinas de precisión.	Personal de Mantenimiento
4	Falla en el tablero de control	Este problema se origina debido al uso de componentes de dudosa calidad, los pulsadores empleados tienen una vida útil muy corta.	Cambiar los pulsadores actuales por unos de mayor calidad, lo que significa una vida útil mas larga.	Personal de Mantenimiento

*Nota.* Para determinar la causa raíz del problema se contrató a un experto en mantenimiento industrial y se elabora la tabla anterior en base a sus hallazgos. Elaboración propia – Implementación del TPM.

**Figura 42**

*Plan de comunicación del mantenimiento.*

	<b>AREA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>CODIGO:</b> C-002
	PLAN DE COMUNICACIÓN INTERNA	<b>VERSION:</b> 01

				Fecha de versión:	17/07/2020
Qué se comunica	Cuando comunicar	A quién se comunica	Cómo se comunica	Quién lo comunica	
Reporte de hallazgo.	Cuando se observa algún indicio a la falla.	Jefe a cargo.	Formato escrito, físico.	Operarios / Ayudantes.	
Reporte de falla.	Cuando existe un indicio probatorio de falla.	Planner de mantto.	Formato escrito, físico.	Jefe a cargo.	
Mantto de emergencia.	Cuando no existe un mantto programado próximo.	Asistente administrativo.	Formato digital, email.	Planner de mantto.	

\*Formato 7.4. comunicación ISO 9001:2015

*Nota.* En esta imagen se muestra el plan de comunicación ante alguna eventualidad en el mantenimiento. Elaboración propia – Implementación del TPM.

Los formatos de reporte mencionan en el plan de comunicación están adjuntados en el Anexo 06, el formato de mantenimiento se encuentra en la Figura 48.

## Paso 8. Programa de mantenimiento autónomo.

En este paso se desarrollaron tres eventos importantes:

- a) **Reunión de inicio:** En esta reunión se explicó que es el mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo, las 8 grandes pérdidas y análisis de las pérdidas que enfrentamos.

### Figura 43

*Las ocho grandes pérdidas en la empresa.*

	AREA DE MAESTRANZA	CODIGO: F-032
	LAS 8 GRANDES PERDIDAS	VERSION: 01

LAS 8 GRANDES PÉRDIDAS				
Pérdidas	¿Por qué ocurre la pérdida?	Impacto en la empresa	Unidad	Críticidad
1. Pérdidas por parada programadas	Porque se requiere realizar el mantenimiento planificado.	Está considerado como parte de la calidad.	Días	BAJO
2. Pérdidas por ajustes en producción.	Porque ocurrió un cambio en el diseño o material.	Está costeadado por el cliente, retrasa las fabricaciones siguientes.	Días	MEDIO
3. Pérdidas por fallos en procesos.	Porque se recalentó el material, errores de operación o material defectuoso.	En algunas ocasiones requiere reprocesar todas las piezas fabricadas.	Horas	ALTO
4. Pérdidas por fallos en equipos.	Porque ocurrió un fallo inesperado y requiere realizar mantenimiento correctivo.	Requiere parar la producción e implica retraso en el tiempo de entrega.	Horas	ALTO
5. Pérdidas por producción normal.	Porque se necesita cambiar una pieza finalizada, incluye centrar la pieza nueva.	Está considerado en el costo de fabricación.	Tasa de producción	BAJO
6. Pérdida por producción anormal	Porque el rendimiento de la maquina u operario está por debajo del estándar.	Bajo rendimiento, pero aún se puede cumplir con la entrega a tiempo.	Tasa de producción	MEDIO
7. Pérdidas por defectos de calidad.	Porque el producto no cumple con los estándares de calidad.	Existe la posibilidad de perder el cliente.	Dólares	MUY ALTO
8. Pérdidas por reprocesos.	Porque se tiene que volver a hacer el trabajo parcial o total.	Existe la posibilidad de perder el cliente.	Tasa de producción	MUY ALTO

“La versión vigente de este documento está ubicada en el servidor. Queda Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización de la empresa”

*Nota.* En esta tabla se muestra las 8 grandes pérdidas que enfrenta la empresa, el impacto de cada una de ellas y el nivel de criticidad que se les dio en la reunión.

Elaboración propia – Implementación del TPM.

- b) **Capacitaciones:** En conjunto con el personal se determinó que capacitaciones son necesarias y cuál es la prioridad de estas capacitaciones. En base a estos datos se elaboró el cronograma de capacitaciones.

**Figura 44**

*Programa anual de capacitaciones.*

		RR. HH							CODIGO:	P-005													
		PROGRAMA ANUAL DE CAPACITACIONES							VERSION:	00													
N°	TEMA	DIRIGIDO	TIPO		DURACIÓN ESTIMADA	REQUIERE EVALUACIÓN	RESPONSABLE DEL TEMA	RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO	2020														
			CONCENTRIZACIÓN	CAPACITACIÓN					ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE			
1	Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.	Todos	x	x	2H	NO	Tercerizado	Asistente Administrativo										E					
2	Recubrimientos.	Todos		x	1H	NO	Jefe de galvanoplastia	Asistente Administrativo								E							
3	Proceso de Producción.	Todos		x	1H	NO	Jefe de producción	Asistente Administrativo								E							
4	Mantenimiento.	Todos		x	1H	NO	Jefe de producción	Asistente Administrativo						E									
5	Las 5S	Todos		x	1H	NO	Tercerizado	Asistente Administrativo									E						
6	Cromado Duro Industrial.	Todos		x	1H	NO	Jefe de galvanoplastia	Asistente Administrativo										E					
7	Pulido al Espejo	Todos		x	1H	NO	Jefe de Control de Calidad	Asistente Administrativo										E					
8	Seguridad y Salud Laboral	Todos		x	1H	NO	Tercerizado	Asistente Administrativo											E				
9	Mejora Continua	Todos		x	1H	NO	Tercerizado	Asistente Administrativo															E

<b>E</b>	Emitido
<b>P</b>	Planificado

<b>F. Actualización</b>	20/12/20
-------------------------	----------

*Nota.* En esta tabla se muestra las capacitaciones realizadas en el 2020 y el tema de cada capacitación. Elaboración propia – Implementación del TPM.

- c) Plan de acción:** Como primera medida y para trabajar con mayor orden, se implementó las 5s, se estableció estándares de limpieza, se realizó mantenimiento a todas las máquinas críticas y se estableció un formato de control.

## Figura 45

Aplicación de las 5S.

Antes de la implementación de las 5S:



Después de la implementación de las 5S:

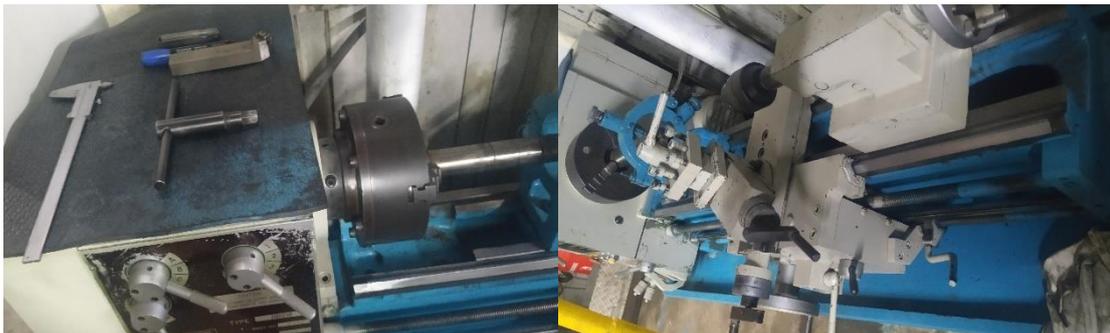


Nota. En esta imagen se muestra una de las rectificadoras cilíndricas de la empresa.

Antes de la implementación de las 5S:



Después de la implementación de las 5S:



*Nota.* En esta imagen se muestra uno de los tornos mecánicos de la empresa.

Antes de la implementación de las 5S:



Después de la implementación de las 5S:



*Nota.* En esta imagen se muestra una de las estaciones de trabajo.



*Nota.* En esta imagen se muestra un área usada como almacén provisional, esta práctica fue eliminada.

Figura 46

Estándares de mantenimiento autónomo y 5S.

EQUIPO	COMPONENTE	OPERACIONES			HERRAMIENTA	TIEMPO	FRECUENCIA			EJECUTOR	SUPERVISOR
		LIMPIEZA	LUBRICACIÓN	INSPECCIÓN			HORA	DÍA	SEMANA		
Torno Mecánico 32"x3m (TM 3)	Cabezal	x			Trapo	30 min		x		Operario	Jefe a cargo
	Husillo	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Bancadas	x	x		Trapo / aceite			x		Operario	Jefe a cargo
	Columna	x			Trapo				x	Operario	Jefe a cargo
	Lámparas	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Torre PH	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
	Carro PH	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
	Contrapunta	x	x		Trapo / aceite			x		Operario	Jefe a cargo
	Manivelas	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Caja Norton	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Nivel de aceite	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
	Nivel de bancada	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
Fresadora Universal N°3 (FU N°3)	Cabezal de rotación	x			Trapo	30 min		x		Operario	Jefe a cargo
	Cabezal de orientación	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Husillo	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Bancadas	x	x		Trapo / aceite			x		Operario	Jefe a cargo
	Mesa	x	x		Trapo / aceite			x		Operario	Jefe a cargo
	Columna	x			Trapo				x	Operario	Jefe a cargo
	Torpedo	x			Trapo				x	Operario	Jefe a cargo
	Manivelas	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Control de posición	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
	Nivel de aceite	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
	Nivel de bancada	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
	Rectificadora Cilíndrica 2m (RC 2)	Motor de rotación	x				Trapo	30 min			x
Centros de rotación		x	x		Trapo / aceite		x			Operario	Jefe a cargo
Husillo		x	x		Trapo / aceite		x			Operario	Jefe a cargo
Contrapunta		x			Trapo		x			Operario	Jefe a cargo
Mesa		x	x		Trapo / aceite				x	Operario	Jefe a cargo
Bancada			x		Aceite		x			Operario	Jefe a cargo
Columna		x			Trapo				x	Operario	Jefe a cargo
Manivelas		x			Trapo		x			Operario	Jefe a cargo
Bomba hidráulica		x			Trapo				x	Operario	Jefe a cargo
Tanque refrigerante		x			Trapo		x			Operario	Jefe a cargo
Sistema eléctrico		x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
Unidad oleo-hidráulica		x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
Niveles de aceite		x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
Nivel de bancada		x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
Rectificadora Plana 1m (RP 1)	Base magnética	x	x		Trapo / aceite	30 min		x		Operario	Jefe a cargo
	Bancadas		x		Aceite			x		Operario	Jefe a cargo
	Muela	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Mesa	x			Trapo				x	Operario	Jefe a cargo
	Columna	x			Trapo				x	Operario	Jefe a cargo
	Manivelas	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Bomba hidráulica	x			Trapo				x	Operario	Jefe a cargo
	Tanque refrigerante	x			Trapo			x		Operario	Jefe a cargo
	Unidad oleo-hidráulico	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
	Niveles de aceite	x		x	Trapo / visual				x	Operario	Jefe a cargo
Nivel de bancada	x		x	Trapo / visual			x	Operario	Jefe a cargo		
Instalaciones de trabajo	Área de torneado	x			Trapo/escoba	1 hora			x	Ayudantes	Jefe a cargo
	Área de rectificado	x			Trapo/escoba				x	Ayudantes	Jefe a cargo
	Área de taladrado	x			Trapo/escoba				x	Ayudantes	Jefe a cargo
	Área de cortado	x			Trapo/escoba				x	Ayudantes	Jefe a cargo
	Área de soldado	x			Trapo/escoba				x	Ayudantes	Jefe a cargo
	Área de bruñido	x			Trapo/escoba				x	Ayudantes	Jefe a cargo
Área de almacén	x			Trapo/escoba			x	Ayudantes	Jefe a cargo		

Nota. En la tabla se muestra las actividades de mantenimiento autónomo y las de limpieza para cada máquina crítica. Elaboración propia – Implementación del TPM.

## Paso 9. Programa de mantenimiento planificado.

Cabe aclarar que la empresa no cuenta con personal de mantenimiento especializado, todos los mantenimientos correctivos son realizados por el personal de operación que están capacitados y cuentan con los manuales de funcionamiento de las máquinas. Sin embargo, luego de analizar los problemas se demostró que el personal operativo tarda demasiado en atender las fallas y emplea mucho el mantenimiento correctivo paliativo.

Luego de reuniones con el área administrativa y gerencia, se concluyó que no es posible actualmente tener personal especializado de mantenimiento en la empresa. Sin embargo, se llegó al acuerdo de contratar un personal de mantenimiento especializado cuando existe repetividad en la falla.

En este paso se desarrollaron dos eventos importantes:

- a) **Reunión de inicio:** En esta reunión se aclaró la importancia de tener un plan de mantenimiento, y las metas del mantenimiento planificado.

### Figura 47

*Diapositiva de la exposición en la reunión.*



*Nota.* Esta hoja de la diapositiva fue expuesta al personal de operaciones y muestra los objetivos del mantenimiento planificado. Elaboración propia – Implementación del TPM.

b) **Plan de mantenimiento:** Se eléboro los estándares de mantenimiento planificado, y un cronograma de mantenimiento anual.

**Figura 48**

*Formatos de mantenimiento.*

	<b>ÁREA DE MAESTRANZA</b>	<b>CODIGO:</b> MP-06
	MANTENIMIENTO	<b>VERSION:</b> 01

MÁQUINA		Torno Mecánico 32"x3m (TM 3)				
HORA		DÍA		TIPO DE MANTENIMIENTO		SUPERVISOR
INICIO	FIN	INICIO	FIN	PLANIFICADO	EMERGENCIA	
PARTICIPANTES						

ACTIVIDAD A REALIZAR				
ITEM	ACTIVIDAD	COMPLETADO		HALLAZGO
		SI	NO	
1	Mantto de la torre PH.			
2	Mantto del carro PH.			
3	Mantto de la contrapunta.			
4	Mantto de los chucks.			
5	Mantto de husillo.			
6	Mantto de caja Norton.			
7	Mantto de ductos de lubricación.			
8	Mantto del sistema eléctrico.			
9	Mantto de componentes.			
10	Otro.			

	<b>ÁREA DE MAESTRANZA</b>	<b>CODIGO:</b> MP-15
	MANTENIMIENTO	<b>VERSION:</b> 01

MÁQUINA		Fresadora Universal N°3 (FU N°3)				
HORA		DÍA		TIPO DE MANTENIMIENTO		SUPERVISOR
INICIO	FIN	INICIO	FIN	PLANIFICADO	EMERGENCIA	
PARTICIPANTES						

ACTIVIDAD A REALIZAR				
ITEM	ACTIVIDAD	COMPLETADO		HALLAZGO
		SI	NO	
1	Mantto de cabezales.			
2	Mantto de la mesa.			
3	Mantto de las bancadas.			
4	Mantto del torpedo.			
5	Mantto del husillo.			
6	Mantto del sistema eléctrico.			
7	Mantto de ductos de lubricación.			
8	Mantto de panel de control.			
9	Mantto de sensores de posición			
10	Mantto de complementos.			
11	Otro.			

	ÁREA DE MAESTRANZA		CODIGO: MP-9	
	MANTENIMIENTO		VERSION: 01	

MÁQUINA		Rectificadora Cilíndrica 2m (RC 2)				
HORA		DÍA		TIPO DE MANTENIMIENTO		SUPERVISOR
INICIO	FIN	INICIO	FIN	PLANIFICADO	EMERGENCIA	
PARTICIPANTES						

ACTIVIDAD A REALIZAR				
ITEM	ACTIVIDAD	COMPLETADO		HALLAZGO
		SI	NO	
1	Mantto de motor de arrastre.			
2	Mantto de husillos.			
3	Mantto de la contrapunta.			
4	Mantto de centros de rotación.			
5	Mantto de mesa.			
6	Mantto de bancada.			
7	Mantto del sistema hidráulico.			
8	Mantto del sist. oleo-hidráulico.			
9	Mantto del sistema eléctrico.			
10	Mantto de ductos de lubricación.			
11	Mantto de componentes.			
12	Otros.			

	ÁREA DE MAESTRANZA		CODIGO: MP-12	
	MANTENIMIENTO		VERSION: 01	

MÁQUINA		Rectificadora Plana 1m (RP 1)				
HORA		DÍA		TIPO DE MANTENIMIENTO		SUPERVISOR
INICIO	FIN	INICIO	FIN	PLANIFICADO	EMERGENCIA	
PARTICIPANTES						

ACTIVIDAD A REALIZAR				
ITEM	ACTIVIDAD	COMPLETADO		HALLAZGO
		SI	NO	
1	Mantto de base magnética.			
2	Mantto de bancada.			
3	Mantto de muela.			
4	Mantto de mesa.			
5	Mantto de columna.			
6	Mantto de sistema hidráulico.			
7	Mantto de sistema eléctrico.			
8	Mantto de sist. oleo-hidráulico.			
9	Mantto de ductos de lubricación.			
10	Mantto del panel de control.			
11	Otro.			

*Nota.* En estas imágenes se muestran los formatos de mantenimiento empleados para cada una de las máquinas críticas. Elaboración propia – Implementación del TPM.

El siguiente cronograma fue realizado en conjunto con el área administrativa, se evitaron los meses con mayor cantidad de ordenes de trabajo para programar el mantenimiento de cada máquina.

**Figura 49**

*Cronograma del mantenimiento planificado.*

				<b>MAESTRANZA</b>												<b>CODIGO:</b> CM-001	
				<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>												<b>VERSION:</b> 01	
N°	MÁQUINA (TAG)	ÁREA	RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO	2021													
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1	Torno Mecánico (TM3)	Maestranza	Jefe de producción				P						P				P
2	Fresadora Universal (FU N°3)	Maestranza	Jefe de producción		R					P						P	
3	Rectificadora Cilíndrica (RC2)	Maestranza	Jefe de producción				P					P					P
4	Rectificadora Plana (RP1)	Maestranza	Jefe de producción	E					P					P			

<b>E</b>	Emitido: Mantto realizado con éxito.
<b>P</b>	Planificado: Mantto planificado
<b>R</b>	Reprogramación: Mantto en reprogramación

<b>F. Actualización</b>	28/02/21
-------------------------	----------

*Nota.* En esta imagen se muestran los meses que se tiene planificado realizar el mantenimiento, también es usado como registro de control. Elaboración propia – Implementación del TPM.

**Paso 10. Evaluación de operaciones y mantenimiento.**

En este paso se desarrolló dos eventos importantes:

- a) **Reunión de inicio:** En esta reunión se resumió el conocimiento que hemos adquirido sobre el TPM durante el periodo de implementación y se explicó la importancia de las evaluaciones dentro de la empresa, también se implementó el formato de la propuesta de mejora.

**Figura 50**

*Formato de propuesta de mejora.*

 <b>CROMMETS S.A.</b> <small>GRUPO EMPRESARIAL - CROMMETS S.A. S.R.L.</small>	<b>MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</b>	<b>CODIGO:</b> F-018
	FORMATO DE PROPUESTA	<b>VERSION:</b> 01

INFORMACION GENERAL		
APELLIDOS Y NOMBRES	ÁREA DE TRABAJO	FECHA

PROPUESTA DE MEJORA		
ÁREA	PRODUCTO	PROCESO
<b>DESCRIPCION DE LA MEJORA</b>		
<b>BENEFICIOS DE LA MEJORA</b>		
<b>REQUERIMIENTOS PARA LA MEJORA</b>		

- Las propuestas serán consideradas en el programa anual de incentivos.

*Nota.* Este es el formato está a disposición de todo el personal y se emplea para proponer una mejora. Elaboración propia – Implementación del TPM.

**b) Evaluación de conocimientos:** En esta etapa se evaluó el conocimiento sobre el TPM, se delegó responsables sobre la evaluación de desempeño y se entregaron los formatos de evaluación de desempeño. Para la asignación de los responsables de la evaluación de desempeño se empleó el organigrama de la empresa.

**Figura 51**

*Formatos de evaluación de conocimiento sobre el TPM.*

	<b>FORMATO DE EVALUACIÓN</b>	<b>CODIGO:</b> E-01
	<b>EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTO</b>	<b>VERSION:</b> 01

TEMA		<b>MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</b>	
DATOS GENERALES			
RESPONSABLE:		FECHA	
EVALUADO:			

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN					
<b>CRITERIOS</b>	No tiene conocimiento.	1	<b>ESTÁNDAR PROMEDIO</b>	Ayudante:	≥2
	Conocimiento básico.	2		Operario:	≥2
	Conocimiento medio.	3		Jefes de aérea:	≥3
	Conocimiento avanzado.	4		Jefes administrativos.	≥3
	Experto.	5		Gerente general	≥4

ITEM	PREGUNTA	OBJETIVO	PUNTAJE
1	¿Qué es el TPM? ¿Cuáles son los objetivos del TPM?	Saber si el evaluado tiene conocimientos básicos del TPM.	
2	¿Cuál es el número de pasos para implementar el TPM?	Saber si el evaluado sigue el plan de implementación.	
3	¿Qué indicadores de TPM usamos en la empresa?	Saber si el evaluado tiene conocimiento de los indicadores.	
4	¿Qué es mantenimiento autónomo?	Saber si el evaluado tiene conocimiento de lo aplicado.	
5	¿Cuáles son los beneficios del mantenimiento planificado?	Saber si el evaluado tiene conocimiento del tema.	
6	¿Para qué se implementaron los estándares en la empresa?	Saber si el evaluado tiene conceptos de calidad.	
7	¿Para qué se implementó las 5S en la empresa?	Saber si se tiene conocimiento de las 5S	
8	¿Por qué debemos cumplir el plan de comunicación?	Saber si el evaluado tiene conocimiento del tema.	
9	¿Qué formatos se aplican en tu área de trabajo?	Saber si el evaluado tiene emplea los formatos asignados.	
10	¿Tienes alguna propuesta de mejora?	Saber si el evaluado puede proponer ideas de mejora	
<b>PROMEDIO</b>			

*Nota.* Esta evaluación fue dirigida a todo el personal dentro de la empresa, incluyendo al gerente general. Elaboración propia – Implementación del TPM.

**Figura 52**

Formato de evaluación de desempeño.

	<b>FORMATO DE EVALUACIÓN</b>	<b>CODIGO:</b> ED-01
	<b>EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO</b>	<b>VERSION:</b> 01

DATOS GENERALES				
Apellidos y Nombres del Evaluado				
Área	Cargo	Tiempo de Servicio	Periodo de Evaluación	Fecha

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN					
COMPETENCIA			APRECIACIÓN		
<b>CRITERIOS</b>	Nunca.	4	<b>CRITERIOS</b>	Supera la expectativa.	4
	Algunas veces.	3		Dentro de la expectativa.	3
	Frecuentemente.	2		Por debajo de la expectativa	2
	Siempre	1		No cumple	1

COMPETENCIA LABORAL	
<b>ORIENTACIÓN HACIA RESULTADOS</b>	<b>PUNTAJE</b>
1. Realiza su trabajo buscando cumplir con los objetivos y acciones esperados.	
2. Cumple su trabajo en el tiempo requerido.	
3. Atiende los requerimientos solicitados.	
<b>SEGURIDAD, ORDEN Y LIMPIEZA</b>	<b>PUNTAJE</b>
1. Mantiene limpieza y orden en si área de trabajo.	
2. Sobresaliente apego a normas y procedimientos de trabajo.	
3. Se conduce con relativo interés por dejar conforme a quien requiera de sus servicios.	
<b>TRABAJO EN EQUIPO</b>	<b>PUNTAJE</b>
1. Se compromete con su equipo de trabajo cumplimiento con las metas y expectativas.	
2. Esta siempre dispuesto al intercambio de información con otros miembros del equipo.	
3. Aporta ideas y recomendaciones fruto de su conocimiento.	
<b>TRANSPARENCIA</b>	<b>PUNTAJE</b>
1. Es abierto y honesto en sus relaciones laborales.	
2. Mantiene una imagen profesional, digna y confiable en todo lo que hace.	
3. Acepta su responsabilidad ante sus acciones y decisiones.	

	<b>FORMATO DE EVALUACIÓN</b>	<b>CODIGO:</b> ED-01
	<b>EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO</b>	<b>VERSION:</b> 01

EFICIENCIA OPERTATIVA	PUNTAJE
1. Aborda sus tareas con exigencia y rigurosidad, ofreciendo altos estándares de calidad.	
2. Siempre trata de mejorar la calidad y eficiencia de su desempeño.	
3. Revisa continuamente sus avances, planteando alternativas de mejora.	
COLABORACIÓN	PUNTAJE
1. Genera confianza en los demás, por su actitud generosa a la hora de realizar objetivos.	
2. Realiza acciones que contribuyen al cumplimiento de objetivos de otras personas.	
3. Apoya al resto de la organización, aunque no sea parte de sus obligaciones.	
INICIATIVA	PUNTAJE
1. Brinda soluciones rápidas y oportunas ante posibles problemas que se presenten.	
2. Realiza acciones preventivas para evitar crisis futuras, con suficiente atención.	
3. Actúa de manera independiente o propone alternativas de solución.	
ADAPTABILIDAD AL CAMBIO	PUNTAJE
1. Reacciona positivamente ante cambios imprevistos en los planes.	
2. Muestra buena disposición para cambiar las formas de trabajo.	
3. Percibe los cambios como un crecimiento y los acepta de buen agrado.	

APRECIACIÓN GENERAL	
ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE
1. Posee las competencias requeridas para su puesto.	
2. Cumple las funciones asignadas a su puesto.	
3. Mantiene la apariencia dentro y fuera del trabajo.	

RESULTADOS			
ASPECTOS EVALUADOS	PESO	CALIFICACIÓN	TOTAL
1. Competencia laboral.	80%		
2. Apreciación general.	20%		
<b>RESULTADO OBTENIDO</b>			

*Nota.* Esta evaluación está dirigida para todo el personal de operaciones y jefes de área.

Elaboración propia – Implementación del TPM.

## Paso 11. Programa de gestión temprana.

Este paso está enfocado a la gestión temprana de equipos, criterios a considerar antes de comprar equipos nuevos para la empresa, y también al impacto de las máquinas y las operaciones al medio ambiente. En este paso se desarrollaron tres eventos importantes:

- a) **Reunión de inicio:** En esta reunión se informó de la importancia de gestionar bien un equipo antes de su compra, la gestión en seguridad e impacto en el medio ambiente.
- b) **Gestión temprana de equipos:** También conocido como Early Equipment Management (EEM) En esta etapa se presentó un formato de criterios a tener en cuenta antes de adquirir un equipo nuevo o se segunda.

**Figura 53**

*Gestión temprana de equipos.*

	<b>MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</b>	<b>CODIGO:</b> GE-01
	EEM	<b>VERSION:</b> 03

<b>GESTION TEMPRANA DE EQUIPOS</b>	
En	¿Qué es lo que se quiere de la máquina?
Mantenimiento	Que el sistema oleo-hidráulico esté fuera de la máquina.
	Que el sistema eléctrico esté separado de la máquina.
	Que el sistema hidráulico esté separado de la máquina.
	Que el tanque de refrigeración sea grande y móvil.
	Que los sistemas estén ubicados en las laterales de la máquina.
	Que sean fáciles de realizar mantenimiento.
	Que no requiera demasiado mantenimiento.
	Que posea indicadores visuales.
Que tenga un manual de mantenimiento.	
Producción	Que sea eficiente, al realizar su función.
	Que no recaliente, por mucho uso.
	Que se pueda producir todo el día, máquinas silenciosas.
	Que tenga mayor automatización.
	Que pueda realizar múltiples productos.
Operación	Que sea fácil de operar, máquinas ergonómicas.
	Que tenga sensores de posición.
	Que sea fácil de limpiar y que posea organizadores.
	Que tenga pulsadores frontales y accesibles.
	Que posea un botón de parada de emergencia.
Almacén	Que muestre indicadores del estado de la máquina.
	Que use menor cantidad de consumibles.
	Que use los mismos repuestos que se poseen en stock.
	Que consuma repuestos del mercado nacional.
	Que posea un manual o lista de repuestos.

*Nota.* Estos criterios son recomendaciones de las distintas áreas de la empresa. Elaboración propia – Implementación del TPM.

c) **Gestión en protección del medio ambiente:** Posterior a la capacitación en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente (SSOMA) se emplearon las señaléticas que faltaban en las áreas de trabajo, se señaló el EPP obligatorio para cada máquina, se estableció un plan de gestión ambiental, y se establecieron objetivos SSOMA.

**Figura 54**

*Plan de gestión ambiental.*

	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	CODIGO: D-15
	Plan de Gestión Ambiental	VERSION: 01

TEMAS DE LA CAPACITACIÓN	
1	Uso eficiente y ahorro de agua.
2	Uso racional y eficiente de energía eléctrica.
3	Importancia del Reciclaje.
4	Disminución del consumo del papel.
5	Manejo de residuos sólidos

#### Estrategias

**Estrategia N° 1:** Sensibilización y capacitación a los trabajadores de **CROMMETS E.I.R.L.**

Ejes temáticos:

- Realizar charlas y capacitaciones sobre el medio ambiente, el manejo de residuos sólidos, cambio climático, las tres erres (reciclar, reducir y reutilizar), ecoeficiencia, desarrollo sostenible, aspectos e impactos ambientales, entre otros.
- Dinámicas sobre el cuidado de medio ambiente.
- Evaluar después de cada capacitación con la finalidad de comprobar lo aprendido.
- Fomentar el manejo racional del recurso hídrico y enérgico.

**Estrategia N° 2:** Manejo adecuado de los residuos sólidos.

Ejes temáticos:

- Gestionar de manera adecuada los residuos sólidos y sólidos peligrosos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Consolidar los documentos de gestión relacionados a la gestión de los residuos sólidos y sólidos peligrosos, soluciones gastadas del baño de cromado, rebaba de acero y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

**Estrategia N° 3:** Manejo de los efluentes y derrames.

Ejes temáticos:

- Utilizar bandejas de contención en caso se produzca derrames productos químicos.
- Uso de Kit antiderrames.

*Nota.* En esta imagen se muestran las estrategias que tomará la empresa para cuidar el medio ambiente. Elaboración propia – Implementación del TPM.

**Figura 55**

*Objetivos y metas del SSOMA.*

	<b>SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL Y CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE</b>	<b>CODIGO:</b> F-68
	OBJETIVOS SSOMA	<b>VERSION:</b> 01

Nº	PROCESO	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECIFICO	INDICADOR	META
1	MA	Prevenir la contaminación del medio ambiente, desde nuestras instalaciones y en los lugares donde desarrollemos nuestros servicios.	Reducir el consumo de papel	$(\text{Consumo del mes anterior} - \text{consumo del periodo actual}) / \text{consumo del periodo anterior} \times 100$	$\geq 1\%$
2	SST	Mejorar los procedimientos de preparación y respuesta ante emergencias.	Ejecutar los simulacros programados.	$N^{\circ} \text{ simulacros ejecutados} \times 100\% / N^{\circ} \text{ simulacros programados}$	$\geq 80\%$
			Realizar inspecciones de seguridad y salud en el trabajo	$N^{\circ} \text{ inspecciones ejecutadas} \times 100\% / N^{\circ} \text{ inspecciones programadas}$	$\geq 90\%$
3	SST	Asegurar que los trabajadores de la organización reciban la suficiente y adecuada formación en temas de prevención de riesgos en las actividades que realizan.	Aumentar las competencias de nuestros trabajadores y concientizarlos en aspectos relacionados a SST.	$N^{\circ} \text{ Capacitaciones Ejecutadas} \times 100\% / N^{\circ} \text{ Capacitaciones Programadas}$	$\geq 80\%$
5	SST y MA	Cumplir las normativas legales y reglamentarias vigentes aplicables al Sistema Integrado de Gestión	Mejorar el nivel de cumplimiento de la normativa legal aplicable a la organización.	$(N^{\circ} \text{ requisitos legales cumplidos} / N^{\circ} \text{ total requisitos legales aplicables}) \cdot 100$	100%
6	SST	Proteger la seguridad y la salud de todos los trabajadores, contratistas y visitantes que tengan acceso a nuestras instalaciones y actividades.	Evitar incidentes y accidentes en las actividades que desarrollamos	$N^{\circ} \text{ incidentes y/o accidentes en el trabajo} \times \text{año}$	$< 10$
7	MA	Realizar buenas prácticas orientado al uso sostenible de recursos	Reducir el consumo eléctrico	$((\text{Consumo del periodo anterior} - \text{consumo del periodo actual}) / \text{consumo del periodo anterior}) \times 100$	$\geq 1\%$
			Reducir el consumo de agua	$((\text{Consumo del periodo anterior} - \text{consumo del periodo actual}) / \text{consumo del periodo anterior}) \times 100$	$\geq 1\%$

*Nota.* Estos son los objetivos y metas que se elaboró para la seguridad laboral y el cuidado ambiental. Elaboración propia – Implementación del TPM

**Figura 56**

*Fotos de la implementación en SSOMA.*



*Nota.* Se implementó una estación de lavado y desinfección.



*Nota.* Se implementaron las señaléticas faltantes e implementó un mayor número de extintores.



*Nota.* Se implementó un área de acopio de residuos sólidos, anterior a esto solo se empleaba un solo tacho para todos los residuos.

#### 4.3.1.3. Fases de control.

##### Paso 12. Estabilización de la implementación.

Actualmente nos encontramos en esta fase, se están realizando mejoras en los formatos y planes, este periodo tiene un tiempo de duración estimada de 2 años. Para realizar el seguimiento y control toda la implementación se está empleando los siguientes registros:

**Tabla 16**

*Lista de registros de seguimiento y control de la implementación.*

N°	Registros	Indicador	Meta	Reporte
1	Satisfacción del cliente.	$\frac{\sum \text{Puntos obtenidos}}{\text{Número total de evaluaciones}}$	≥ 4.0 puntos	6 meses
2	Disponibilidad.	<i>Disponibilidad Mecánica Nakajima</i>	≥ 95 %	mensual
3	Eficiencia del mantenimiento.	$MTBF: \frac{T. \text{ disponible} - T. \text{ de mantto}}{N^{\circ} \text{ de paradas correctivas}}$	≥ 150 horas	mensual
		$MTTR: \frac{T. \text{ de mantenimiento}}{N^{\circ} \text{ de paradas correctivas}}$	≤ 12 horas	mensual
4	Reprocesos	$\frac{N^{\circ} \text{ de productos buenos}}{N^{\circ} \text{ de productos totales}} \times 100$	≤ 1%	mensual
5	Efectividad total de ellos equipos	<i>Disponibilidad x Calidad x Rendimiento</i>	≥ 85 %	mensual
6	Programa de capacitaciones	$\frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones programadas}} \times 100$	≥ 80 %	6 meses
7	Mantenimiento autónomo y 5S	$\frac{N^{\circ} \text{ de tareas completadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas}} \times 100$	≥ 95 %	mensual

<b>8</b>	Plan de mantenimiento	$\frac{N^{\circ} \text{ de mantenimientos realizados}}{N^{\circ} \text{ de mantenimientos planificados}} \times 100$	$\geq 90 \%$	6 meses
<b>9</b>	Control de inventario.	$\frac{N^{\circ} \text{ c\u00f3dico de items correctos}}{N^{\circ} \text{ total de c\u00f3digos}} \times 100$	$\geq 95 \%$	mensual
<b>10</b>	Correcta aplicaci\u00f3n de formatos.	$\frac{N^{\circ} \text{ de formatos bien aplicados}}{N^{\circ} \text{ de formatos emitidos}} \times 100$	$\geq 90 \%$	mensual
<b>11</b>	Control de certificaci\u00f3n de instrumentos.	$\frac{N^{\circ} \text{ de instrumentos certificados}}{N^{\circ} \text{ de instrumentos a certificar}} \times 100$	$\geq 95 \%$	6 meses
<b>12</b>	Evaluaci\u00f3n de desempe\u00f1o.	$\frac{\sum \text{ de los porcentajes obtenidos}}{\text{N\u00famero total de evaluaciones}}$	$\geq 90 \%$	3 meses
<b>13</b>	Consumo eficiente de recursos.	$\frac{\text{Consumo de papel (mes anterior - actual)}}{\text{Consumo de papel mes anterior}} \times 100$	$\geq 1 \%$	mensual
		$\frac{\text{Consumo de agua (mes anterior - actual)}}{\text{Consumo de agua mes anterior}} \times 100$	$\geq 1 \%$	mensual
		$\frac{\text{Consumo de electricidad (mes anterior - actual)}}{\text{Consumo de electricidad mes anterior}} \times 100$	$\geq 1 \%$	mensual
<b>15</b>	Capacitaci\u00f3n en SST.	$\frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de inspecciones programadas}} \times 100$	$\geq 90 \%$	mensual
		$\frac{N^{\circ} \text{ de simulacros realizados}}{N^{\circ} \text{ de simulacros programados}} \times 100$	$\geq 80 \%$	mensual
		$\frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones realizadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones programadas}} \times 100$	$\geq 80 \%$	mensual
		$N^{\circ} \text{ de incidentes por a\u00f1o}$	$\leq 10$	anual
<b>16</b>	Cumplimiento de la normativa SST y MA.	$\frac{N^{\circ} \text{ de requisitos cumplidos}}{N^{\circ} \text{ de requisitos aplicables}} \times 100$	100%	6 meses

*Nota.* En esta tabla se muestran los formatos, indicadores y metas que se establecieron para que la implementaci\u00f3n del TPM sea un \u00e9xito.

Elaboraci\u00f3n propia – Implementaci\u00f3n del TPM.

### 4.3.2. Proceso de homologación.

Este proceso inicio a finales de diciembre del 2020, luego obtener los primeros resultados de la implementación del TPM, todos los puntos críticos de la evaluación que se encuentran en la Tabla 10 fueron cumplidos.

### Figura 57

*Certificado de la homologación.*

Código: 46 – 46 / 781 – 20 – 17807



## CERTIFICADO DE HOMOLOGACION

Otorgado a:  
CROMMETS E.I.R.L.

Solicitado por:

**GRUPO ROMERO**

#### Aspectos Evaluados:

Básicos de Operación	100.00
Laborales	90.00
Económico-Financiero	95.00
Comerciales	100.00
Productivos	100.00
Administrativos	90.83
Calidad	100.00
Central de Riesgo	100.00
<b>Puntaje Final Ponderado:</b>	<b>97.60</b>
<b>Calificación:</b>	<b>Muy buena</b>

VIGENCIA:

Desde: 23/12/2020

Hasta: 22/12/2021

  
Ramiro Tola Claux  
Gerente



Nuestra empresa garantiza únicamente que el proveedor ha sido evaluado y calificado de acuerdo a nuestros procedimientos. La calificación consignada en el presente certificado es un reflejo de los hallazgos encontrados durante el proceso de evaluación. Nuestra empresa no asume responsabilidad alguna en caso el proveedor evaluado falle o incumpla en algún producto o servicio que haya sido objeto de esta evaluación.

*Nota.* En esta imagen se muestra el puntaje obtenido luego de pasar la evaluación de la homologación.

#### 4.4. Recursos humanos y equipamiento.

**Tabla 17**

*Recursos empleados para la implementación del TPM.*

<b>Fase</b>	<b>Paso</b>	<b>Recurso humano</b>	<b>Equipamiento</b>
<b>Preparación</b>	1	Jefe del proyecto.	Computadora, impresora.
	2	Jefe del proyecto, todo el personal.	Computadora, proyector, impresora.
	3	Jefe del proyecto, todo el personal.	Computadora, proyector, impresora.
	4	Jefe del proyecto, todo el personal.	Computadora, proyector, impresora.
	5	Jefe del proyecto.	Computadora.
<b>Implementación</b>	6	Jefe del proyecto, todo el personal.	Computadora, proyector, impresora, EPP e instrumentos de control de calidad.
	7	Jefe del proyecto, todo el personal, experto en mantenimiento industrial.	Computadora, proyector, impresora, herramientas de mantenimiento.
	8	Jefe del proyecto, todo el personal, capacitaciones tercerizadas.	Computadora, proyector, impresora, útiles de limpieza, herramientas de mantenimiento, pintura y gabinetes.
	9	Jefe del proyecto, todo el personal.	Computadora, proyector, impresora, manual de mantenimiento.
	10	Jefe del proyecto, todo el personal.	Computadora, proyector, impresora.
	11	Jefe del proyecto, todo el personal.	Computadora, proyector, impresora, señaléticas, estación de desinfección, acopio de residuos sólidos.
<b>Control</b>	12	Jefe del proyecto, todo el personal.	Computadora, impresora.

#### 4.5. Análisis económico - financiero.

##### 4.5.1. Análisis económico.

El presupuesto para la fase de implementación del proyecto fue 30,000.00 soles, los gastos fijos anuales no fueron considerados como gasto de implementación.

**Figura 58**

*Análisis económico.*

Fases	Recursos humanos	Equipamiento
Fase de análisis	Tiempo del personal de alto cargo para el análisis situacional de la empresa: 16 horas.	Computadora: Propiedad de la empresa.
	Tiempo del personal de alto cargo para el planteamiento de las posibles soluciones: 16 horas.	Impresora: Propiedad de la empresa.
	Reunión para la toma de decisiones: 8 horas.	Proyector: Propiedad de la empresa.
	Personal de alto cargo en la empresa: 4 personas.	
	Costo del personal de alto cargo por hora: 12.50 soles.	
<b>Total de fase</b>	<b>2,000.00 soles</b>	<b>0 soles</b>
Fase de Preparación	Tiempo del jefe de proyecto: 64 horas.	Computadora: Propiedad de la empresa.
	Costo del jefe de proyecto por hora: 12.5 soles.	Impresora: Propiedad de la empresa.
	Personal de Mantto empleado: 4 operarios.	Proyector: Propiedad de la empresa.
	Tiempo del personal de Mantto: 3 horas.	
	Costo del personal de Mantto por hora: 10.42 soles.	
<b>Total de fase</b>	<b>925.04 soles</b>	<b>0 soles</b>
Fase de implementación	Tiempo del jefe de proyecto: 140 horas.	Computadora: Propiedad de la empresa.
	Costo del jefe de proyecto por hora: 12.5 soles.	Impresora: Propiedad de la empresa.
	Personal de Mantto empleado: 4 personas.	Proyector: Propiedad de la empresa.
	Tiempo del personal de Mantto: 86 horas.	Compra de 7 instrumentos de control de calidad: 1,980 dólares (7,128 soles).
	Costo del personal de Mantto por hora: 10.42 soles.	Calibración de 19 instrumentos de control de calidad: 1,780 dólares (6,408 soles).
	Personal administrativo empleado: 2 personas.	Compra de EPP: 2,380 soles.
	Tiempo del personal administrativo: 16 horas	Mantenimiento de máquinas críticas: 4800 soles
	Costo del personal administrativo por hora: 12.5 soles	Herramientas de mantenimiento: P. de la empresa.
	Personal de galvanoplastia empleado: 4 personas.	Útiles de limpieza: Propiedad de la empresa.
	Tiempo del personal de galvanoplastia: 16 horas.	Pintura: 2,176 soles.
	Costo del personal de galvanoplastia por hora: 10.42	Gabinets: 4,320 soles.
	Numero de ayudantes empleados: 2 personas	Señaléticas: 540 soles.
	Tiempo de los ayudantes: 86 horas	Estación de desinfección: 1,470 soles.
	Costo de ayudantes por hora: 7.29 soles.	Estación de acopio de residuos: 505 soles.
	Costo del experto en mantenimiento: 800 soles	
Costo de capacitaciones tercerizadas: 1200 soles		
<b>Total de fase</b>	<b>8,580.65 soles</b>	<b>29,727.00 soles</b>
Fase de control	Tiempo del jefe de proyecto: 12 horas por mes.	Computadora: Propiedad de la empresa.
	Costo del jefe de proyecto por hora: 12.5 soles.	Impresora: Propiedad de la empresa.
	Jefes encargado del control en sus áreas: 3 personas.	Presupuesto para la implementación de mejoras: 10,000 soles
	Tiempo de los jefes para el control: 4 horas por mes.	
Costo del jefe por hora: 12.5 soles.		
<b>Total de fase</b>	<b>300 soles por mes (7,200 soles por los dos años)</b>	<b>10,000 soles</b>
<b>Total</b>	<b>18,705.69 soles</b>	<b>39,727.00 soles</b>

*Nota.* El costo del salario del personal no fue considerado en el presupuesto inicial, porque la empresa los considera como un gasto fijo anual.

Entonces el costo real de la implementación es de 58,432.69 soles.

#### 4.5.2. Cálculo del VAN y TIR.

Para realizar este cálculo solo consideraremos los ahorros en mantenimiento.

**Tabla 18**

*Costos de mantenimiento del 2020.*

<b>Costo de mantenimiento</b>	<b>2020</b>
<b>Tiempo en mantenimiento</b>	599 horas
<b>Numero de operarios empleados</b>	3 operarios
<b>Costo en mano de obra por hora</b>	12.5 soles
<b>Costo extra por sobretiempo</b>	25%
<b>Total, en mano de obra</b>	28,078.125
<b>Total, en repuestos de mantenimiento:</b>	27,150.00
<b>Costo total del mantenimiento</b>	55,228.125

*Nota.* En esta tabla se muestran los costos de mantenimiento en el año 2020. Elaboración propia – Datos de la empresa.

Los planes de mantenimiento (autónomo, preventivo, planificado) tiene como meta reducir las fallas en las máquinas en 70% y el costo en respuestas en un 50%. Se estimaron estos valores debido a que la gran mayoría de fallas son por realizar mantenimiento correctivo paliativo. El consumo en repuestos también es afectado en gran parte por la falta de un plan de mantenimiento para la prevención de desgastes prematuros.

Para calcular el VAN y el TIR de forma manual se puede emplear la siguiente formula.

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Qn}{(1+i)^n} - I$$

*Donde:*

*Qn = Es el flujo de caja en el periodo n.*

*i = Es la tasa de interes anual.*

*I = Es la inversion inicial.*



## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio.**

Luego de la implementación del mantenimiento productivo total se mejoraron los siguientes aspectos de la empresa:

- ✓ **Satisfacción del cliente:** Gracias a los nuevos formatos implementados y al seguimiento y control de estos, se programan correctamente los tiempos de entrega y los trabajos se realizan de acuerdo a los requerimientos del cliente. No hay más quejas por retrasos en la entrega o por trabajos incompletos.
  
- ✓ **Reprocesos:** Gracias a los nuevos estándares implementados, se redujo la cantidad de reprocesos generadas por trabajar en condiciones inapropiadas de operatividad. Esto también aumento la productividad.
  
- ✓ **Capacitaciones:** Gracias a las capacitaciones que se realizan el personal de la empresa se encuentra preparado para hacer frente ante cualquier eventualidad que se presente en el día.
  
- ✓ **Mantenimiento autónomo y 5S:** Gracias al implementación del mantenimiento autónomo y a las 5S, las fallas por falta de orden, limpieza y control de indicadores visuales fueron reducidas y las máquinas e instalaciones siempre están limpias y ordenadas mejorando así la presencia ante el cliente.
  
- ✓ **Plan de mantenimiento:** Gracias al plan de mantenimiento implementado se sabe cuándo se detendrá una máquina, actualmente no se para la producción bruscamente y se establecen contramedidas de ser necesarias. Se mejoró en gran medida la confiabilidad y la disponibilidad de las máquinas, lo que ayuda a aumentar la productividad de la empresa.

- ✓ **Inventario:** Gracias al nuevo formato de seguimiento y control de inventario, se tiene todos los consumibles necesarios en el almacén, actualmente no se detiene la producción por falta de estos consumibles. Gracias al formato de orden de compra y al formato de proveedores calificados los requerimientos de materiales llegan a la fecha programada.
  
- ✓ **Formatos estandarizados:** Gracias a todos los formatos implementados, todos los procesos cuentan con un buen seguimiento y control en cada una de sus etapas. Estos formatos facilitan la comunicación interna entre áreas de trabajo y mejora el trabajo en equipo.
  
- ✓ **Certificación de instrumentos de control de calidad:** Con la adquisición de nuevos instrumentos de control y la certificación de todos nuestros instrumentos de control de calidad, se aumentó la calidad final de los servicios brindados y se eliminó la necesidad de que nuestros clientes más exigentes vengan con sus propios instrumentos certificados.
  
- ✓ **Evaluación de desempeño:** Gracias a la evaluación de desempeño se conoce todas las capacidades de los empleados y se puede capacitar o incentivar para mejorar su desempeño y productividad.
  
- ✓ **Optimización en uso de recursos:** Con la concientización sobre el cuidado del medio ambiente nos dimos cuenta del impacto que tiene el consumo excesivo del papel en la empresa. Este recurso era empleado para secar y limpiar cualquier superficie, actualmente se cambió este hábito y se emplean toallas absorbentes reutilizables.

- ✓ **Seguridad y salud en el trabajo:** Gracias a la implementación se trabaja mucho más seguro, se implementaron las señaléticas de los EPP para cada máquina, se tiene un control estricto del uso de EPP y se redujeron los cortes por trabajar en áreas sucias.

## **5.2 Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación.**

Luego de la implementación se está mejorando los indicadores del TPM, esta mejora continuará hasta lograr una estabilización definitiva, los indicadores mejorados en este proyecto son:

### **5.2.1. Disponibilidad mecánica.**

La disponibilidad mecánica antes de la implementación era de un 89.62%, esta implementación se realizó con meta de aumentar la disponibilidad a un valor mayor igual que 95%.

En los últimos cuatro meses posteriores a la implementación se consiguió una disponibilidad promedio de 97.38% en las máquinas críticas, podemos asegurar que la disponibilidad mecánica se incrementó un 7.76%.

**Figura 60**

*Disponibilidad mecánica posterior a la implementación.*

<b>Disponibilidad Mecánica (Rectificadora Cilíndrica 2M)</b>					
Mes	Horas Disponibles	Tiempo de parada (Horas)		Disponibilidad (%)	Paradas por avería
		Planificado	No Planificado		
2020					
Diciembre	192	10	5	97,25	0
2021					
Enero	192	10	5,5	96,98	0
Febrero	192	10	4	97,80	0
Marzo	192	18	4,5	97,41	0
			Promedio	97,36	

Disponibilidad Mecánica (Rectificadora Plana 1M)					
Mes	Horas Disponibles	Tiempo de parada (Horas)		Disponibilidad (%)	Paradas por avería
		Planificado	No Planificado		
2020					
Diciembre	192	10	4,5	97,53	0
2021					
Enero	192	10	11,5	93,68	1
Febrero	192	10	3,5	98,08	0
Marzo	192	10	4,5	97,53	0
			Promedio	96,70	

Disponibilidad Mecánica (Fresadora Universal N°3)					
Mes	Horas Disponibles	Tiempo de parada (Horas)		Disponibilidad (%)	Paradas por avería
		Planificado	No Planificado		
2020					
Diciembre	192	10	4	97,80	0
2021					
Enero	192	10	3,5	98,08	0
Febrero	192	10	5	97,25	0
Marzo	192	18	4,5	97,41	0
			Promedio	97,64	

Disponibilidad Mecánica (Torno Mecánico 3M)					
Mes	Horas Disponibles	Tiempo de parada (Horas)		Disponibilidad (%)	Paradas por avería
		Planificado	No Planificado		
2020					
Diciembre	192	10	4,5	97,53	0
2021					
Enero	192	10	5,5	96,98	0
Febrero	192	10	2,5	98,63	0
Marzo	192	10	3,5	98,08	0
			Promedio	97,80	

*Nota.* Actualmente casi todo el mantenimiento no planificado se basa en el cambio de herramientas y reajustes en la producción. Implementación del TPM - CROMMETS 2021.

### 5.2.2. Eficiencia de mantenimiento.

Para calcular los indicadores del MTBF y MTTR se empleó la fórmula que se encuentra en la Figura 25.

El tiempo medio entre fallas (MTBF) antes de la implementación era de 120.8 horas, la implementación se realizó con el objetivo de aumentar el MTBF a un valor mayor igual a 150 horas. En los últimos tres meses del 2021 el promedio de este valor es aumento a 177,17 horas.

El tiempo medio de reparación (MTTR) antes de la implementación era de 12.7 horas, la implementación se realizó con el objetivo de aumentar el MTTR a un valor menor igual a 12 horas. En los últimos tres meses del 2021 este promedio se redujo a 4.83 horas.

**Tabla 19**

*Indicadores de la eficiencia en el mantenimiento.*

INDICADORES DE MANTENIMIENTO					2021	
Equipo	Mes	Horas Operativas	Paradas por averías	Tiempo de Parada	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)
(RC - 2M)	Enero	182	0	5.5	176.50	5.50
	Febrero	182	0	4	178.00	4.00
	Marzo	182	0	4.5	177.50	4.50
(RP - 1M)	Enero	182	1	11.5	170.50	11.50
	Febrero	182	0	3.5	178.50	3.50
	Marzo	182	0	4.5	177.50	4.50
(FU - N°3)	Enero	182	0	3.5	178.50	3.50
	Febrero	182	0	5	177.00	5.00
	Marzo	182	0	4.5	177.50	4.50
(TM -3M)	Enero	182	0	5.5	176.50	5.50
	Febrero	182	0	2.5	179.50	2.50
	Marzo	182	0	3.5	178.50	3.50
<b>Promedio</b>					<b>177.17</b>	<b>4.83</b>

*Nota.* Las horas operativas son las horas disponibles menos el tiempo empleado en el mantenimiento planificado, en el 2021 solo se realizó una parada por avería. Implementación del TPM - CROMMETS 2021.

### 5.2.3. Efectividad total de los equipos (OEE).

Para calcular la efectividad total de los equipos en el 2021 primero determinaremos los valores de la calidad y el rendimiento en el producto con mayores ventas de la empresa, eje cromado de 1" x 0.5 m.

Con la ayuda de la implementación se redujo la cantidad de reprocesos generados por trabajar en condiciones inapropiadas, también se redujo las fallas por ajustes y tolerancias lo cual favoreció a los indicadores de la calidad y el rendimiento.

La calidad promedio en el 2020 era de 91.55%, luego de la implementación y con la reducción en el número de fallas este valor aumentó a 93.39%, se incrementó en 1.84%. El rendimiento promedio en el 2020 era de 93.41%, luego de la implementación este valor aumentó a 94,76%, se incrementó en 1.35%.

**Figura 61**

*Calidad y rendimiento – 2021.*

INDICADOR DE CALIDAD Y RENDIMIENTO								2021
Producto	Mes	Reposición (und)	Producto (Pza)		Velocidad (min)		Calidad	Rendimiento
			Bueno	Reproceso	Ideal	Real		
EJE CROMADO	Enero	19	18	1	7030	7340	94,74%	95,78%
	Febrero	23	21	2	8510	9130	91,30%	93,21%
	Marzo	17	16	1	6290	6600	94,12%	95,30%
							93,39%	94,76%

TIEMPO IDEAL DE FABRICACION DE UN EJE CROMADO						
PROCESOS						
Fabricación	Cromado	Rec. Inicial	Rec. Final	Acabado	Generales.	Total
60 min	180 min	30 min	30 min	10 min	60 min	370 min.
FORMULAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO						
Vel. Ideal = 370*(Reposición)						
Vel. Real = Velocidad Ideal + (370*Reproceso) + (60*Reprocesos)						
Calidad = Productos Bueno / Cantidad total de Reposición						
Rendimiento = Velocidad Real / Velocidad Ideal						

*Nota.* En esta imagen se puede apreciar la calidad y el rendimiento obtenido posterior a la implementación del TPM. Implementación del TPM - CROMMETS 2021.

Con los datos de la disponibilidad, la calidad y el rendimiento de los meses posteriores a la implementación podemos calcular la efectividad total de los equipos críticos.

**Figura 62**

*Efectividad total de los equipos – 2021.*

EFICIENCIA GENERAL			2021
Disponibilidad	Calidad	Rendimiento	OEE
97,38%	93,39%	94,76%	86,18%

CRITERIOS		
OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE ≤ 65%	Inaceptable	Grandes pérdidas
65% ≤ OEE ≤ 75%	Regular	Necesita mejorar.
75% ≤ OEE ≤ 85%	Aceptable	Competitividad aceptable
85% ≤ OEE ≤ 95%	Buena	Competitividad buena.
OEE > 95%	Excelencia	Competitividad excelente

*Nota.* En esta figura se muestran el OEE actual de la empresa y los criterios para su clasificación. Implementación del TPM - CROMMETS 2021.

El OEE antes de la implementación era de 76.49%, al realizar esta implementación se estableció el objetivo de incrementar el OEE a un valor mayor igual a 85%, luego de la implementación y con el gran incremento en la disponibilidad de los equipos, este valor aumento a 86.18%.

### **5.3. Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce (causa y efectos).**

Los resultados más relevantes obtenidos en la implementación fueron:

**Puntuación alta en la homologación:** Se obtuvo una puntuación alta debido a la rápida obtención de resultados de la implementación del mantenimiento productivo total, los cuales fueron presentados durante la evaluación. Con la implementación del TPM se logró estandarizar los procesos dentro de la empresa, asegurar la calidad de los servicios brindados, mejorar la disponibilidad mecánica de las máquinas, capacitación y evaluación de todos los empleados, una mayor seguridad en entornos laborales, una mejor apreciación de la empresa y la concientización en el cuidado del medio ambiente.

**Incremento de la disponibilidad mecánica:** Analizando los tres primeros meses del 2020 y 2021, la disponibilidad mecánica se incrementó de 89.62% a 97.38% debido a la reducción en el número de averías de 17 a 1, esta reducción se debió gracias a la implementación del mantenimiento autónomo, el mantenimiento preventivo y al plan de mantenimiento establecido. Con el mantenimiento autónomo se asegura el buen estado de las máquinas todos los días, con el mantenimiento preventivo programado se previene las posibles fallas internas y asegura el buen estado de las máquinas internamente.

**Incremento en la efectividad total de los equipos críticos:** Analizando los tres primeros meses del 2021, el OEE se incrementó de 76.49% a 86.18% este incremento es el resultado de la mejora de los indicadores de la disponibilidad, calidad y rendimiento. El valor de la calidad se incrementó de 91.55% a 93.39% y el rendimiento se incrementó de 93.41% a 94.76%, esta mejora en la calidad y el rendimiento es gracias a la reducción en la cantidad de reprocesos de 5 a 3. La cantidad de reprocesos se redujo gracias a la implementación de las 5S y la certificación de instrumentos de control de calidad.

## **CONCLUSIONES**

- Las 5S y la certificación de instrumentos de control de calidad mejoraron la presentación de la empresa, aumento la productividad al tener mayor orden y limpieza en las áreas de trabajo, redujo el número de reprocesos de 5 a 3 en los tres primeros meses del 2021 y aumentó la confiabilidad de los instrumentos gracias a la certificación avalada por INACAL.
- Se generaron formatos para los procesos administrativos y productivos los cuales mejoraron la comunicación entre áreas, redujeron los errores en las ordenes de fabricación y establecieron estándares de control.
- El plan de mantenimiento preventivo y el mantenimiento autónomo redujeron el número de averías de 17 a 1 en el primer trimestre del 2021 con respecto al 2020, mejoró la preservación de las máquinas, mejoró la disponibilidad mecánica de 89.62% a 97.38% y mejoró la efectividad total de las máquinas (OEE) de 76.49% a 86.18%.
- Las capacitaciones y las evaluaciones mejoraron la seguridad en el trabajo controlando adecuadamente los EPPs y estableciendo señaléticas. También se mejoró el conocimiento y desempeño del personal laboral al realizar los procesos productivos.

- El seguimiento y control después de la implementación del TPM mejoran los indicadores del mantenimiento, permite realizar mejoras continuas y establece el TPM como una metodología propia de la empresa.
- Buscar mejoras para reducir el impacto en el medio ambiente, nos permite hacer uso eficiente de los recursos con los que trabajamos. Con el TPM se redujo la cantidad de papel utilizado y se estableció puntos de reciclaje de residuos sólidos.
- Considerando el ahorro en mano de obra por mantenimiento y repuestos, la rentabilidad en los siguientes 5 años de la implementación del TPM es de un 33%. Esta estimación es sin considerar la reducción en incidentes laborales, el aumento de la eficiencia en la producción y la captación de nuevos clientes gracias a la mejor apreciación de la empresa.
- La implementación del TPM nos permite mejorar continuamente los procesos productivos, mejorar los indicadores de mantenimiento, mejorar la productividad y disponibilidad de máquinas, garantiza una alta puntuación ante homologaciones y hace de CROMMETS una empresa más confiable para los clientes.

## **RECOMENDACIONES**

- Al tomarnos más tiempo la concientización del personal administrativo y de finanzas durante la fase de preparación del TPM, porque no veían como beneficio tangible el uso de indicadores del mantenimiento, se recomienda promocionar mejor el TPM en las siguientes etapas, hablar en términos económicos para lograr una disposición al cambio más rápida y acelerar la aprobación de posibles mejoras.
  
- Actualmente se realiza el control y seguimiento del TPM mediante el uso de formatos en Excel, se sugiere implementar un software de control online que facilite la generación de datos e indicadores.
  
- Si bien se logró culminar la implementación del TPM con éxito en el tiempo establecido, se recomienda establecer un procedimiento ante eventos de fuerza mayor para poner en stand-by la implementación del TPM y no afectar la continuidad del plan maestro del TPM.
  
- El incremento de la calidad y del rendimiento mejoraron la productividad gracias a la reducción de productos defectuosos (reprocesos). Para mejorar aún más estos indicadores se recomienda optimizar los tiempos de fabricación y cromado.

- La implementación del TPM logró reducir en gran medida la cantidad de averías, sin embargo, de presentarse reincidencia de fallas, se recomienda contratar personal de mantenimiento a tiempo completo que se encargue de la preservación y mantenimiento de las máquinas.
- Se obtuvo una puntuación alta en la homologación (97.6 de 100), se pudo alcanzar el puntaje máximo en el aspecto laboral si se hubiese contado con la documentación requerida del personal, se recomienda realizar un procedimiento de seguimiento y control de la documentación de todo el personal.
- Si bien se posee un plan de capacitaciones anuales para el personal de operaciones, se recomienda aumentar la cantidad de las capacitaciones especializadas para mejorar aún más el conocimiento y desempeño de los empleados, de ser posible homologar a los técnicos más experimentados para que realicen las capacitaciones futuras.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BONA, José María (1999) Gestión del Mantenimiento, guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones. Madrid: Fundación Confemetal.

DÍAZ, Juan (2011) Técnicas de Mantenimiento Industrial. España: Calpe Institute of Technology.

NIETO, Eugenio (2013) Mantenimiento Industrial Práctico. España: Fidestec Ediciones.

GARCÍA, Santiago (2014) La Ingeniería de Mantenimiento. España: Renovatec.

NAKAJIMA, Seiichi (1991) Introducción al TPM. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.

SUZUKI, Takutarō (1992) TPM en Industrias de Proceso. Oregón: Productivity Press.

REY, Francisco (2005) Las 5S Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo. Madrid: Fundación Confemetal.

CROSBY, Philip (1993) La Calidad No Cuesta, El arte de cerciorarse de la calidad. México: Compañía editorial continental.

BOENA, Guillermina (2014) Metodología de la Investigación, Serie integral por competencias. México: Grupo editorial Patria.

## ANEXOS

### 1. Matriz de fallas en las máquinas críticas 2020.

MATRIZ DE FALLAS			2020	
Equipo	Causa / Problema / Fenómeno	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Torno Mecánico 32"x3m (TM3)	1 Falla en el embrague	12	25,53%	25,53%
	2 Ajuste y calibración	10	21,28%	46,81%
	3 Sistema de lubricación tapado	8	17,02%	63,83%
	4 Falla en el tablero de control	5	10,64%	74,47%
	5 Falla en la caja de cambio	4	8,51%	82,98%
	6 Desgaste en fajas	3	6,38%	89,36%
	7 Fuga de aceite	2	4,26%	93,62%
	8 Sobrecalentamiento de motor	1	2,13%	95,74%
	9 Rotura de piñón de transmisión	1	2,13%	97,87%
	10 Desgaste en rodamientos	1	2,13%	100,00%
Fresadora Universal N°3 (FU N°3)	1 Ajuste y calibración	7	33%	33%
	2 Falla en el sistema eléctrico	4	19%	52%
	3 Sistema de lubricación tapado	3	14%	67%
	4 Falla en el tablero de control	2	10%	76%
	5 Desgaste en fajas	2	10%	86%
	6 Sobrecalentamiento de motor	1	5%	90%
	7 Falla en los sensores de posición	1	5%	95%
	8 Desgaste en poleas	1	5%	100%
	9			
	10			
Rectificadora Cilíndrica 0,36x2m (RC2)	1 Bomba de refrigeración tapada	10	37%	37%
	2 Sistema de lubricación tapado	3	11%	48%
	3 Nivelación de bancada	3	11%	59%
	4 Falla en el tablero de control	2	7%	67%
	5 Falla del sistema eléctrico	2	7%	74%
	6 Contaminación del tanque de aceite	2	7%	81%
	7 Filtro de aceite sucio	2	7%	89%
	8 Desgaste en fajas	1	4%	93%
	9 Desgaste en rodamientos	1	4%	96%
	10 Desgaste en cojinetes	1	4%	100%
Rectificadora Plana 0,45x1m (RP1)	1 Bomba de refrigeración tapada	8	31%	31%
	2 Falla en el sistema eléctrico	4	15%	46%
	3 Descaste en base magnética	3	12%	58%
	4 Nivelación de bancada	3	12%	69%
	5 Filtro de aceite sucio	2	8%	77%
	6 Pérdida de presión hidráulica	2	8%	85%
	7 Falla en el tablero de control	1	4%	88%
	8 Sobrecalentamiento de motor	1	4%	92%
	9 Fuga de aceite	1	4%	96%
	10 Descaste en la bancada	1	4%	100%

## 2. Matriz de la disponibilidad mecánica de las máquinas críticas

DISPONIBILIDAD CROMMETS EIRL						
Mes	Horas Disponibles	Tiempo de parada (Horas)		Disponibilidad (%)		Paradas por mantto
		Planificado	No Planificado	Mecánica	Nakajima	
2019 (Rectificadora Cilindrica 2M)						
Enero	192	0	19	91,00	90,10	2
Febrero	192	0	8	96,00	95,83	1
Marzo	192	0	45	81,01	76,56	1
Abril	192	0	15	92,75	92,19	2
Mayo	192	0	39	83,12	79,69	3
Junio	192	0	9	95,52	95,31	1
Julio	192	0	7	96,48	96,35	1
Agosto	192	0	31	86,10	83,85	3
Septiembre	192	0	39	83,12	79,69	2
Octubre	192	0	9	95,52	95,31	1
Noviembre	192	0	13	93,66	93,23	1
Diciembre	192	0	32	85,71	83,33	2
2020						
Enero	192	0	23	89,30	88,02	3
Febrero	192	0	11	94,58	94,27	1
Marzo	192	0	20	90,57	89,58	2
Abril	192	0	0	0,00	0,00	
Mayo	192	0	0	0,00	0,00	
Junio	192	0	0	0,00	0,00	
Julio	192	0	15	92,75	92,19	2
Agosto	192	0	24	88,89	87,50	3
Septiembre	192	0	47	80,33	75,52	2
Octubre	192	0	13	93,66	93,23	1
Noviembre	192	0	22	89,72	88,54	1

DISPONIBILIDAD CROMMETS EIRL						
Mes	Horas Disponibles	Tiempo de parada (Horas)		Disponibilidad (%)		Paradas por mantto
		Planificado	No Planificado	Mecánica	Nakajima	
2019 (Rectificadora Plana 1M)						
Enero	192	0	8	96,00	95,83	1
Febrero	192	0	27	87,67	85,94	3
Marzo	192	0	9	95,52	95,31	1
Abril	192	0	27	87,67	85,94	3
Mayo	192	0	39	83,12	79,69	1
Junio	192	0	11	94,58	94,27	1
Julio	192	0	23	89,30	88,02	3
Agosto	192	0	19	91,00	90,10	2
Septiembre	192	0	15	92,75	92,19	2
Octubre	192	0	11	94,58	94,27	1
Noviembre	192	0	39	83,12	79,69	2
Diciembre	192	0	9	95,52	95,31	1
2020						
Enero	192	0	8	96,00	95,83	1
Febrero	192	0	37	83,84	80,73	1
Marzo	192	0	13	93,66	93,23	1
Abril	192	0	0	0,00	0,00	
Mayo	192	0	0	0,00	0,00	
Junio	192	0	0	0,00	0,00	
Julio	192	0	15	92,75	92,19	2
Agosto	192	0	23	89,30	88,02	3
Septiembre	192	0	17	91,87	91,15	2
Octubre	192	0	20	90,57	89,58	2
Noviembre	192	0	34	84,96	82,29	1

DISPONIBILIDAD CROMMETS EIRL						
Mes	Horas Disponibles	Tiempo de parada (Horas)		Disponibilidad (%)		Paradas por mantto
		Planificado	No Planificado	Mecánica	Nakajima	
2019 (Fresadora Universal N°3)						
Enero	192	0	8	96,00	95,83	1
Febrero	192	0	32	85,71	83,33	2
Marzo	192	0	39	83,12	79,69	1
Abril	192	0	8	96,00	95,83	1
Mayo	192	0	11	94,58	94,27	1
Junio	192	0	27	87,67	85,94	2
Julio	192	0	23	89,30	88,02	1
Agosto	192	0	25	88,48	86,98	3
Septiembre	192	0	19	91,00	90,10	2
Octubre	192	0	15	92,75	92,19	2
Noviembre	192	0	7	96,48	96,35	1
Diciembre	192	0	29	86,88	84,90	3
2020						
Enero	192	0	23	89,30	88,02	1
Febrero	192	0	9	95,52	95,31	1
Marzo	192	0	22	89,72	88,54	2
Abril	192	0	0	0,00	0,00	
Mayo	192	0	0	0,00	0,00	
Junio	192	0	0	0,00	0,00	
Julio	192	0	15	92,75	92,19	2
Agosto	192	0	8	96,00	95,83	1
Septiembre	192	0	11	94,58	94,27	1
Octubre	192	0	23	89,30	88,02	3
Noviembre	192	0	25	88,48	86,98	1

DISPONIBILIDAD CROMMETS EIRL						
Mes	Horas Disponibles	Tiempo de parada (Horas)		Disponibilidad (%)		Paradas por mantto
		Planificado	No Planificado	Mecánica	Nakajima	
2019 (Torno Mecánico 32"x3m)						
Enero	192	0	39	83,12	79,69	2
Febrero	192	0	21	90,14	89,06	2
Marzo	192	0	8	96,00	95,83	1
Abril	192	0	36	84,21	81,25	1
Mayo	192	0	11	94,58	94,27	1
Junio	192	0	23	89,30	88,02	3
Julio	192	0	10	95,05	94,79	1
Agosto	192	0	15	92,75	92,19	2
Septiembre	192	0	13	93,66	93,23	1
Octubre	192	0	39	83,12	79,69	2
Noviembre	192	0	7	96,48	96,35	1
Diciembre	192	0	21	90,14	89,06	2
2020						
Enero	192	0	15	92,75	92,19	2
Febrero	192	0	37	83,84	80,73	4
Marzo	192	0	8	96,00	95,83	1
Abril	192	0	0	0,00	0,00	
Mayo	192	0	0	0,00	0,00	
Junio	192	0	0	0,00	0,00	
Julio	192	0	15	92,75	92,19	2
Agosto	192	0	23	89,30	88,02	3
Septiembre	192	0	12	94,12	93,75	1
Octubre	192	0	27	87,67	85,94	1
Noviembre	192	0	23	89,30	88,02	2

### 3. Inoperatividad en las máquinas no críticas por falta de mantenimiento.

2020									
Máquina	ENERO	FEBRERO	MARZO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Torno 0.8M A (TM0.5A)	OK	OK	OK	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	OK
Torno 0.8M B (TM 0.5B)	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	OK
Torno 1.5M A (TM 1.5A)	Inoperativo	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Torno 1.5M B (TM 1.5B)	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK
Rec. Cilíndrica 0.5M A (RC 1A)	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	OK
Rec. Cilíndrica 0.5M B (RC 1B)	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	OK
Rec. Cilíndrica 1M A (RC 1A)	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK	Inoperativo	OK	OK	OK	OK
Rec. Cilíndrica 1M B (RC 1B)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK
Rec. Plana 0.5M A (RP 0.5A)	OK	OK							
Rec. Plana 0.5M B (RP 0.5B)	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	Inoperativo	Inoperativo	OK	OK
Fresadora 1M A (FV 1A)	OK	OK	Inoperativo	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Fresadora 1M B (FV 1B)	OK	OK	OK	Inoperativo	OK	OK	Inoperativo	OK	OK

### 4. Formato de control de calibraciones.

	Proceso	GESTIÓN EN CALIDAD	Código:	F-017
	Formato	CONTROL DE CALIBRACIONES	Versión:	00

Ítem	Nombre del instrumento	Fecha de calibración	Próxima calibración
1	Micrómetro de exterior de 0 – 25mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
2	Micrómetro de exterior de 25 – 50mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
3	Micrómetro de exterior de 50 – 75mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
4	Micrómetro de exterior de 75 – 100mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
5	Micrómetro de exterior de 100 – 125mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
6	Micrómetro de exterior de 125 – 150mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
7	Micrómetro de exterior de 150 – 300mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
8	Micrómetro de exterior de 300 – 400mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
9	Micrómetro de interior 2 contactos 50 – 500mm (Mitutoyo)	12/20	06/21
10	Micrómetro de interior 3 contactos 12 – 16mm (INSIZE)	12/20	06/21
11	Micrómetro de interior 3 contactos 16 – 20mm (INSIZE)	12/20	06/21
12	Alexómetro 18 – 150mm (Mitutoyo).	12/20	06/21
13	Calibre de chaflanes de 30° (INSIZE)	12/20	06/21
14	Calibre de chaflanes de 45° (INSIZE)	12/20	06/21
15	Calibre de chaflanes de 60° (INSIZE)	12/20	06/21
16	Medidor de espesores de recubrimientos.	12/20	06/21
17	Nivel de precisión 150mm (INSIZE)	12/20	06/21
18	Reloj comparador digital (Mitutoyo)	12/20	06/21
19	Vernier digital 0 – 300mm (Mitutoyo)	12/20	06/21

## 5. Registro de indicadores del mantenimiento antes de la implementación.

INDICADORES DE MANTENIMIENTO					2020	
Equipo	Mes	Horas Disponibles	Paradas Correctivas	Tiempo de Reparación	MTBF	MTRR
(Rectificadora Cilíndrica 2M)	Enero	192	3	23	56,3	7,7
	Febrero	192	1	9	183,0	9,0
	Marzo	192	2	22	85,0	11,0
	Julio	192	2	15	88,5	7,5
	Agosto	192	3	8	61,3	2,7
	Septiembre	192	2	11	90,5	5,5
	Octubre	192	1	23	169,0	23,0
	Noviembre	192	1	25	167,0	25,0
(Rectificadora Plana 1M)	Enero	192	1	8	184,0	8,0
	Febrero	192	1	37	155,0	37,0
	Marzo	192	1	13	179,0	13,0
	Julio	192	2	15	88,5	7,5
	Agosto	192	3	23	56,3	7,7
	Septiembre	192	2	17	87,5	8,5
	Octubre	192	3	20	57,3	6,7
	Noviembre	192	1	34	158,0	34,0
(Fresadora Universal N°3)	Enero	192	1	23	169,0	23,0
	Febrero	192	1	9	183,0	9,0
	Marzo	192	2	22	85,0	11,0
	Julio	192	2	15	88,5	7,5
	Agosto	192	1	8	184,0	8,0
	Septiembre	192	1	11	181,0	11,0
	Octubre	192	3	23	56,3	7,7
	Noviembre	192	1	25	167,0	25,0
(Torno Mecánico 32" x3m)	Enero	192	2	15	88,5	7,5
	Febrero	192	4	37	38,8	9,3
	Marzo	192	1	8	184,0	8,0
	Julio	192	2	15	88,5	7,5
	Agosto	192	3	23	56,3	7,7
	Septiembre	192	1	12	180,0	12,0
	Octubre	192	1	27	165,0	27,0
	Noviembre	192	2	23	84,5	11,5

## 6. Formatos del plan de comunicación.

	<b>MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</b>	<b>CODIGO:</b> F-031
	FORMATOS DE COMUNICACIÓN	<b>VERSION:</b> 00

INFORMACION GENERAL		
NOMBRE Y APELLIDO	TAG DE LA MÁQUINA	FECHA

REPORTE DE HALLAZGO (Posible indicio de falla).
REPORTE DE FALLA (Confirmación del indicio probatorio).

- Entregar este reporte escrito al jefe a cargo de tu área.
- De confirmarse el indicio de falla escalar el documento al jefe de mantto.