



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aplicación del Lean Manufacturing para mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción

#### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniera Industrial

#### AUTORES

Chavez Cabanillas, Dhayanis Luz  
ORCID: 0009-0005-7081-9606

La Torre Alejos, Maria Gracia  
ORCID: 0009-0007-5089-5892

#### ASESOR

Gomez Meza, Juan Jacinto  
ORCID: 0000-0002-1543-6814

**Lima, Perú**

**2023**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

Chavez Cabanillas, Dhayanis Luz

DNI: 74380518

La Torre Alejos, Maria Gracia

DNI: 72274299

### **Datos de asesor**

Gomez Meza, Juan Jacinto

DNI: 09304991

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Falcon Tuesta, Jose Abraham

DNI: 08183404

ORCID: 0000-0002-1070-7304

JURADO 2

Rodriguez Vasquez, Miguel Alberto

DNI: 08544988

ORCID: 0000-0001-9829-2571

JURADO 3

Mateo Lopez, Hugo Julio

DNI: 07675553

ORCID: 0000-0002-5917-1467

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 02.11.04

Código del Programa: 722026

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Dhayanis Luz Chavez Cabanillas, con código de estudiante N° 201711142, con DNI N° 74380518, con domicilio en Eneldos 694, Las Flores, distrito San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima, y Maria Gracia La Torre Alejos, con código de estudiante N° 201710615, con DNI N° 72274299, con domicilio en Jr. Las Caléndulas 558, Las Flores, distrito San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: "Aplicación del Lean Manufacturing para mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción" es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Gomez Meza, Juan Jacinto, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 20% de similitud final.

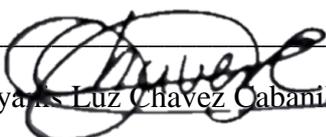
Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 20 de octubre de 2023

---



Dhayanis Luz Chavez Cabanillas  
DNI N° 74380518

---



Maria Gracia La Torre Alejos  
DNI N° 72274299

## INFORME FINAL DEL TURNITIN

### Aplicación del Lean Manufacturing para mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	8%
2	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.academia.edu">www.academia.edu</a> Fuente de Internet	1%

*[Handwritten Signature]*  
Mg Ing. Víctor Manuel Thompson Sánchez  
Coordinador Programa de Ingeniería de Telecomunicaciones (TIC)  
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi madre Estela, a mi padre Wilder y a mis hermanos por su apoyo, consejos y motivación para lograr este gran objetivo.

Dhayanis Luz Chavez Cabanillas

Dedico esta tesis a Dios; a mis padres Bárbara y Oscar quienes me impulsaron y apoyaron a superarme, también a mis hermanos Diego y Claudia por sus consejos y ser ejemplo de perseverancia para nunca rendirme, además, a todas las personas cercanas que fueron de apoyo en este proceso.

Maria Gracia La Torre Alejos

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestra alma máter y docentes por habernos formado como profesionales de esta maravillosa carrera, a nuestro asesor por su apoyo y guía durante esta etapa de elaboración de tesis; y a la empresa de estudio por brindarnos sus puertas.

Dhayanis Luz Chavez Cabanillas y Maria Gracia La Torre Alejos

## ÍNDICE GENERAL

Metadatos Complementarios .....	ii
INFORME FINAL DEL TURNITIN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	3
1.2 Formulación del problema .....	11
1.2.2 Problemas específicos .....	11
1.3 Objetivo general y específicos .....	11
1.3.1 Objetivo general .....	11
1.3.2 Objetivos específicos .....	11
1.4 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y teórica.....	12
1.4.1 Delimitación temporal.....	12
1.4.2 Delimitación espacial .....	12
1.4.3 Delimitación teórica .....	13
1.5 Importancia y justificación.....	13
1.5.1 Importancia .....	13
1.5.2 Justificación teórica.....	14
1.5.3 Justificación práctica.....	14
1.5.4 Justificación metodológica.....	14
1.5.5 Justificación económica .....	15
1.5.6 Justificación social .....	15
1.5.7 Justificación ambiental o ecológica .....	15
2.1 Marco histórico .....	16
2.1.1 Lean Manufacturing .....	16
2.1.2 Mantenimiento Productivo Total .....	17
2.2 Investigaciones del estudio de investigación .....	19
2.2.1 Antecedentes nacionales .....	19
2.2.2 Antecedentes internacionales .....	20
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	22

2.3.1	Lean Manufacturing .....	22
2.3.3	Diagrama Spaguetti .....	37
2.3.4	Mantenimiento Productivo Total .....	38
2.4	Definición de términos básicos .....	64
2.5	Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis .....	67
2.6	Hipótesis.....	68
2.6.1	Hipótesis general .....	68
2.6.2	Hipótesis específicas .....	68
2.7	Variables .....	68
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		69
3.1	Enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación.....	69
3.2	Población y muestra .....	70
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
3.3.1	Técnicas e instrumentos .....	72
3.3.2	Criterio de validez y confiabilidad.....	74
3.3.3	Procedimientos para la recolección de datos .....	74
3.4	Descripción de procedimientos de análisis de datos .....	74
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		76
4.1	Presentación de resultados .....	76
4.4.1	Generalidades de la empresa.....	76
4.4.2	Diagnóstico actual de la empresa.....	77
4.5	Análisis de resultados.....	143
CONCLUSIONES .....		160
RECOMENDACIONES.....		161
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		162
ANEXOS .....		167
Anexo A: Matriz de Consistencia .....		167
Anexo B: Matriz de operacionalización .....		170
Anexo C: Autorización de consentimiento al realizar la investigación.....		172
Anexo D: Compromiso por parte de la alta dirección .....		173
Anexo E: Diagrama de recorrido pre .....		174

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Incidencia de las causas .....	8
Tabla 2: Estructura promocional del TPM .....	44
Tabla 3: Relación de actividades y responsabilidades en el mantenimiento autónomo .	50
Tabla 4: Unidad de análisis, población y muestras PRE y POST por cada una de las variables dependientes .....	71
Tabla 5: Técnicas e instrumentos.....	73
Tabla 6: Descripción de procedimientos de análisis de datos .....	75
Tabla 7: Datos Pre Test del objetivo específico 1 .....	79
Tabla 8: Cantidad de horas hombre empleadas para la implementación de las 5S .....	81
Tabla 9: Inversión económica para la implementación de las 5S.....	82
Tabla 10: Cronograma de actividades .....	85
Tabla 11: Lista de limpieza por área y grupo de facilitadores.....	92
Tabla 12: Datos Post Test del objetivo específico 1 .....	95
Tabla 13: Cuadro comparativo de datos pre y post test de la primera variable independiente .....	95
Tabla 14: Datos pre test del objetivo específico 2 .....	97
Tabla 15: Cantidad de metros recorrido desde la semana 1 hasta la semana 6 .....	101
Tabla 16: Cantidad recorrida en metros desde la semana 1 hasta la semana 18.....	102
Tabla 17: Datos post test del segundo objetivo específico .....	104
Tabla 18: Cuadro comparativo de datos pre y post test de la segunda variable independiente .....	104
Tabla 19: Datos pre test del objetivo específico 3 .....	107
Tabla 20: Cantidad de horas hombre empleadas para la implementación del TPM.....	110
Tabla 21: Inversión económica para la implementación del TPM .....	110
Tabla 22: Datos post test del tercer objetivo específico .....	141
Tabla 23: Cuadro comparativo de datos pre y post test de la tercera variable independiente .....	141
Tabla 24: Resumen de resultados .....	143
Tabla 25: Muestra pre test y post test de la primera variable dependiente .....	145
Tabla 26: Estadísticos descriptivos de la primera hipótesis .....	145
Tabla 27: Prueba de normalidad de la primera hipótesis.....	146
Tabla 28: Prueba de Levene del primer objetivo .....	147

Tabla 29: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la primera hipótesis .....	148
Tabla 30: Muestras pre test y post test de la segunda variable dependiente.....	149
Tabla 31: Estadísticos descriptivos de la segunda hipótesis.....	150
Tabla 32: Prueba de normalidad de la segunda hipótesis .....	150
Tabla 33: Prueba de Levene del segundo objetivo .....	151
Tabla 34: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la segunda hipótesis .....	152
Tabla 35: Muestra pre test y post test de la tercera variable dependiente .....	153
Tabla 36: Estadísticos descriptivos de la tercera hipótesis .....	153
Tabla 37: Prueba de normalidad de la tercera hipótesis .....	154
Tabla 38: Prueba de Levene del tercer objetivo .....	155
Tabla 39: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la tercera hipótesis .....	156
Tabla 40: Ahorro total de la implementación 5S .....	157
Tabla 41: Ahorro total de la implementación del diagrama Spaguetti .....	158
Tabla 42: Ahorro total de la implementación del Mantenimiento Productivo Total....	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Crecimiento global en el sector de la construcción.....	3
Figura 2: Crecimiento global de la construcción 2020-2030.....	4
Figura 3: Evolución del PBI en el rubro de construcción 2019-2021 .....	5
Figura 4: Comparación del PBI entre el 2022 y los primeros meses del 2023.....	6
Figura 5: Representación del diagrama Ishikawa de la empresa P.A. PERU S.A.C. ....	7
Figura 6: Diagrama de Pareto de los problemas destacados.....	8
Figura 7: Almacén de mantenimiento y activos .....	9
Figura 8: Mesa de trabajo .....	9
Figura 9: Ubicación de máquinas en el área de mantenimiento .....	10
Figura 10: Materiales desechables .....	10
Figura 11: Fases de estudio para la aplicación de Lean Manufacturing.....	12
Figura 12: Ubicación de la empresa P.A. PERU S.A.C. ....	12
Figura 13: Ubicación de la empresa P.A. PERU S.A.C. ....	13
Figura 14: Evolución del Lean Manufacturing.....	17
Figura 15: Evolución del TPM .....	18
Figura 16: Pilares del Lean Manufacturing .....	22
Figura 17: Estructura del Lean Manufacturing.....	23
Figura 18: Casa de sistema de producción Toyota .....	24
Figura 19: Resumen del primer grupo de técnicas Lean Manufacturing.....	26
Figura 20: Resumen del segundo grupo de técnicas Lean Manufacturing .....	27
Figura 21: Resumen del tercer grupo de herramientas Lean Manufacturing .....	27
Figura 22: Herramientas; 5S, Diagrama Spaguetti y TPM.....	28
Figura 23: Etapas de la fase preliminar .....	34
Figura 24: Modelo I y II de tarjeta roja .....	35
Figura 25: Tabla de asignación de responsabilidades.....	36
Figura 26: Fases para la implementación de las 5S .....	37
Figura 27: Pasos para implementar el diagrama Spaguetti.....	38
Figura 28: Ocho etapas del TPM .....	40
Figura 29: Hoja de registro de reunión de alta gerencia .....	41
Figura 30: Acta de compromiso por parte de la alta gerencia .....	41
Figura 31: Plan de entrenamiento .....	43
Figura 32: Estructura promocional del TPM .....	44

Figura 33: Políticas y metas para la aplicación del TPM .....	45
Figura 34: Inventario de equipos o máquinas Nota. Elaboración propia.....	47
Figura 35: Ficha técnica del equipo o máquina .....	47
Figura 36: Check list de mantenimiento .....	48
Figura 37: Formato de registro de elaboración del trabajo de mantenimiento de equipos y herramientas.....	49
Figura 38: Siete pasos para implementar el mantenimiento autónomo .....	50
Figura 39: Evolución hacia la detección de anomalías desde la limpieza .....	51
Figura 40: Limpieza inicial de maquinarias .....	52
Figura 41: Tarjeta azul TPM parte delantera .....	52
Figura 42: Tarjeta azul parte posterior.....	53
Figura 43: Tarjeta roja parte delantera.....	53
Figura 44: Tarjeta roja parte posterior .....	54
Figura 45: Ficha de estandarización .....	55
Figura 46: Check list de mantenimiento autónomo .....	56
Figura 47: Hoja de instrucciones generales .....	56
Figura 48: Hoja de registro de datos TPM.....	57
Figura 49: Seis pasos implementar el mantenimiento planificado .....	59
Figura 50: Tiempo medio entre averías (MTBF) y tiempo medio de paradas por averías (MTTR).....	60
Figura 51: Formato de fallas .....	61
Figura 52: Condiciones y técnicas de diagnóstico utilizadas en el mantenimiento predictivo .....	63
Figura 53: Formato de disponibilidad.....	64
Figura 54: Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis.....	67
Figura 55: Área de Mantenimiento y Activos .....	76
Figura 56: Organigrama de la empresa.....	77
Figura 57: Procedimiento para la disponibilidad de maquinarias y/o equipos .....	77
Figura 58: Desorden en la mesa de trabajo .....	79
Figura 59: Tiempo realizado de mantenimiento en minutos durante seis semanas.....	80
Figura 60: Fases de las 5S.....	80
Figura 61: Etapas de la fase preliminar .....	80
Figura 62: Alta dirección .....	81
Figura 63: Jerarquía del Área de Mantenimiento .....	83

Figura 64: Comité de las 5S.....	83
Figura 65: Capacitación informativa de las 5S.....	84
Figura 66: Armarios administrativos.....	85
Figura 67: Las cinco etapas de la ejecución de actividades.....	86
Figura 68: Clasificación de tarjetas rojas.....	87
Figura 69: Tarjeta roja.....	88
Figura 70: División del almacén – Almacén de mantenimiento y Almacén de activos .	88
Figura 71: Orden del almacén de mantenimiento.....	89
Figura 72: Orden del almacén de activos antes.....	90
Figura 73: Orden del almacén de activos después.....	90
Figura 74: Orden de carpetas administrativas según el grupo de familia de equipos.....	91
Figura 75: Limpieza del taller.....	91
Figura 76: Asignación de grupos para la limpieza del área.....	92
Figura 77: Asignación de responsabilidades mensual.....	93
Figura 78: Cronograma de actividades mensual.....	94
Figura 79: Etapas de seguimiento y mejora.....	94
Figura 80: Datos pre test, implementación y post test de la primera variable independiente.....	96
Figura 81: Cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en el área de trabajo.....	98
Figura 82: Pasos para aplicar el diagrama de Spaguetti.....	98
Figura 83: Diagrama de recorrido pre test.....	100
Figura 84: Diagrama de operaciones pre test.....	101
Figura 85: Diagrama de recorrido ideal.....	103
Figura 86: Datos pre test, implementación y post test de la segunda variable independiente.....	105
Figura 87: % Disponibilidad de máquinas operativas.....	107
Figura 88: Ocho etapas del TPM.....	108
Figura 89: Minuta de reunión.....	108
Figura 90: Acta de compromiso de alta gerencia.....	109
Figura 91: Plan de mantenimiento.....	111
Figura 92: Matriz de grupos del personal para aplicar el TPM.....	112
Figura 93: Políticas y metas para la aplicación del TPM.....	113
Figura 94: Inventario de equipos o máquinas.....	114

Figura 95: Inventario de equipos o máquinas .....	115
Figura 96: Ficha técnica de equipo o máquina .....	116
Figura 97: Check list.....	118
Figura 98: Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento.....	119
Figura 99: Reunión de lanzamiento de la implementación del TPM .....	120
Figura 100: Formato 01 de registro de elaboración del trabajo de mantenimiento de equipos y herramientas .....	121
Figura 101: Formato 02 de registro de elaboración del trabajo de mantenimiento de equipos y herramientas .....	122
Figura 102: Siete pasos para la implementación autónoma.....	123
Figura 103: Actividades de limpieza de maquinaria .....	124
Figura 104: Máquina vibroapisonador AFEQVI000002 .....	124
Figura 105: Tarjeta azul TPM parte delantera .....	125
Figura 106: Tarjeta azul TPM parte posterior .....	125
Figura 107: Máquina vibroapisonador AFEQVI000031 .....	126
Figura 108: Tarjeta roja TPM parte delantera .....	126
Figura 109: Tarjeta roja TPM parte posterior.....	127
Figura 110: Ficha de estandarización TPM .....	128
Figura 111: Check list de mantenimiento autónomo .....	129
Figura 112: Hoja de instrucciones generales .....	130
Figura 113: Registro de datos TPM.....	131
Figura 114: Seis pasos para la implementación de mantenimiento planificado de forma organizada.....	132
Figura 115: Tiempo medio entre averías (MTBF) y tiempo de paradas por averías (MTTR) pre implementación.....	133
Figura 116: Tiempo medio entre averías (MTBF) tiempo medio de paradas por averías (MTTR) en implementación .....	134
Figura 117: Tiempo medio entre averías (MTBF) tiempo de paradas por averías (MTTR) post implementación .....	135
Figura 118: Formato de fallas pre implementación .....	136
Figura 119: Formato de fallas en implementación .....	137
Figura 120: Formato de fallos post implementación .....	138
Figura 121: Formato de disponibilidad pre implementación.....	139
Figura 122: Formato de disponibilidad en implementación .....	140

Figura 123: Formato de disponibilidad post implementación .....	140
Figura 124: Datos pre test, implementación y post test de la tercera variable independiente .....	142

## RESUMEN

Mediante la aplicación de Lean Manufacturing se buscó dar solución a los principales problemas que presentaba la empresa en su proceso de mantenimiento de máquinas, tales como la baja productividad del personal, el recorrido en exceso para desplazarse en su área de trabajo y la baja disponibilidad de las máquinas vibroapisonadoras.

El presente trabajo de investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicada con un nivel explicativo y diseño tipo cuasi experimental.

Para la recolección de datos se utilizó como técnica el análisis documental para la primera y la tercera variable dependiente, y la segunda variable dependiente se utilizó la observación directa. Como instrumento se utilizó el registro de contenido del documento del tiempo realizado de mantenimiento para la primera variable, registro de observación sobre la cantidad de metros de desplazamiento del personal para la segunda variable y registro de contenido del documento de la disponibilidad de máquinas para la tercera variable.

La teoría aplicada fue Lean Manufacturing y como parte de sus herramientas se aplicó las 5S, diagrama de Spaguetti y Mantenimiento Productivo Total (TPM).

En cuanto a los resultados obtenidos, se obtuvo un incremento de 81,68% respecto a la productividad del personal. Además, se redujo un 64,81% en la cantidad de recorrido que requería el personal para desplazarse en su área de trabajo. Por último, se aumentó un 10.34% de disponibilidad de máquinas vibroapisonadoras.

*Palabras claves:* 5S, diagrama Spaguetti, disponibilidad, Mantenimiento Productivo Total (TPM)

## **ABSTRACT**

Through the application of Lean Manufacturing, we sought to solve the main problems that the company presented in its machine maintenance process, such as low staff productivity, excessive travel to move around its work area and low availability of vibro-ramming machines.

This research work was developed under an applied quantitative approach with an explanatory level and quasi-experimental design.

For data collection, documentary analysis was used as a technique for the first and third dependent variables, and direct observation was used for the second dependent variable. As an instrument, the content record of the document of the maintenance time performed was used for the first variable, observation record of the number of meters of personnel travel for the second variable and document content record of the availability of machines for the third variable.

The theory applied was Lean Manufacturing and as part of its tools, 5S, Spaghetti diagram and Total Productive Maintenance (TPM) were applied.

Regarding the results obtained, an increase of 81.68% was obtained with respect to staff productivity. In addition, the amount of travel required by staff to move around their work area was reduced by 64.81%. Finally, the availability of vibro-ramming machines increased by 10.34%.

**Keywords:** 5S, Spaghetti diagram, availability, Total Productive Maintenance (TPM)

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción por medio de la aplicación del Lean Manufacturing.

La investigación se desarrolla en la empresa P.A. PERU S.A.C. durante los meses de marzo hasta agosto del presente año. Previamente, se realizó un análisis de la situación actual que estaba presentando la empresa con relación a su proceso de mantenimiento.

En el primer capítulo, se detalla el planteamiento del estudio, especificando la descripción del problema general y específicos. De igual manera, se determina el objetivo general y específicos, la delimitación, la importancia y justificación de la investigación, la cual está conformada por la justificación teórica, práctica, metodológica, económica, social, ambiental o ecológica.

En el segundo capítulo, se detalla el marco teórico donde se expone el marco histórico, los antecedentes nacionales e internacionales de los trabajos de investigación, la estructura teórica y científica que sustentan el estudio, la definición de términos básicos, fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis. Además, se menciona la hipótesis general y específicas y finalmente las variables.

En el tercer capítulo, se detalla el marco metodológico detallando el enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación, tanto como la población y muestra que son de utilidad para dar uso a las técnicas e instrumentos de recolección de datos. Con el propósito de aplicar las herramientas mencionadas de Lean Manufacturing. De la misma manera, se describe el procedimiento de análisis de datos, donde se empleará Microsoft Excel y el software SPSS versión 29.

En el cuarto capítulo, se detalla los resultados y los análisis de éstos sobre la aplicación de Lean Manufacturing en el capítulo dos. En la presentación de resultados, se explica una descripción breve de la empresa señalando su misión, visión y organigrama, adicionalmente se redacta los datos tabulados pre-test y post-test. Así mismo, la aplicación de la teórica correspondiente a cada objetivo específico. Por otro lado, en el análisis de resultados se expone los planteamientos y resultados de las pruebas de normalidad de hipótesis de la investigación. Para culminar, se detalla una tabla con los datos pre-test y post-test.

Finalmente, se elabora las conclusiones y se redacta las recomendaciones con el fin de garantizar que los resultados prevalezcan y continúen mejorando con el tiempo para mejorar el proceso de mantenimiento.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

## 1.1 Descripción del problema

El rubro de la construcción es uno de los más importantes ya que en el sector económico, impulsa con el desarrollo de la economía del país, generando nuevos puestos de trabajo directos. Por otra parte, también genera puestos de trabajo indirectos ya que están conectadas con empresas relacionadas al alquiler de maquinarias, venta de materiales e insumos y equipamiento.

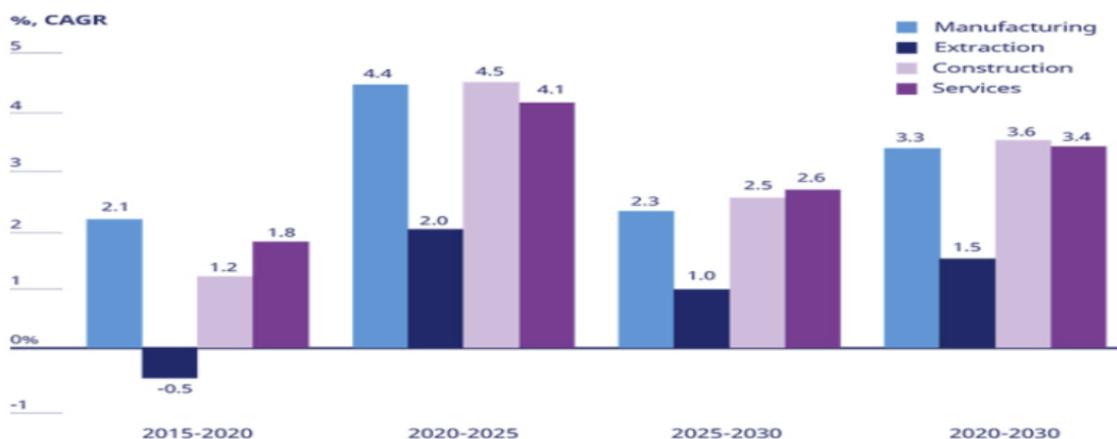
De acuerdo al informe de Marsh Rehder S.A. (Marsh, 2022) indica lo siguiente:

La construcción generará un valor económico de crecimiento a corto plazo de un 4.4 % entre el periodo de 2020 y 2025, siendo superior al porcentaje de crecimiento que se estima para los sectores de manufactura y de servicios. Siendo así que durante los periodos de 2020 a 2030, se estima un crecimiento anual de un 3.5% en la producción de la construcción.

Por ello, en la figura 1 se visualiza el crecimiento global del sector de construcción desde el año 2015 hasta el 2030.

**Figura 1:**

*Crecimiento global en el sector de la construcción*



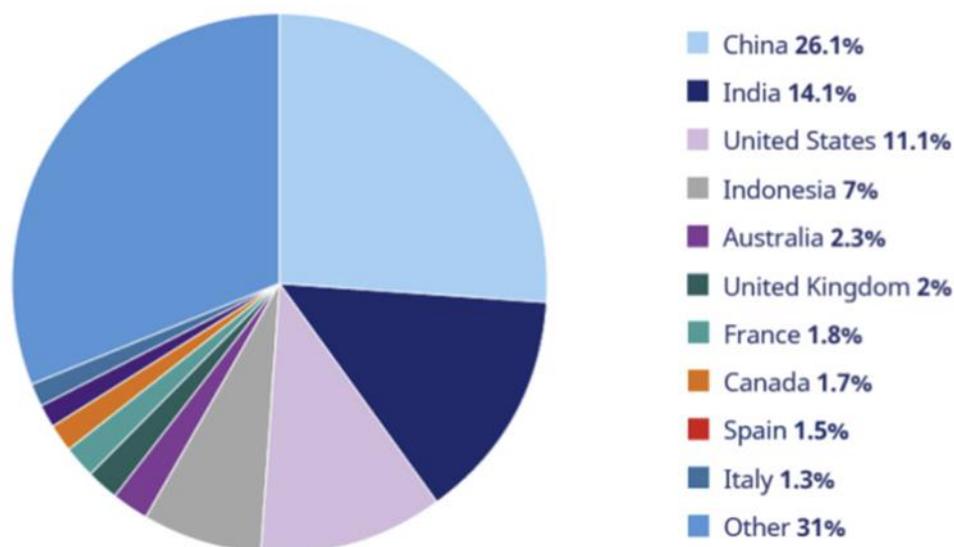
*Nota.* Oxford Economics/Haver Analytics

Así mismo, el aumento de la población ocasiona la necesidad de construir más urbanizaciones. En el sector de la construcción; China, EE. UU., India e Indonesia entre los periodos de 2020 y 2030 solamente representan el 58.3% del crecimiento mundial. Mientras que los 10 principales mercados tienden solo a un crecimiento de 4.5 billones de dólares.

Por ello, en la figura 2 se visualiza la contribución al crecimiento global de la construcción desde el año 2020 hasta el 2030.

**Figura 2:**

*Crecimiento global de la construcción 2020-2030*



*Nota.* Oxford Economics/Haver Analytics

Los problemas encontrados a nivel continental en la construcción, de acuerdo a la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) en el 2022, indica que los proyectos de inversión enfrentan una crisis de construcción con un alza del 37% en los precios de materiales.

Así mismo, según el informe presentado por la Macroeconomía y Construcción en el año 2023, indica que durante el año 2023 el sector tendrá un descenso del 5.9% anual a comparación de los años anteriores.

Además, la Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto (Procemco) en el año 2022 indicó que los niveles de tributación se están viendo afectado por la informalidad en el suministro de algunos materiales y la falta de proveedores en las construcciones, trayendo consigo pérdidas de 500 000 millones de pesos anuales. Siendo el problema principal el concreto premezclado donde los impuestos a las ventas omiten el IVA en la porción del transporte generando un decrecimiento en el valor total de la cuenta al constructor.

En cuanto al contexto nacional, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el segundo trimestre del 2020, el rubro de la construcción se vio afectada por la pandemia llegando al 2.71% del PBI. Sin embargo, en el cuarto trimestre del 2021 este

ha ido incrementado hasta llegar al 7.41%. Ya en el 2022, ha acumulado un crecimiento de 0.74% del año anterior, es decir, en US\$16.500 millones. (2022)

Por ello, en la figura 3 se visualiza la evolución del PBI en el rubro de construcción desde el año 2019 hasta el 2021.

**Figura 3:**

*Evolución del PBI en el rubro de construcción 2019-2021*



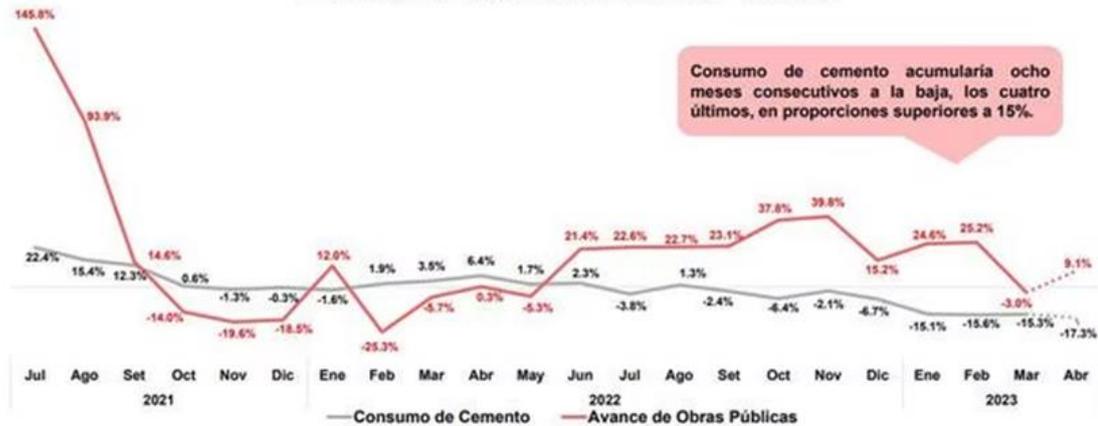
*Nota.* Banco Central de Reserva del Perú

Según el Departamento del Banco Bilbao Vizcaya Argentaria Research (BBVA, 2023) en su informe indicó que el sector de construcción en los primeros meses del año 2023 hubo un descenso del producto interno bruto (PIB) del 3% desde el mes de diciembre del 2022. Debido a los bloqueos de las carreteras del sur, trajo consigo el retraso de la producción minera.

El diario Gestión (2023), indicó en su publicación que el tercer y cuarto mes del año creció un 1.4% el producto interno bruto (PIB) y estima que para los meses siguientes tendrán una tendencia positiva. Así mismo, se realizó una comparación con los meses del año 2022 donde se observó una caída de 10.8% en el mes de abril, como se observa en la figura 4, esto se debe a que hubo menos consumo de cemento (17.3%).

**Figura 4:**

*Comparación del PBI entre el 2022 y los primeros meses del 2023*



*Nota.* INEI Estimación CAPECO

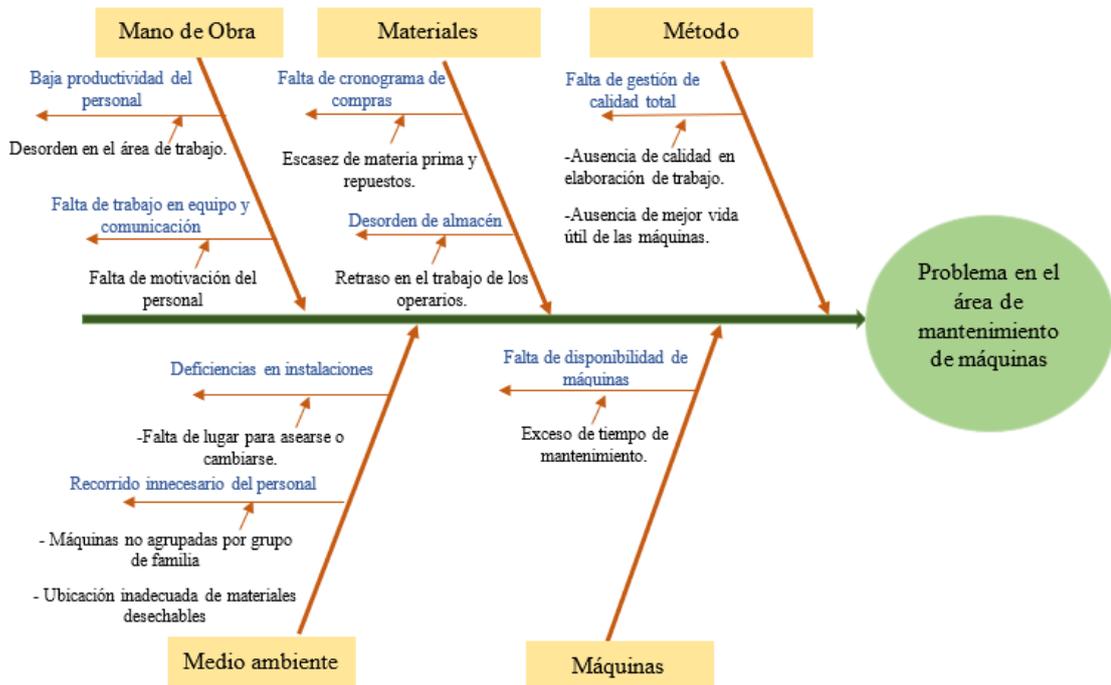
El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la empresa P.A. Perú S.A.C. la cual se dedica al rubro de construcción, brindando instalaciones de redes de gas y electricidad. Esta empresa se incorporó en el Perú en el 2012, en representación de su casa matriz Profesionales Asociados LTDA ubicada en Colombia en la provincia de Bogotá, la cual presta el servicio de ingeniería civil, infraestructura y mantenimiento.

La empresa se ha ido fortaleciendo e incorporando más en el país consiguiendo más proyectos de gas y eléctricos, pero viene presentando algunas ineficiencias en su proceso de mantenimiento de máquinas, el cual está relacionado con la falta de disponibilidad de sus activos fijos, debido a la productividad y desplazamiento del personal en su puesto de trabajo. Por ende, es primordial mejorar su proceso de mantenimiento de máquinas para que la empresa pueda seguir brindando el mejor servicio a sus clientes.

Por ello, en la figura 5 se visualiza el diagrama Ishikawa de los efectos que existen en el área de mantenimiento de máquinas en la empresa.

**Figura 5:**

*Representación del diagrama Ishikawa de la empresa P.A. PERU S.A.C.*



*Nota.* Elaboración propia

Las causas del problema general, se debe a la baja productividad del personal, generando un desorden en el área de trabajo. Así mismo, la falta de trabajo en equipo y comunicación, genera desmotivación del personal. Además, la falta de cronograma de compras, genera escasez de materia prima y repuestos. De la misma manera, el desorden en el almacén, genera retraso en el trabajo de los operarios. Adicionalmente, la falta de gestión de calidad total, genera ausencia de calidad en elaboración de trabajo, y ausencia de mejor vida útil de las máquinas. También las deficiencias en las instalaciones, provocan que los trabajadores no tengan un lugar para asearse o cambiarse. Agregando a lo anterior, el recorrido innecesario del personal, relacionado con las máquinas no agrupadas por grupo de familia y ubicación inadecuada de materiales desechables. Por último, la falta de disponibilidad de máquinas, origina el exceso de tiempo de mantenimiento de máquinas.

Para la determinación de los problemas que presenta la empresa, se elaboró la tabla de frecuencia de incidencias, como se visualiza en la tabla 1. Con los datos obtenidos, se elaboró el diagrama de Pareto el cual se identifica los problemas más resaltantes, como se visualiza la figura 6.

**Tabla 1:**

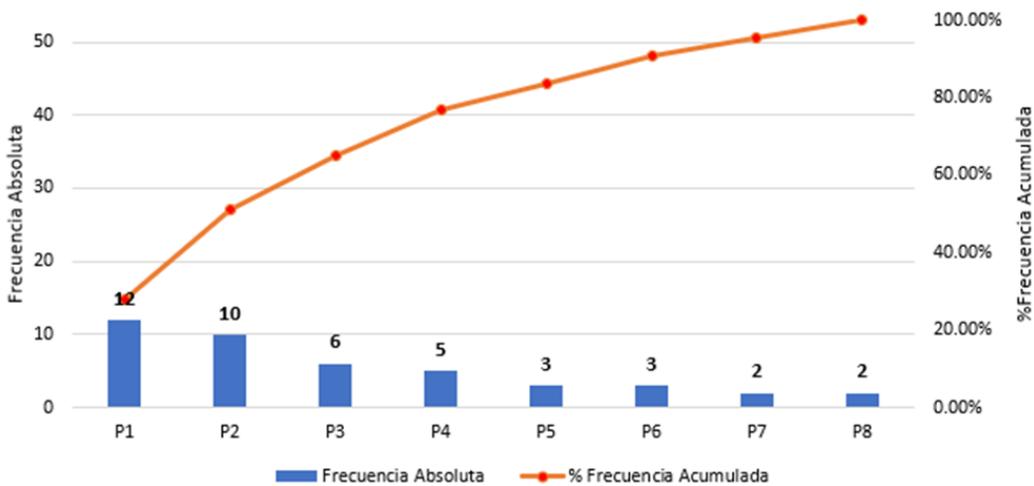
*Incidencia de las causas*

Problemas	Causas	Frecuencia Absoluta	% Frecuencia Acumulada
P1	Baja productividad del personal	12	27.91%
P2	Recorrido innecesario del personal	10	51.16%
P3	Falta de disponibilidad de máquinas	6	65.12%
P4	Desorden de almacén	5	76.74%
P5	Falta de cronograma de compras	3	83.72%
P6	Deficiencias en instalaciones	3	90.70%
P7	Falta de trabajo en equipo y comunicación	2	95.35%
P8	Falta de gestión de calidad total	2	100.00%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 6:**

*Diagrama de Pareto de los problemas destacados*



*Nota.* Elaboración propia

En función al diagrama de Pareto, figura 6, e Ishikawa, figura 5, una de las causas identificadas de mayor incidencia es la productividad del personal, en primer lugar, está relacionado con el desorden en el almacén, como se observa en figura 7 el área de mantenimiento y activos se encuentran en un mismo ambiente, lo que genera que el

personal no ubique rápidamente sus herramientas de trabajo y el material a emplear para el mantenimiento de la máquina. Por otro lado, el desorden y la falta de limpieza en su lugar de trabajo, genera accidentes como tropiezos y golpes, además del deterioro de las instalaciones, como se observa en la figura 8. Por estas razones, se aplicará la herramienta 5S la cual generará un mayor orden, eficiencia y una mejor disciplina de trabajo.

**Figura 7:**

*Almacén de mantenimiento y activos*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Figura 8:**

*Mesa de trabajo*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

Una segunda causa de mayor relevancia es el recorrido del personal en el área de mantenimiento, debido a que las máquinas no se encuentran ubicadas por grupo de familias, como se observa en la figura 9. Así mismo, la falta de ubicación adecuada de los materiales desechables obstruye el paso del personal, como se observa en la figura 10, generando que el personal haga un mayor recorrido para llegar a la máquina, llevarlo a su

área de trabajo y realizar el mantenimiento que corresponde. Por estas razones, se aplicará el Diagrama Spaghetti para lograr una mejor distribución y un menor recorrido del personal en su área de trabajo.

**Figura 9:**

*Ubicación de máquinas en el área de mantenimiento*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Figura 10:**

*Materiales desechables*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

Una tercera causa de mayor importancia es la falta de repuestos y materiales ocasionando que el personal salga de su centro de labor e invierta tiempo buscando proveedores. Por otro lado, las herramientas de trabajo se encuentran desorganizadas, implicando que el personal se ponga a buscar para que así pueda empezar a realizar su labor. Así mismo, la falta de organización mediante un cronograma en base a un tiempo determinado para realizar el mantenimiento planificado según el uso dado a la máquina y la ausencia de capacitación para ejecutar los trabajos adecuadamente. Por ende, según lo mencionado

esto ocasiona exceso de tiempo de mantenimiento, de personal y paradas imprevistas en las máquinas. Por consiguiente, se aplicará la herramienta TPM para mejorar la disponibilidad de máquinas trayendo consigo vida útil y evitar que presenten averías. Debido a la falta de repuestos y materiales, desorden en el almacén y las deficiencias en las instalaciones, esto genera que la falta de mantenimiento de máquinas traiga como consecuencia la falta de disponibilidad de estas, la productividad del personal y el recorrido en el área de mantenimiento. Además, la empresa perdería los proyectos de gas y de electricidad con una pérdida económica. Por lo tanto, la solución es aplicar Lean Manufacturing con el propósito de resolver la falta de mantenimiento de máquinas en el área de mantenimiento.

## **1.2 Formulación del problema**

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

¿En qué medida mediante la aplicación del Lean Manufacturing se podrá mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción?

### ***1.2.2 Problemas específicos***

- a) ¿Cómo mejorar la productividad del personal del área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción?
- b) ¿Cómo reducir el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción?
- c) ¿Cómo mejorar la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción?

## **1.3 Objetivo general y específicos**

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

Aplicar Lean Manufacturing para mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- a) Aplicar la metodología 5S para mejorar la productividad del personal del área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.
- b) Aplicar el diagrama de Spaghetti para reducir el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

- c) Aplicar el TPM para mejorar la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

## 1.4 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y teórica

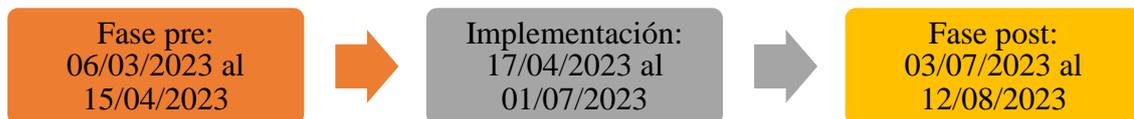
### 1.4.1 Delimitación temporal

La investigación está basada en la información y datos registrados de la empresa, la cual comprende las siguientes fases de estudio (Ver figura 11):

- Fase pre: del 06 de marzo al 15 de abril del 2023
- Implementación: del 17 de abril al 01 julio del 2023
- Fase post: del 03 de julio al 12 de agosto del 2023

#### Figura 11:

*Fases de estudio para la aplicación de Lean Manufacturing*



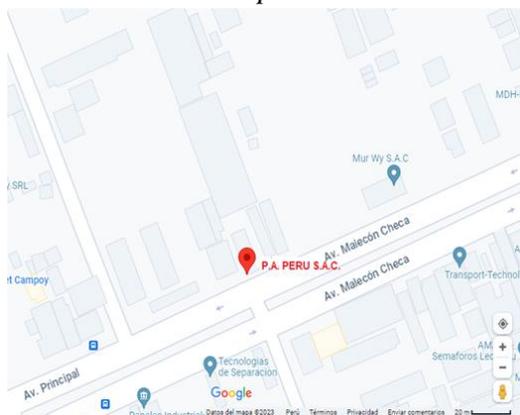
*Nota.* Elaboración propia

### 1.4.2 Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación se realizará en la empresa P.A. PERU S.A.C. dentro del área de mantenimiento, ubicada en la Urbanización de Campoy en la calle 7 del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima. (Ver Figura 12 y 13)

#### Figura 12:

*Ubicación de la empresa P.A. PERU S.A.C.*



*Nota.* Google Maps

## Figura 13:

*Ubicación de la empresa P.A. PERU S.A.C.*



*Nota.* Google Earth

### **1.4.3 Delimitación teórica**

La investigación estará basada en la aplicación del Lean Manufacturing, debido a que se pretende mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en la empresa, enfocados en la mejora de la disponibilidad de las máquinas, mejorar la disponibilidad del personal y reducir el recorrido del personal en el área de mantenimiento.

## **1.5 Importancia y justificación**

### **1.5.1 Importancia**

Es importante realizar el presente trabajo de investigación ya que se basa en la necesidad de la empresa, de lograr mejorar el proceso en el área de mantenimiento de máquinas mediante la aplicación del Lean Manufacturing.

Así mismo, con el presente estudio, se busca aplicar la metodología 5'S para mejorar la productividad del personal, así como, reducir el recorrido del personal durante su desplazamiento, además aplicar el mantenimiento productivo total para lograr una mejor disponibilidad de las máquinas en la fecha solicitada, conservando el estado óptimo y operativas de éstas.

A nivel académico la herramientas a emplear en el Lean Manufacturing se convierten en una filosofía para cambiar la forma de pensar y actuar de todos los trabajadores de la empresa de manera positiva para brindar mayor valor al servicio que se brinda a los consumidores, identificando la cadena de valor comprendida desde la orden de solicitud de la máquina hasta entregarlo en óptimas condiciones, además busca alcanzar el flujo de valor continuo sin retrasos y disminuir la menor cantidad de desperdicios posibles, de esta

manera se busca no solo reducir el tiempo de entrega, sino también aumentar la calidad y el costo del servicio.

### ***1.5.2 Justificación teórica***

Para Bernal (2010), la justificación teórica se manifiesta cuando cuestiona o confronta los resultados sobre las brechas del conocimiento existente.

El presente estudio se justifica teóricamente porque busca aplicar los conceptos teóricos de Lean Manufacturing con el apoyo de las 5S, diagrama Spaguetti y el mantenimiento productivo total, logrando mejorar la productividad del personal, reducir el recorrido del personal y aumentar la disponibilidad de las máquinas.

### ***1.5.3 Justificación práctica***

En el año 2010, Bernal afirma que una justificación práctica conlleva a explicar el desarrollo de los resultados de un problema o se propone estrategias para la contribución de su solución.

La actual investigación es justificada de manera práctica implementando Lean Manufacturing, lo cual permitirá mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas, en consecuencia, la disponibilidad de máquinas y ser competitivos como empresa.

### ***1.5.4 Justificación metodológica***

Para definir la justificación metodológica, Ñaupá, Mejía, Novoa y Villagómez (2014), sostuvieron que:

Al sustentar la razón planteada mediante técnicas e instrumentos de investigación, las cuales pueden ser cuestionarios, diagramas de muestreo, test, modelo, pruebas de hipótesis, etc. donde generan un conocimiento confiable y válido.

La presente investigación se justifica metodológicamente donde se implementa Lean Manufacturing con la finalidad de alcanzar los objetivos de la investigación por medio de técnicas de investigación como encuestas y observación. Con la aplicación de estas herramientas se busca conocer el nivel de mejora en el proceso de mantenimiento de máquinas y en la satisfacción del cliente.

Además, proponer soluciones a través del uso de las herramientas de mantenimiento productivo total calculando la disponibilidad de máquinas en base al MTBF y MTTR, y los conceptos propios de las 5S las cuales son: selección, orden, limpieza, estandarización y disciplina, adicional a ello el uso del diagrama de Spaguetti.

### ***1.5.5 Justificación económica***

En el año 2017, Baena afirma que una justificación económica implica la rendición de cuentas del dinero invertido en el proceso.

La presente investigación se justifica económicamente en tanto propone mejora en la competitividad de la empresa, lo cual se podría traducir en generar mayores ingresos, reduciendo costos y evitando pérdida de clientes por incumplimiento en plazos de entrega de las máquinas en óptimo estado, por ende, aumentar la captación de nuevos clientes y mejorar su posición financiera.

### ***1.5.6 Justificación social***

Según Ñaupá et al. (2014), afirma que una justificación social es cuando los aportes de la investigación ofrecen una solución a los problemas sociales presentes o futuros de un grupo social.

La presente investigación se justifica socialmente por cuanto se busca mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas, permitiéndole brindar un mejor servicio de calidad, garantizar la seguridad hacia los trabajadores y clientes, obteniendo una mejor calidad de vida para ellos.

### ***1.5.7 Justificación ambiental o ecológica***

Según el informe Metropolitana Metro de Quito (EPMMQ, 2012), sostiene que una justificación ambiental es principalmente evaluar al entorno que nos rodea tanto en el contexto natural, social y cultural, como la pérdida de hábitat y las posibles afectaciones hacia la flora y fauna.

La presente investigación se justifica ambientalmente porque se busca mejorar el orden y limpieza del área de mantenimiento, donde se emitirán certificados de aceites residuales, chatarra y reciclaje. Además, reduciendo la contaminación del medio ambiente basándose en el manejo adecuado de los insumos y materiales.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco histórico

#### 2.1.1 *Lean Manufacturing*

En 1911 Frederick Taylor realizó un cambio al enfoque de la manufactura donde convierte la administración en una ciencia, ello conlleva a realizar estudios científicamente y no empíricamente, de este modo explicó el sistema de producción con lotes, planteando la división en departamentos basándose en los esfuerzos de las actividades específicas y estándares en el trabajo.

En 1913 Henry Ford creó su línea de ensamble revolucionando el modo de trabajar en la manufactura, aplicando los principios de Adam Smith en el siglo XVIII, mediante la división de trabajo en tareas específicas.

Anteriormente Sakichi Toyoda en 1896 inventó el Jidoka, el primer pilar en el que se sostiene Lean Manufacturing, el cual significa automatización de los defectos, en donde un dispositivo tenía que realizar la función de telar al momento de quebrarse un hilo, alertando visualmente con una señal al operador, permitiendo que solo un operador pudiera supervisar a más de 25 máquinas tejedoras reduciendo costos de personal, de esta manera se evitaba generar productos defectuosos, reduciendo tiempo perdido durante el proceso y mejorando un sistema de autocontrol.

Más adelante en 1937, el hijo de Sakichi Toyoda, Kiichiro, fundó Toyota Motor Company donde se encontraba manufacturando autos en masa. Finalizando la segunda guerra mundial, Kichiro cedió la compañía a Eiji Toyoda, en aquel entonces la competitividad de los japoneses estaba por debajo de los obreros alemanes y con mucha inferioridad al de los obreros estadounidenses, en consecuencia, se dispuso a crear un sistema que brinde rentabilidad. Los japoneses quisieron resurgir dando batalla con un nuevo espíritu de lucha en base a la competitividad mundial para obtener el liderazgo económico.

Eiji al lado de Taiichi Ohno elaboraron la filosofía basada en el concepto de justo a tiempo, el cual se basaba en primero aplicar Jidoka en sus operaciones y adicional a ello debido a que no contaban con dinero y personal suficiente debían producir solo lo que requería el siguiente proceso ya que no era rentable generar más inventario, a diferencia de la manufactura tradicional donde se producía la mayor cantidad posible en todo momento. De esta manera se estableció el segundo pilar de Lean Manufacturing

aumentando la productividad de los trabajadores, permitiendo dar un reconocimiento internacional.

Taiichi Ohno junto a Shigeo Shingo dieron lugar al sistema de producción Toyota como nuevo método de producción, evitando generar inventarios necesarios, aplicando los estímulos a los trabajadores y estandarizando el trabajo. Además de ello Shigeo crea el método Poka Yoke, el cual nos habla de eliminar defectos al eliminar errores.

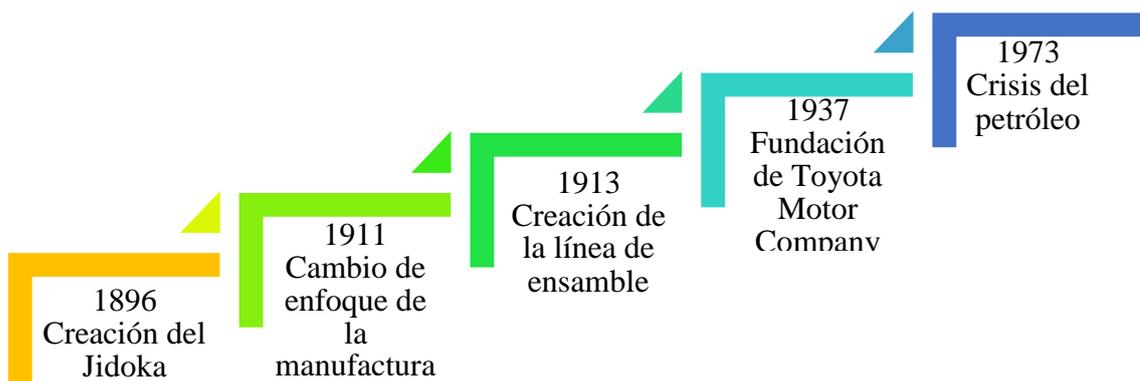
En 1973 se presentó la crisis del petróleo, de modo que muchas empresas se vieron afectadas, ello dio lugar a realizar una investigación financiada por el Instituto de Tecnología de Massachusetts comparando sistemas de producción americanos y europeos con el sistema de producción Toyota, esta última demostró al mundo sus grandes ventajas y formó a ser parte de un referente en la manufactura.

Just In Time tuvo gran aporte en empresas de Estados Unidos en la historia de la manufactura donde establecen una sociedad con General Motors creando la planta NUMMI y fueron introduciendo el sistema de producción Toyota obteniendo en poco tiempo resultados positivos respecto a los indicadores de calidad.

Para resumir, en la figura 14 se visualiza la evolución del Lean Manufacturing.

**Figura 14:**

*Evolución del Lean Manufacturing*



*Nota.* Elaboración propia

**2.1.2 Mantenimiento Productivo Total**

En 1925 se comenzó a explorar cómo aplicar el mantenimiento preventivo para evitar averías en los equipos de producción. Seguidamente un periodo anterior a los años cincuenta, el mantenimiento comienza a aplicarse de manera correctiva, es decir,

reparación solo por averías. A partir de 1950, se introdujo en Japón el mantenimiento preventivo junto con otras ideas de calidad, tales como: control de calidad y el ciclo Deming.

En los años sesenta, ingresó el concepto Kaizen o las 5S con el fin de incluir un plan de mantenimiento a las máquinas, mejorando la fiabilidad y mantenibilidad.

El TPM nació en Nippondenso CO., Ltd. y en 1961 una compañía de automóvil la incorporó en su empresa logrando resultados después de ocho años donde obtuvo resultados en su modelo de mantenimiento ya que sus sistemas automatización y de transferencia rápida exigían alta precisión. El nombre inicial fue "Total member participación PM" que en su abreviatura es TPM, el cual implica la colaboración de todas personas que se encuentren en la organización y realicen el mantenimiento preventivo (Gómez, 2010).

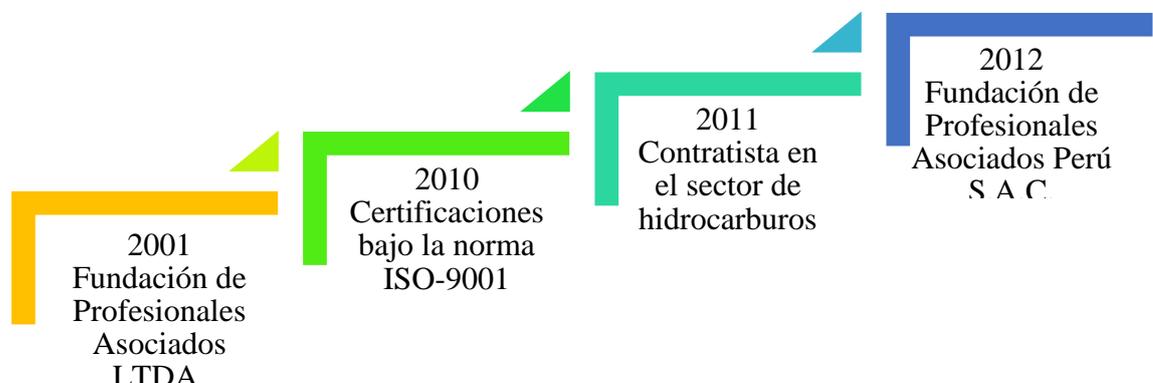
El TPM comenzó a implementarse en 1970 en Japón. A partir de los años ochenta, se incluyó el modelo de mantenimiento basado en el tiempo como parte del modelo (Gómez, 2010).

Finalmente, el Mantenimiento Productivo Total seguirá realizando beneficios para los sectores de telecomunicaciones, tecnologías digitales y otros rubros que estén en la dirección del mantenimiento (Gómez, 2010).

Para resumir, en la figura 15 se visualiza la evolución del Mantenimiento Productivo Total.

### **Figura 15:**

*Evolución del TPM*



*Nota.* Elaboración propia

## **2.2 Investigaciones del estudio de investigación**

Seguidamente, se indican las tesis usadas como referencia, las cuales se encuentran relacionadas con las variables de este estudio.

### **2.2.1 Antecedentes nacionales**

Gaspar E. y Ayala J. (2021), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial "Implementación del TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Tecnología Fabricación Mantenimiento SAC", presentada en la Universidad César Vallejo, señalan lo siguiente:

Como objetivo general, implementar el TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Tecnología Fabricación Mantenimiento SAC, trabajaron con una población de 5 máquinas, considerando la misma población como muestra. El enfoque de esta investigación fue cuantitativo, de tipo descriptivo y diseño no experimental. Respecto a técnica e instrumentos para recolectar datos utilizaron encuesta y revisión documentaria. La siguiente investigación concluye respecto al problema principal en la empresa, fue la falta de mantenimiento preventivo y la ausencia de capacitación, para ello aplicaron el plan de mantenimiento preventivo y capacitaciones al personal, logrando obtener el 97.44% en la disponibilidad de máquinas. Finalmente, como conclusión se obtuvo que la implementación del TPM incrementó la disponibilidad de las máquinas en dicha empresa. Se tomó como referencia este antecedente, ya que servirá para ser analizada y adaptada al presente estudio. Puesto que, contiene información sobre cómo implementar Mantenimiento Productivo Total (TPM) y cómo utilizar la observación directa para obtener la información inicial de la situación y revisión documentaria para comprender los datos del mantenimiento e investigar las variables independientes.

Bernal A. y Tipian C. (2022), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial "Implementación de Lean Manufacturing para aumentar la productividad en el Operador Logístico Torres S.A.C.", presentada en la Universidad Ricardo Palma, señalan lo siguiente:

Como objetivo general, implementar las herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el Operador Logístico Torres S.A.C., trabajaron con una población 7 meses entre los meses de enero a julio del 2022, considerando la misma población como muestra. El enfoque de esta investigación fue cualitativo, tipo aplicada y de diseño cuasi experimental. Además, como técnica e instrumentos con el propósito de recolectar datos fue la observación directa.

La siguiente investigación concluye que la reducción de actividades en la carga de un 50%, una disminución de 46.40% en tiempos de preparación de mercancía y logrando reducir el recorrido del personal en un 48.49%.

Se tomó como referencia este antecedente, ya que servirá para ser analizada y adaptada al presente estudio. Puesto que, contiene información sobre cómo implementar Lean Manufacturing y utilizar instrumentos como la observación directa para obtener la información de sobretiempos de carga. Además, de un registro de observación sobre el recorrido en el área de operaciones.

Condezo G. (2019), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial "Implementación de la metodología TPM para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construcción con la empresa COSAPI S.A. Lima 2019", presentada en la Universidad Privada del Norte, señala lo siguiente:

Como objetivo general, implementar la metodología TPM para mejorar la productividad en el mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construcción de la empresa COSAPI S.A., trabajó con una población de 150 equipos y con una muestra de 30 equipos. El enfoque de esta investigación fue cuantitativo, tipo descriptivo y diseño experimental. Como técnica e instrumentos para recolectar datos utilizó una guía documental.

La siguiente investigación concluye que la implementación de la metodología TPM junto con las 5S y el mantenimiento preventivo y autónomo, generó reducir las fallas por máquina y mayor disponibilidad aumentando su confiabilidad de un 74% a un 100%.

Se tomó como referencia este antecedente, ya que servirá para ser analizada y adaptada al presente estudio. Puesto que, contiene información sobre cómo implementar Mantenimiento Productivo Total y cómo utilizar un instrumento documental el cual indica la confiabilidad y la disponibilidad de máquinas.

### ***2.2.2 Antecedentes internacionales***

Moreira O. (2022), en su tesis para optar la Maestría en Producción y Operaciones Industriales "Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil", presentada en la Universidad Politécnica Salesiana, señala lo siguiente:

Como objetivo general, aplicar mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una Unidad Educativa de la ciudad de Guayaquil, trabajó con una población de 4 meses, considerando la misma población como muestra. El enfoque de esta investigación fue cuantitativo, tipo descriptivo y diseño no experimental. Como técnica e instrumentos para recolectar datos utilizó revisión documentaria.

La cita de investigación concluye que la eficiencia global mejoró un 23.45%, logrando así una disponibilidad de un 71.38% a 86.88% en los equipos dando como resultado un incremento de productividad de un 32.30%.

Se tomó como referencia este antecedente, ya que servirá para ser analizada y adaptada al presente estudio. Puesto que, contiene información sobre cómo aplicar Mantenimiento Productivo Total (TPM) y cómo utilizar datos de revisión documentaria para saber la situación actual y permitirá investigar las variables independientes.

Cardona R. (2020), en su tesis para optar el Título de Magister en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento "Diseño de una propuesta metodológica para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en la Cadena de Abastecimiento del sector textil-confecciones de la ciudad de Medellín", presentada en la Universidad EAN, señala lo siguiente:

Como objetivo general, implementar la metodología Lean Manufacturing en el sector textil-confecciones de la ciudad de Medellín, trabajó con una población de 262 empresas textiles y confeccionistas, con una muestra de 22 empresas. El enfoque de esta investigación fue cuantitativo - cualitativo y diseño experimental.

Como técnica e instrumentos para recolectar datos utilizó el cuestionario e información teórica.

La cita de investigación concluye que la implementación del Lean Manufacturing aumenta un 7.6% en las empresas. Además, el 86% de las empresas emplean otros tipos de metodología como las 5S y Mantenimiento Productivo Total.

Se tomó como referencia este antecedente, ya que servirá para ser analizada y adaptada al presente estudio. Puesto que, se obtuvo información de cómo la metodología Lean Manufacturing contribuye a la mejora de productividad. Además, de obtener información teórica de implantación de técnicas.

## 2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.3.1 *Lean Manufacturing*

En el año 2019, Socconini definió como el objetivo en alcanzar un proceso sucesivo donde se logre un sistema de identificación y eliminar lo sobrante de aquella actividad que no produzca valor en cada proceso. Ello se obtendrá por medio del esfuerzo de los trabajadores organizados y adecuadamente capacitados.

En el año 2010, Rajadell y Sánchez, sostuvieron que la finalidad es eliminar el exceso el cual se realiza con el apoyo de las herramientas de TPM, SMED, Kanban, 5S, Kaizen, Poka-Yoke, etc. Siendo sus pilares la mejora continua, la eliminación del exceso, el beneficio del potencial de la cadena de valor y la colaboración de todos los operarios o trabajadores.

Tal y como se muestra en la figura 16.

#### **Figura 16:**

##### *Pilares del Lean Manufacturing*



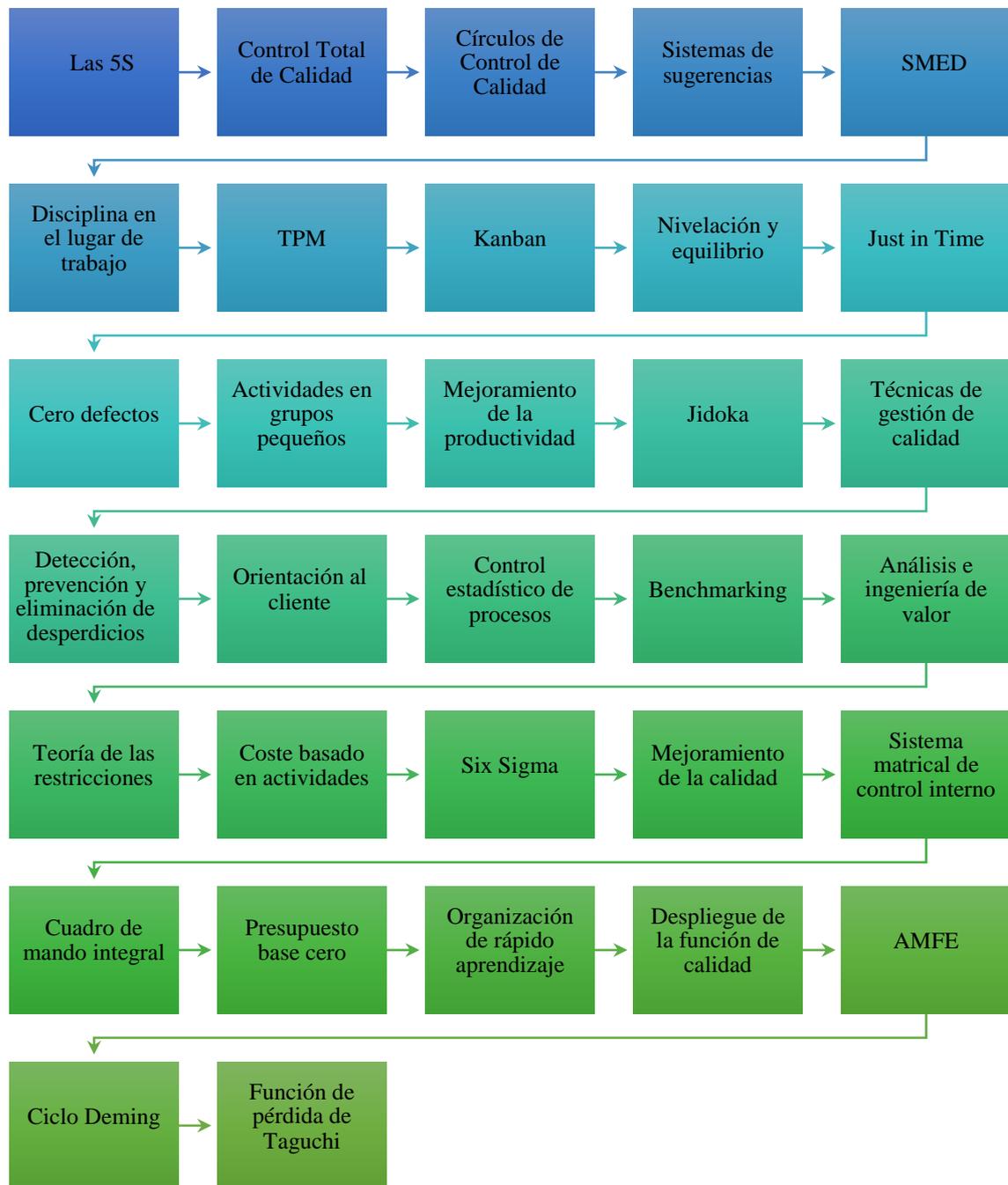
*Nota.* Lean Manufacturing (2019)

#### Estructura del Lean Manufacturing

Se considera como modelo y método de gestión con diferentes aplicaciones y técnicas que agregan valor con el propósito de eliminar los desperdicios. Tal como se muestra en la figura 17.

**Figura 17:**

*Estructura del Lean Manufacturing*



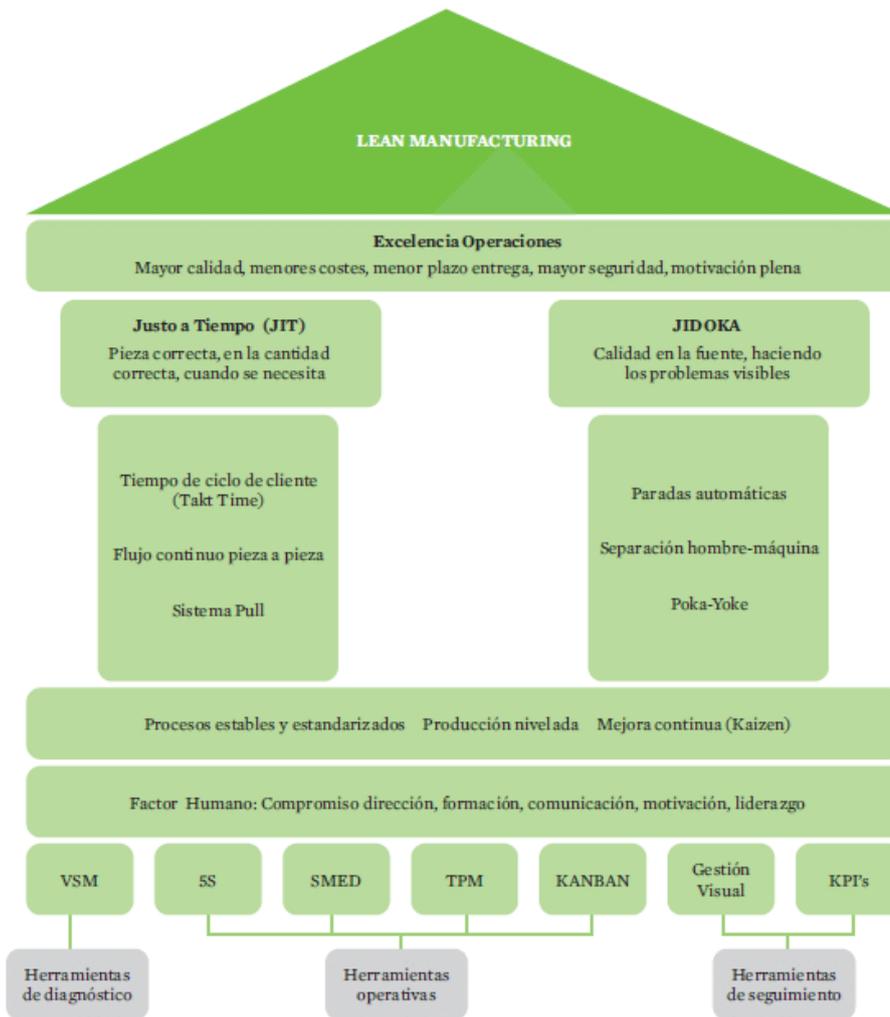
*Nota.* Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad (2010)

En la Casa del Sistema de Producción Toyota, se visualiza la metodología y conceptos con sus correspondientes técnicas Lean para su implementación.

Tal y como se muestra en la figura 18.

**Figura 18:**

*Casa de sistema de producción Toyota*



*Nota.* Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación

Según Hernández y Vizán (2013), mencionan lo siguiente:

En el techo de casa se encuentra la excelencia de operaciones la cual está constituido con la mayor calidad, menores de costos, menor plazo de entrega, mayor seguridad y la motivación plena.

Sujetando a este techo se ubican las dos columnas que apoyan el sistema Lean: Justo a Tiempo (JIT) y Jidoka. El Justo a Tiempo (JIT), representa la herramienta más distinguida por el sistema Toyota ya que equivale a producir la cantidad correcta cuando se requiera. El Jidoka consiste en poder identificar cuando se debe parar un proceso debido a una condición anormal, el cual permite reconocer el motivo de los problemas y eliminarlas desde la raíz de tal manera que no perjudique a la producción siguiente.

La base de la casa Lean consiste en los procesos estables y en su estandarización mediante la nivelación de la producción (Heijunka) y la mejora continua (Kaizen). A estos cimientos se les añade el factor humano ya que involucra el compromiso de la dirección, la formación de los grupos de trabajo que deben ser dirigidos por un líder, la capacitación del personal, la motivación y el liderazgo.

Todos los elementos mencionados construyen la casa Lean Manufacturing la cual es aplicada a través de diferentes técnicas según su uso para diagnosticar a nivel operativo o como técnicas de monitoreo.

### Principios de Lean Manufacturing

Los principios del Lean Manufacturing se encuentran relacionados al factor humano y a las medidas operacionales.

En el año 2013, según Hernández y Vizán, mencionan al respecto que son:

- Desarrollar líderes de grupos que se comprometan al sistema Lean y lo difundan a los demás.
- Incorporar la instrucción de “parar la línea”.
- Establecer una organización donde se educen por medio de la reflexión constante y la mejora continua.
- Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles nuevos retos.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover grupos y personas multidisciplinarios.
- Descentralizar la toma de decisiones.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Compromiso total de la dirección con la implementación del modelo Lean.
- Crear un flujo de proceso continuo el cual permita visualizar los problemas principales.
- Utilizar sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción.
- Equidad en la carga de trabajo para contrapesar las líneas de producción.
- Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
- Utilizar el control visual para la detección de problemas.
- Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas de Justo a Tiempo.
- Reducir los ciclos de fabricación y diseño.

- Conseguir la eliminación de cero defectos.

### Herramientas de Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing se implementa con diferentes herramientas las cuales han sido caso de éxito en diferentes sectores y rubros.

Según Hernández y Vizán, sostienen lo siguiente:

Para un mejor enfoque las técnicas deben ser agrupadas en tres grupos diferentes. Primer grupo. - Cuyas características hacen que cualquier caso sea aplicable en una empresa, producto o sector el cual debe ser de obligado cumplimiento para que la empresa pueda competir en el mercado actual.

Las técnicas que pertenecen al primer grupo son:

- 5S: Técnica para obtener una excelente organización, orden y limpieza en un puesto de trabajo.
- SMED: Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación.
- Estandarización: Técnica que muestra el mejor método para realizar las cosas mediante instrucciones escritas o gráficas.
- TPM: Técnica que tiene como objetivo principal de eliminar las pérdidas por tiempos de parada de las máquinas.
- Control visual: Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora.

A continuación, en la figura 19 se muestra el resumen del primer grupo de técnicas Lean Manufacturing:

#### Figura 19:

*Resumen del primer grupo de técnicas Lean Manufacturing*



*Nota.* Elaboración propia

Segundo grupo. - Conformado por técnicas que exigen compromiso y cambio cultural en los grupos de trabajo y en el mando directivo.

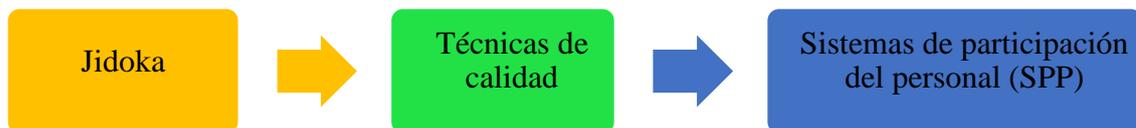
Las técnicas que pertenecen al segundo grupo son:

- Jidoka: Técnica basada en la incorporación de nuevos sistemas y dispositivos para las máquinas para estas tengan la capacidad de poder detectar a tiempo lo que se está produciendo erróneamente.
- Técnicas de calidad: Conjunto de técnicas que buscan la disminución y eliminación de defectos.
- Sistemas de participación del personal (SPP): Grupos de trabajo que se encuentran organizados para poder realizar una eficiente supervisión y seguir mejorando según el sistema Lean.

A continuación, en la figura 20 se muestra el resumen del segundo grupo de técnicas Lean Manufacturing:

**Figura 20:**

*Resumen del segundo grupo de técnicas Lean Manufacturing*



*Nota.* Elaboración propia

Tercer grupo. - Conformado por técnicas que están asociadas a la técnica JIT ya que cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena de logística.

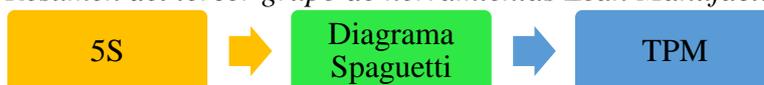
Las técnicas que pertenecen al tercer grupo son:

- Heijunka: Conjunto de técnicas que sirven para nivelar la demanda de clientes, volumen y variedad para así mejorar el flujo de un proceso hasta que esta llegue hacer un flujo continuo.
- Kanban: Sistema de control y programación sincronizada para definir, gestionar y mejorar la producción basado en tarjetas, el cual ayuda de forma visual el trabajo para poder maximizar la eficiencia y realizar una mejora continua.

A continuación, en la figura 21 se muestra el resumen del tercer grupo de técnicas Lean Manufacturing:

**Figura 21:**

*Resumen del tercer grupo de herramientas Lean Manufacturing*



*Nota.* Elaboración propia

Ante lo citado en el presente trabajo de investigación se aplicarán las siguientes herramientas: 5S, diagrama Spaghetti y Mantenimiento Productivo Total (TPM). (Ver figura 22)

**Figura 22:**  
*Herramientas; 5S, Diagrama Spaguetti y TPM*



*Nota.* Elaboración propia

### 2.3.2 5S

Las 5S se relaciona con los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo, donde su implementación consta de cinco pasos el cual está implicado con la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos (Hernández y Vizán, 2013).

Para Rodríguez (2010), las 5S es una metodología práctica para que el lugar de trabajo se encuentre organizado, ordenado y limpio con el fin de tener una mejor seguridad, calidad en el trabajo.

#### Objetivos de las 5S

Existen diversos autores como, (Rodríguez, 2010) que plantean los siguientes objetivos:

- Personal; se encuentra relacionado con la actitud, cambios de conducta y eliminación de malos hábitos para lograr una mejora continua en la empresa. Es decir, fomentar a los empleados en el ámbito personal y laboral despertando un espíritu emprendedor, además de abandonar prácticas erróneas y eliminar los malos hábitos que detienen el progreso.
- Equipo de trabajo; se encuentra relacionado con el liderazgo práctico para la solución de problemas. Para lograr las actividades de mejora de los líderes se deben involucrar en los equipos de trabajo, ya sea en la creación de nuevas ideas para brindar una mejor solución hacia el problema, el cual se puede dar con la participación de todos los miembros que conformen el equipo. Así mismo, deben dar el ejemplo y animar al resto para que cooperen y sean un equipo unido.
- Empresarial; su enfoque principal es la mejora del ambiente laboral, el cual implica la participación de todos los miembros que se encuentren formados por los equipos para que puedan obtener mejores resultados.

## Beneficios de las 5S

Existen diversos autores como, (Rodríguez, 2010) que plantean los siguientes beneficios:

- Reduce elementos innecesarios de trabajo.
- Facilita el acceso y devolución de objetos u elementos de trabajo.
- Evita la pérdida de tiempo en la búsqueda de elementos de trabajo en lugares no organizados ni apropiados.
- Reducción de fuentes que originan suciedad.
- Mantiene las condiciones necesarias para el cuidado de las herramientas, equipo, maquinaria, mobiliario, instalaciones y otros materiales.
- Entorno agradable de forma visual.
- Creación y mantenimiento de condiciones seguras para realizar el trabajo.
- Un mejor control visual de elementos de trabajo.
- Incorpora las nuevas metodologías de mejoramiento continuo.
- Es aplicable en cualquier tipo de trabajo ya sea en el rubro de manufactura o de servicio.
- Participación en equipo.

Existen diversos autores como, (Bernal, 2014) que plantea las siguientes ventajas y desventajas:

### Ventajas de las 5S

- El mayor esfuerzo se da en los ámbitos organizativos y en los procedimientos que son puntuales.
- Sus resultados son visibles al corto plazo.
- Incrementa la productividad de la organización para obtener una mejor competitividad en el mercado.
- Contribuye a la adaptación de los procesos a los avances tecnológicos.
- Permite eliminar procesos repetitivos.

### Desventajas de las 5S

- Cuando el mejoramiento se concentra en un área específica de la organización.
- El cambio debe ser en toda la organización.
- Cuando una empresa es pequeña o mediana, su aplicación se hace un proceso muy largo.
- Realizar inversiones.

## Principios de las 5S

Existen diversos autores como, (Rodríguez, 2010) que los clasifica en cinco principios.

### - Seiri / Clasificar

En su concepto etimológico la palabra Seiri proviene de dos vocablos japoneses: "sei" y "ri", que significan "arreglar" y "discernimiento" respectivamente. Las actividades que se encuentran involucradas dentro del primer principio son: clasificar, seleccionar, descartar y eliminar.

Este primer principio consiste en establecer un sistema de control en cual permita la fácil identificación y eliminación de los elementos innecesarios dentro del lugar de trabajo.

### Objetivos del Seiri

- Prevenir accidentes y errores humanos por la presencia de objetos innecesarios.
- Hacer uso necesario del espacio físico dentro de una empresa u organización.
- Mejorar y facilitar la visibilidad de los materiales, documentos y otros.
- Eliminar el hábito de almacenar cosas innecesarias.

### Beneficios del Seiri

- Libera espacios ocupados por objetos innecesarios.
  - Una mejor visualización de herramientas, materiales, documentos y otros elementos de trabajo, así como también las áreas de trabajo.
  - Reduce el tiempo en la búsqueda de elementos de producción, documentos, herramientas, moldes y otros.
  - Reduce el deterioro de materiales, objetos, equipos y otros por estar almacenados prolongadamente en sitios mal organizados.
  - Brinda un mejor control de inventario.
  - Los lugares de trabajo se convierten más seguros.
  - Reduce los movimientos de traslado de forma efectiva.
- Seiton/Ordenar

En su concepto etimológico la palabra Seiton proviene de dos vocablos japoneses: "sei" y "ton", que significan "arreglar" y "ordenar" respectivamente. Las actividades que se encuentran involucradas dentro del segundo principio son: ordenar, acomodar, organizar y rotular.

Este segundo principio consiste en organizar el lugar de trabajo donde la búsqueda de los elementos sea la manera más rápida para su acceso, retiro y devolución, por ello es importante definir el sitio adecuado según su funcionalidad.

#### Objetivos del Seiton

- Reducir el tiempo y movimiento en la búsqueda de objetos.
- Mejorar la identificación de los objetos.
- Prevenir pérdidas de materiales y materia prima por deterioro.

#### Beneficios del Seiton

- Acceso rápido hacia los elementos de trabajo.
- La limpieza puede realizarse con mayor facilidad y seguridad.
- Mejora la imagen del lugar de trabajo.
- Mejorar el orden.

#### - Seiso / Limpiar

En su concepto etimológico la palabra Seiso proviene de dos vocablos japoneses: “sei” y “so”, que significan "no ensuciar" y "limpiar" respectivamente. Las actividades que se encuentran involucradas dentro del tercer principio son: limpiar, lavar e inspeccionar. Este tercer principio consiste en eliminar la suciedad y el polvo en todos los elementos de trabajo y de las instalaciones de la empresa. Así mismo, este principio está relacionado con el buen funcionamiento de los equipos y la habilidad para producir equipos de calidad. En cambio, desde otra perspectiva el Mantenimiento Productivo Total (TPM), Seiso está implicado en la inspección del equipo durante el proceso limpieza, el cual permite identificar los problemas de fugas, averías o fallas.

#### Objetivos del Seiso

- Evitar que el polvo y la suciedad se acumulen al producto final o al lugar de trabajo.
- Brindar una mejor visualización en las fugas de aceite o en las manchas en las máquinas.
- Evitar que cualquier tipo de suciedad afecte el rendimiento de las máquinas.
- Hacer del lugar de trabajo un sitio seguro.

#### Beneficio del Seiso

- Reduce el riesgo laboral.
- Incrementa la vida útil de los equipos, mobiliario, herramientas y demás objetos de trabajo. Así mismo, también incrementa la funcionalidad de los equipos.
- Indica fácilmente cuando existe derrame de líquidos de los equipos o máquinas.

- Mejora la calidad del producto y se evita el deterioro por suciedad y contaminación.
- Seiketsu / Estandarizar

En su concepto etimológico la palabra Seiketsu proviene de dos vocablos japoneses: "sei" y "ketsu", que significan "no ensuciar" y "purificar" respectivamente. Las actividades que se encuentran involucradas dentro del cuarto principio son:

- Hacer las cosas de forma homogénea.
- Perseverar las tres primeras "S" donde los logros alcanzados, eleven los niveles de eficiencia en el lugar de trabajo. Así mismo de conservar la eficacia para evitar el retroceso a la etapa inicial.

Objetivos del Seiketsu

- Minimizar las causas que provocan suciedad en el lugar de trabajo.
- Disminuir el tiempo en la realización de las tres "S" anteriores.

Beneficios del Seiketsu

- Crea un ambiente favorable para un buen desarrollo en el trabajo.
- Mejora el hábito de organización en el sitio de trabajo para así sea de forma permanente.

- Shitsuke /Disciplina

En su concepto etimológico la palabra Shitsuke proviene de dos vocablos japoneses que significan actitud positiva, buena disposición, buen comportamiento hacia los demás, y obediencia a las normas y reglas. Las actividades que se encuentran involucradas dentro del quinto principio son cinco:

- Respetar las reglas por convencimiento propio.
- Cambiar los hábitos de trabajo mediante la continuidad y la práctica.
- La disciplina involucra las 4S anteriores, ya que facilita el proceso de perfeccionamiento de una cultura de autocontrol.

Objetivos del Shitsuke

- Cambiar prácticas erradas que fomenten nuevas costumbres.
- Implicar a todo el personal de la empresa en evaluación de tareas.
- Desarrollar el liderazgo en los equipos de mejoras. Capacitar al personal en planes de mejoras.

Beneficios del Shitsuke

- Crea una cultura de respeto y cuidado de los recursos de la empresa, así como una buena disciplina para cambiar los hábitos.

- Fomenta el respeto a las normas establecidas y respeto entre las personas.
- La apariencia del sitio de trabajo mejora.
- Se crea el convencimiento de lo que significa realizar mejoras en su lugar de trabajo.

#### Modelo de implementación de las 5S

Existen diversos autores como, (Cruz, 2010) que elabora un modelo de implementación de la estrategia de las 5S:

##### Fase 1: Preliminar

##### Etapa 1: Sensibilización de la alta dirección

La iniciativa de implementar las 5S, se debe de contar con un nivel de compromiso que asuma la alta dirección, ya que son quienes autorizan los recursos necesarios para la implementación.

##### Etapa 2: Estructuración del comité de la aplicación de las 5S

El comité debe estar compuesto por miembros de distintas áreas estratégicas de la empresa. Una vez formado el comité, tienen la atribución de implementar, documentar y evaluar los resultados del proceso.

Las funciones del comité son las siguientes:

- Determinar en qué área de la empresa se realizará la implementación de las 5S.
- Nombrar a los facilitadores.
- Nombrar los auditores.
- Entrenar a los miembros sobre las actividades que deberán realizar en la implementación.
- El número de integrantes como máximo es de 10 personas.
- Informar y aclarar que la implementación de esta técnica, no implica un aumento de carga laboral.
- Sensibilizar a los colaboradores sobre el orden, la limpieza y clasificación.
- Medir los progresos de la implementación.

##### Etapa 3: Entrenamiento de facilitadores

Para el entrenamiento de los facilitadores se debe realizar lo siguiente:

- Explicar con términos claros y breves los conceptos y principios de la implementación de las 5S.
- Al finalizar la capacitación deben surgir propuestas de mejora y quejas que encontraron en su área de trabajo, donde se tomará nota de cada una de ella para poder resolverlas.

#### Etapa 4: Elaboración del plan de trabajo

La elaboración de un buen plan de trabajo definirá un cronograma, responsabilidades y organigrama de la estructura del comité. Se debe considerar que el organigrama del comité debe ser similar al de la empresa.

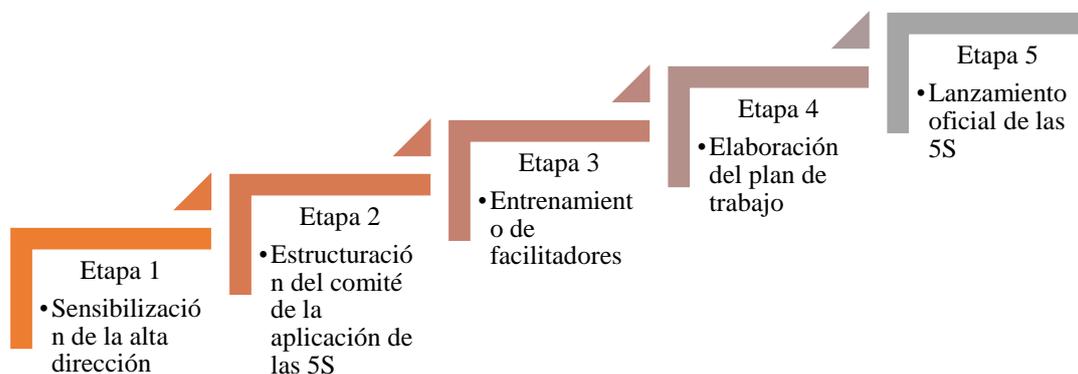
#### Etapa 5: Lanzamiento oficial de las 5S

En esta etapa se realizará el anuncio oficial del inicio del proyecto por parte de la alta dirección. En esta reunión se debe considerar la presencia de todos los colaboradores para plantear los objetivos y beneficios de la implementación.

En la figura 23 se muestra el resumen de la primera fase.

### Figura 23:

#### *Etapas de la fase preliminar*



*Nota.* Elaboración propia

#### Fase 2: Ejecución de actividades

Previamente para iniciar la ejecución de las actividades se debe realizar toma fotográfica del área antes de implementar la técnica.

#### Etapa 1: Implementación del Seiri

Pasos para implementar:

1. Identificar las áreas críticas donde se realizará la implementación.
2. Elaborar criterios de clasificación de los artículos, herramientas, equipos y materiales que son innecesarios donde se realizará una evaluación de elementos.
3. Agrupar en un almacenamiento temporal todos los artículos que fueron clasificados como innecesarios.
4. Elaborar notificaciones de desecho o tarjetas rojas incluyendo a los artículos el cuál se tiene alguna duda. En esta etapa se tomará en cuenta "La regla de las 48

horas", donde se decidirá que todo lo que no se use, será desecho del área de trabajo.

A manera de ejemplo, se visualiza en la figura 24 dos modelos de tarjeta roja.

**Figura 24:**

*Modelo I y II de tarjeta roja*

**Modelo I**

No. \_\_\_\_\_

**TARJETA ROJA**

Fecha \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Area \_\_\_\_\_

Item \_\_\_\_\_

Cantidad \_\_\_\_\_

**ACCION SUGERIDA**

Agrupar en espacio separado

Eliminar

Reubicar

Reparar

Reciclar

Comentario \_\_\_\_\_

Fecha p/concluir acción \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**Modelo II**

No. \_\_\_\_\_

**TARJETA ROJA 5'S**

Información Gen-

Propuesta por \_\_\_\_\_ Responsable de área \_\_\_\_\_

Area / Depto. \_\_\_\_\_

Descripción de artículo \_\_\_\_\_

**CATEGORIA**

Máquina/Equipo  Material gastable

Herramienta  Materia prima

Instrumento  Trabajo en proceso

Partes eléctricas  Producto terminado

Partes mecánicas  Otros

OTROS/COMENTARIO \_\_\_\_\_

**RAZON DE TARJETA**

Innecesario  Defectuoso

Fuera de especificaciones  Otros

Otros: \_\_\_\_\_

**ACCION REQUERIDA**

Eliminar

Agrupar en espacio separado

Retornar

Otros: \_\_\_\_\_

Fecha inicio \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Final de la acción \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

*Nota.* Manual para la implementación de las 5S

### Etapa 2: Implementación del Seiton

Finalizada la primera etapa, esto permitirá un trabajo más eficiente y productivo, debido a que se contará con mayor espacio físico.

Pasos para implementar:

1. Analizar y definir el sitio de colocación.
2. Rotular todo con su nombre y lugar identificado.
3. Definir nombre, código o color para cada clase de artículo o herramienta.
4. Separar las herramientas asignadas de las que son usadas con mayor frecuencia.

### Etapa 3: Implementación del Seiso

Pasos para implementar:

1. Planificar las actividades de limpieza.
2. signar a un encargado para cada máquina. En caso que el equipo sea de gran tamaño se debe asignar por grupos de tres.
3. Establecer turnos para el mantenimiento de limpieza de las áreas comunes.
4. Elaborar una tabla de asignación de responsabilidades de limpieza, el cual permitirá identificar qué día y qué área le toca a cada responsable. Ver figura 25.

**Figura 25:**

*Tabla de asignación de responsabilidades*

Area prensas hidráulicas						
DIA	NOMBRE	PRENSA 1	PRENSA 2	PRENSA 3	BANCO DETRAB.	PISOS
LUNES	JOSE		X		X	
MARTES	PEDRO	X		X		X
MIERC.	RAMON		X		X	
JUEVES	JULIO	X		X		X
VIERNES	MARIO		X		X	
SABADO	ANDRES	X		X		X

*Nota.* Manual para la implementación de las 5S (2010)

#### Etapa 4: Implementación del Seiketsu

Finalizadas las tres primeras etapas, se debe comenzar a estandarizar las 3S con el fin de conservar y mejorar los resultados ya obtenidos.

Pasos para implementar:

1. Auditorías de 5S por el equipo asignado.
2. Reuniones para discutir sobre los aspectos relacionados con el proceso.
3. Asignar a un encargado por área o máquina.

#### Etapa 5: Implementación del Shitsuke

Pasos para implementar:

1. Definir y desarrollar actividades que fomenten la participación del personal.
2. Fomentar y reforzar el tema de la autodisciplina.

#### Fase 3: Seguimiento y mejora

##### Etapa 1: Establecimiento de plan de seguimiento

En esta etapa se presentará un plan de incentivo para incentivar y reconocer el esfuerzo de los trabajadores.

##### Etapa 2: Realización de las evaluaciones

En esta etapa las evaluaciones se pueden realizar por observaciones de las 5S, auditorías internas y externas de las 5S u organizar viajes de estudio a otras áreas.

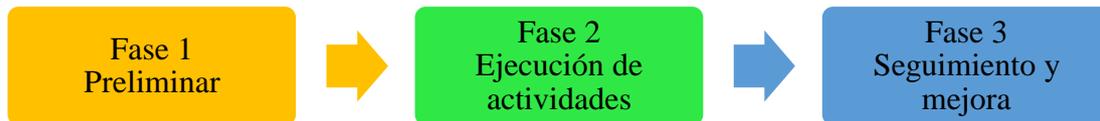
##### Etapa 3: Establecimiento del plan de mejora

Como paso final de todo el proceso de implementación de las 5S, es el perfeccionamiento de las actividades como tales y el desarrollo de acciones que mantengan un equilibrio del nivel de aplicación entre las áreas de trabajo.

En la figura 26, se visualiza las 3 fases para la implementación de las 5S.

**Figura 26:**

*Fases para la implementación de las 5S*



*Nota.* Elaboración propia

**2.3.3 Diagrama Spaguetti**

Según la revista Six Sigma Material (2019), el Diagrama Spaguetti es una herramienta de la metodología Lean Manufacturing, el cual se representa de forma visual en un mapa mostrando el flujo real del movimiento de los operarios, máquinas o materiales. Esta herramienta busca un orden para reducir el tiempo de desplazamiento.

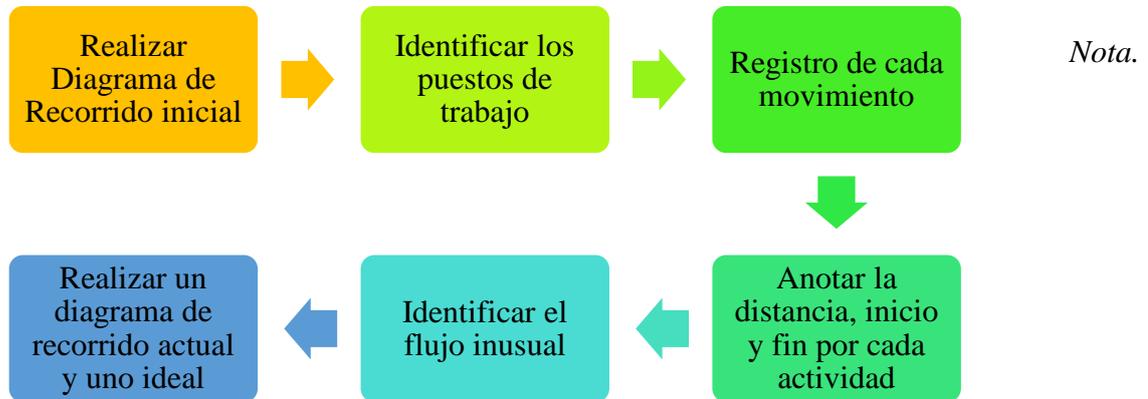
Según Gunnsteinsson (2011) los pasos a seguir son los siguientes:

1. Recolectar información de todas las actividades de una persona durante el proceso. La información que se obtendrá será la distancia recorrida. Para ello, se utilizará el diagrama de recorrido para personas.
2. Identificar los puestos de trabajo donde se representará las actividades sucesivas mediante flecha direccionales.
3. Registrar cada movimiento dentro del flujo, junto con el personal involucrado en la actividad.
4. Anotar la distancia, inicio y fin por cada actividad.
5. Identificar dónde ocurre un flujo inusual para buscar oportunidades junto con el apoyo de herramientas organizativas.
6. Realizar un diagrama de recorrido actual y un diagrama donde se visualice un recorrido ideal con la eliminación de la mayor cantidad de recorrido.

A continuación, en la figura 27 se muestra el resumen de los seis pasos para implementar el diagrama Spaguetti.

**Figura 27:**

*Pasos para implementar el diagrama Spaguetti*



Elaboración propia

#### **2.3.4 Mantenimiento Productivo Total**

En el año 2010, Cuatrecasas y Torrell sostuvieron que la actual filosofía del trabajo en plantas productivas respecto al mantenimiento productivo total se origina entorno del mantenimiento, sin embargo, destaca adicionalmente otros aspectos tales como la participación de cada integrante de la empresa, eficacia total y el sistema total de gestión de mantenimiento de equipos, partiendo desde su diseño, incluso la corrección, y además la prevención.

Lo que se quiere obtener con la aplicación del TPM es cero fallos, cero incidencias y cero defectos, con lo que se podrá mejorar la productividad.

#### **Objetivos**

En el año 2001, Rey afirmó que el TPM tiene como propósito esencial la mejora continua respecto al rendimiento en los procesos y sistemas de producción en todos los niveles de desempeño técnico, ello se llevará a cabo por medio de la prevención teniendo como base la fiabilidad en los equipos de trabajo, para lograr eliminar las paradas disminuyendo el tiempo de intercesión.

En el año 2010, Gómez planteó las distintas dimensiones en las que se consideran al momento de implementar el TPM en una organización:

#### **Objetivos estratégicos**

El potencial competitivo se logrará componer mediante el proceso TPM, apoyado inicialmente en las operaciones de la organización, mediante su aportación al aumento de la efectividad de los sistemas productivos, disminuyendo costos operativos, dando uso

óptimo a los recursos, minimizando el despilfarro logrando mayores ingresos y un flujo continuo.

#### Objetivos operativos

El objetivo del TPM es lograr que los equipos funcionen evitando averías y fallos, de manera que se logrará la seguridad en los equipos, disminuir las pérdidas logrando la capacidad instalada respecto a lograr en un menor tiempo el potencial de producción usando todos los recursos disponibles.

#### Objetivos organizativos

El TPM tiene como finalidad el alcanzar un ambiente laboral de confianza, motivación, entusiasmo donde se aporta para la mejora de la productividad entre los empleados de tal manera que se logren fidelizar, además fortaleciendo e incrementando el rendimiento del trabajo en equipo y de la empresa.

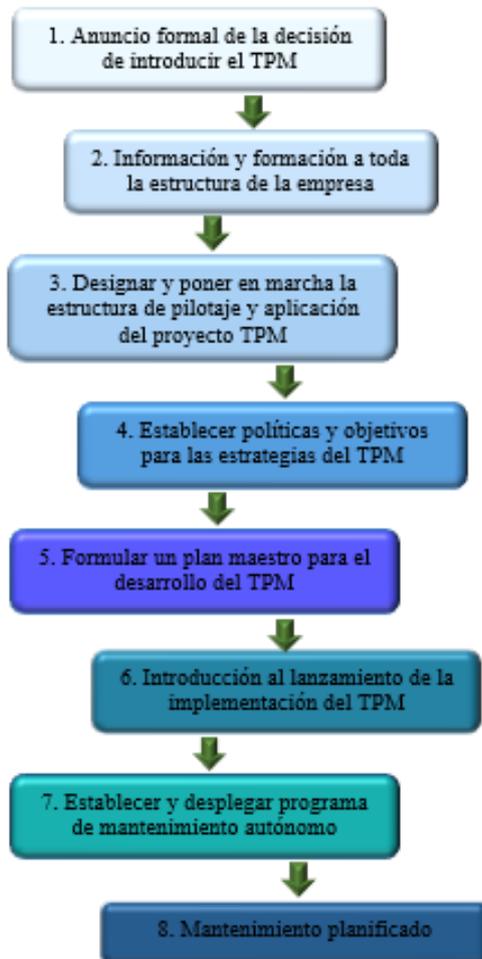
#### Programa de desarrollo del TPM

En cuanto al desarrollo del programa TPM, en el presente trabajo de investigación se basó en ocho etapas.

A continuación, en la figura 28 se muestra el resumen del programa TPM.

**Figura 28:**

*Ocho etapas del TPM*



*Nota.* TPM en un entorno Lean Management (2010)

La aplicación del TPM se dará inicio con las 5S, debido a que previamente se necesita organización y limpieza en el lugar de trabajo para visualizar con claridad los problemas existentes y realizar las mejoras respectivas, sin embargo, esta fue desarrollada y mencionada anteriormente.

**Etapa 1: Anuncio formal de la decisión de introducir el TPM**

En 2010, Cuatrecasas y Torrell indicaron que la presente etapa es esencial para que el plan se ejecute con éxito, el cual se basa en definir a quién se va a informar, cómo se va a informar y qué se va a informar acerca del TPM. La alta dirección procederá a comunicar a todos los trabajadores de la organización respecto a su propósito de aplicar el TPM, de manera que logre traspasar su deseo y ganas por realizar el proyecto, donde posteriormente se redactará un documento en donde quede prueba de lo mencionado, esta

será la hoja de registro de reunión de alta gerencia visualizada en la figura 29. El mensaje se dará a cabo por medio de reuniones, boletines informativos, revista de la empresa etc., en el que se explicará el concepto, metas, resultados esperados y se nombrará al jefe encargado de la aplicación del TPM.

**Figura 29:**

*Hoja de registro de reunión de alta gerencia*

MINUTA DE REUNIÓN		
Lugar :	Hora :	
Fecha :		
Objetivo de la reunión: _____		
Temas a tratar		
1.		
2.		
3.		
4.		
Participantes	Cargo	Firma
ACUERDOS		
Responsables	Actividades	Fecha compromiso
Otros asuntos: _____		
Fecha próxima reunión: _____		

*Nota.* Elaboración propia

Es indispensable que la alta dirección sostenga la total certeza de la necesidad y además de la conveniencia de aplicar el TPM, para ello se elabora un acta de compromiso por parte de la alta gerencia visualizada en la figura 30.

**Figura 30:**

*Acta de compromiso por parte de la alta gerencia*

ACTA DE COMPROMISO DE ALTA GERENCIA		
ASUNTO: _____		
CARGO	NOMBRE	FIRMA
ACUERDOS		

*Nota.* Elaboración propia

La presente etapa se basa en diseñar el comité de dirección y la estrategia, para ello se debe tener en claro los siguientes aspectos:

- Proceso de cambio de cultura

Definir la misión, la razón de ser de la empresa, además se precisará la ambición definiendo lo que se quiere en el futuro, seguido de ello, identificar los valores a implementar en la organización, posteriormente fijar una política desde la dirección en base a una estrategia, sucesivamente elaborar planes a corto plazo considerando las actividades cotidianas aplicando mejora continua y finalmente elaborar planes a mediano y largo plazo (semanales o quincenales).

- Definición del cambio

Adquirir la motivación e implicancia de toda la organización para elaborar el plan de acción, para ello se necesita de la participación de todo el personal a través de un sistema individual o grupal de sugerencias en fiabilidad para la mejora.

- Definir claramente la cultura deseada

Se consideran los siguientes aspectos:

Misión: Desarrollar la nueva herramienta implantada en la organización para conseguir el progreso permanente obteniendo mayor disponibilidad de máquinas.

Visión: Todo el personal debe mantenerse de manera activa con los problemas potenciales cotidianos, de manera que pueda alcanzarse la ambición a futuro, generando una cultura fuerte en base a su ideología central y valores.

Valores: Expresión de la misión y visión donde los trabajadores transmiten sus conductas, permitiendo ser una guía en el propósito de la empresa.

Etapa 2: Información y formación a toda la estructura de la empresa

En 2001, Rey argumentó respecto a la presente etapa el propósito de hacer que los trabajadores se den cuenta de los conocimientos del TPM y concientizarlos de la necesidad por colaborar todos en el progreso y perseverancia del hecho.

Respecto a lo establecido por el comité de dirección, se realizará el entrenamiento a los gerentes, ejecutivos, técnicos y supervisores, permitiendo que sean miembros activos.

Se conseguirá por medio de campañas en fechas y horas establecidas, siendo animada por el jefe de la implementación del TPM, brindar la información del contenido y las ventajas de TPM como método de trabajo, además lograr la adhesión entre los mandos y los técnicos en busca de una buena comprensión y afinidad de equipo, además todo ello se

obtendrá con un plan de comunicación, con apoyo de póster, trípticos, recogiendo opiniones, etc.

El lenguaje a utilizar ha de ser asimilable para todos los miembros de la organización, para todos los niveles. La información detallada se brindará exclusivamente a los gerentes, ejecutivos y a los grupos de pilotaje y mandos intermedios, el cual se expresará mediante un documento visualizado en la figura 31 donde se estructure los temas a tratar del TPM, en ello se mencionará los responsables a cargo, la duración del estudio y el detalle, sin embargo, para los profesionales, administrativos, técnicos y supervisores u operarios, solo se les brindará información corta y precisa.

**Figura 31:**

*Plan de entrenamiento*

PLAN DE ENTRENAMIENTO			
CURSOS A DESARROLLAR	RESPONSABLES	DURACIÓN	DESCRIPCIÓN
TPM para alta gerencia	Directorio	X Horas	Presentación del TPM.
			Necesidades externas e internas de la empresa.
			Importancia, alcance y responsables.
Curso teórico y práctico de aplicación de TPM	Área de mantenimiento y técnicos	X Horas	Explicación teórica y práctica del TPM.
			Situación actual de la empresa y objetivos a lograr.
			Detalle de 8 pasos a aplicar en el TPM.
Curso teórico de TPM	RRHH y área administrativo	X Horas	Explicación teórica del TPM.

*Nota.* Elaboración propia

**Etapa 3: Designar y poner en marcha la estructura de pilotaje y aplicación del proyecto TPM**

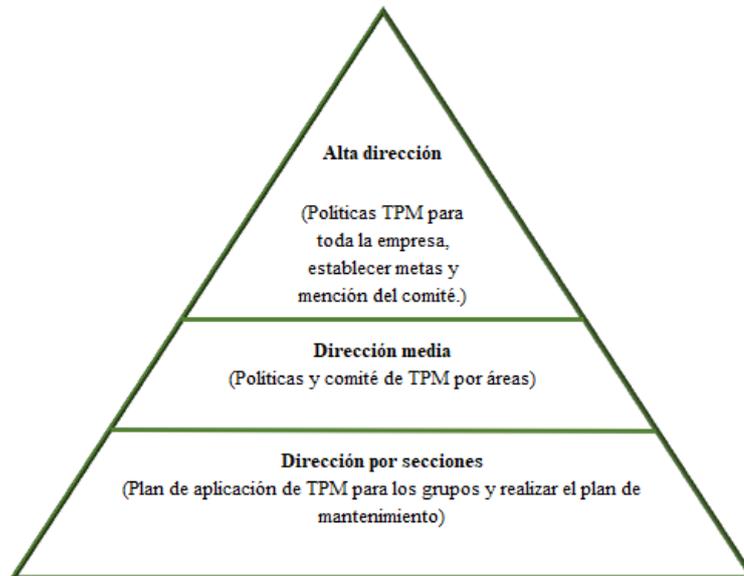
El TPM se fomenta mediante una estructura de pequeños grupos. El presente sistema es eficaz para lograr definir la organización en cada departamento, deberá existir una oficina encargada del TPM responsable de desarrollar estrategias y con personal permanente.

En 1995, Tokutaro sostuvo respecto a las responsabilidades de la oficina encargada de la implementación del TPM, organizar y mantener la promoción, normas e introducirlas apoyando las diversas tareas conforme a alistar el plan maestro del TPM con relación a lo planificado, para ello se orientará y organizará campañas de publicidad en temas característicos. La oficina de promoción representa un rol importante en la gestión de implementación del mantenimiento autónomo y en focalizar las acciones de mejora.

Los pequeños grupos TPM donde contienen a toda la jerarquía a partir de la alta dirección, dirección media y los operarios, para ello se procederá a elaborar una estructura promocional del TPM con lo mencionado visualizado en la figura 32.

**Figura 32:**

*Estructura promocional del TPM*



*Nota.* Elaboración propia

Posteriormente se procede a elaborar una matriz de grupos para la estructura promocional donde se brindarán los soportes expresados anteriormente detallándose los cargos, nombres y funciones, representado en la tabla 2.

**Tabla 2:**

*Estructura promocional del TPM*

**MATRIZ DE GRUPOS DEL PERSONAL PARA APLICAR EL TPM**

N°	FUNCIÓN	APELLIDOS Y NOMBRES	MINUTOS EMPLEADOS DURANTE LAS 12 SEMANAS DE APLICACIÓN DEL TPM						TIEMPO	
			SEMANA						MIN	HRS
			1	2	3	4	5	6		
1	Alta dirección									
2	Alta dirección									
3	Alta dirección									
4	Alta dirección									
5	Alta dirección									
6	Alta dirección									

- 7 *Dirección media*
- 8 *Dirección media*
- 9 *Dirección media*
- 10 *Dirección por sección*
- 11 *Dirección por sección*
- 12 *Dirección por sección*

*Nota.* Elaboración propia

#### Etapa 4: Establecer políticas y objetivos para las estrategias del TPM

Respecto a la política TPM, van alineados a la política global de la organización e indican los objetivos y normas de las tareas a realizar.

Es recomendable analizar la realidad actual de la empresa y establecer mediante un gráfico respecto a la organización por parte de los ejecutivos de la empresa: la demanda externa, demanda interna, políticas básicas, metas del área, objetivos generales y prioridades, se visualiza en la figura 33 posteriormente definir el área destinada donde se realizan los mantenimientos mediante un Layout.

#### **Figura 33:**

*Políticas y metas para la aplicación del TPM*

POLÍTICAS Y METAS PARA LA APLICACIÓN DEL TPM	
Demanda externa	..... ..... .....
Demanda interna	..... ..... .....
Política básica	..... ..... .....
Metas	..... ..... .....
Objetivos	..... ..... .....

*Nota.* Elaboración propia

Los objetivos se definirán de modo cuantitativo y cualitativo, facilitando una medición, donde se definirá la disponibilidad, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo

medio para reparar (MTTR). Los objetivos ayudan a obtener un nivel deseable de logro, siendo desafiantes pero alcanzables.

Una vez establecido, los objetivos TPM se anunciarán a toda la planta.

#### Etapa 5: Formular un plan maestro para el desarrollo del TPM

En 1995, Tokurato sostuvo en relación a la aplicación del diseño de un plan maestro, en primer lugar, determinar las tareas a realizar con el fin de alcanzar los objetivos establecidos en el TPM. La importancia de este paso se dará por la obligación en que la organización considerará las formas más eficientes de mejorar las irregularidades dadas entre el estado inicial y los objetivos. Posteriormente se da a conocer las ocho actividades fundamentales del TPM, las cuales son las mejoras orientadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, enseñanza y adiestramiento, gestión temprana de equipos, mantenimiento de calidad, actividades en áreas administrativas y de apoyo, además la gestión de seguridad y entorno; adicionalmente en plantas de proceso abarca el diagnóstico y mantenimiento predictivo, gestión del equipo y desarrollo de productos, también el diseño con construcción de equipos. Sin embargo, no todas serán aplicadas en la presente investigación, debido a que se desarrollarán de acuerdo a las necesidades más primordiales y presupuesto de la empresa. Todas las actividades mencionadas necesitarán de un presupuesto y guía constante, para ello se debe planificar un programa con eventos importantes detalladas y claros para cada tarea.

Ante lo explicado, con el propósito de elaborar un plan maestro, se utilizará la combinación de los siguientes pilares como estrategia para el mantenimiento de las maquinarias: plan de entrenamiento y capacitación, realizar mantenimiento autónomo y programa de mantenimiento planificado.

Se considerarán como criterio para seleccionar las maquinarias a estudio, los grupos de familias de maquinarias con mayor número de paradas, es decir las que generan mayores cuellos de botella.

En base a la obtención de las maquinarias a estudio, se les realizará los siguientes análisis: inventario de equipos involucrados en el mantenimiento visualizado en la figura 34, ficha técnica de equipo o máquina visualizado en la figura 35, check-list de mantenimiento visualizado en la figura 36 y diagrama flujo del proceso del mantenimiento el cual será elaborado durante la aplicación.



**Figura 36:**  
*Check list de mantenimiento*

PAGINA 1 DE 2		CHECK LIST			
VERSIÓN : 1 CODIGO : HSEQ-F-130 DOCUMENTO CONTROLADO		INSPECCION - VIBROAPISONADOR			
EMPRESA: P.A.PERU <input type="checkbox"/> MEPAR <input type="checkbox"/> PEI <input type="checkbox"/> AGHASO <input type="checkbox"/>			FECHA DE INSPECCION: ENTREGA <input type="checkbox"/> DEVOLUCION <input type="checkbox"/>		
PROYECTO/OBRA:			CLIENTE: INTERNO <input type="checkbox"/> EXTERNO <input type="checkbox"/>		
B Bien	FP F alta Proveer	M Reparación total	FC F alta Colocar		
R Reparar	FL F alta Limpieza	NO No hace falta			
ESTRUCTURA Y COMPONENTES	ITEM	EST.	ESTRUCTURA Y COMPONENTES	ITEM	EST.
	1 Placa Inventario P.A.PERU			23 Estado de las mangueras	
	2 Estiquer ultimo servicio			24 Cables electricos	
	3 Arrancador			25 Verificar la chispa	
	4 Switch Acelerador			26 Tapa de combustible	
	5 Tanque de combustible			27 Base metalica soporte motor	
	6 Protector de Polea			28 Bujia	
	7 Tubo de escape			29 Tapon de carter aceite	
	8 Agarraderas			30 Zapatas	
	9 Estado retenes			31 Pintura	
	10 Pernos			32 Sistema de arraque	
	11 Fuelle o amortiguador			33 Emision de ruidos	
	12 Filtro de aire			34 Derrame de aceite	
	13 Nivel de aceite			35 Sistema de aceleracion	
	14 Filtro de combustible			36 Emision de gases	
	15 Motor			37 Derrame combustible	
	16 Horometro			38	
	17 Estado de abrazaderas			39	
	18 Cable de bujia			40	
	20 Carburador			41	
	21 Clusth/ embrague			42	
	22 Retractil			43	

<b>OBSERVACIONES :</b>	
ITEM	DESCRIPCION DE LA OBSERVACION

MARCA : .....	OPERADOR/CHOFER: .....
MODELO : .....	KM. / HRS: .....
N° DE SERIE: .....	HOROMETRO: .....

ENTREGADO POR: _____ NOMBRE: DNI: CELULAR:	INSPECCIONADO POR: _____ NOMBRE: DNI: CELULAR:
FIRMA DEL SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO _____ NOMBRE: DNI: CELULAR:	

Nota. Empresa P.A. PERU S.A.C.



**Figura 38:**

*Siete pasos para implementar el mantenimiento autónomo*



*Nota.* TPM en un entorno Lean Management (2010)

Las actividades de mantenimiento autónomo se realizarán en conjunto con las de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y además puede abarcar en las actividades de mejora de mantenibilidad, debido a que los trabajadores manipulan el equipo día a día y conocen sus puntos débiles, de esta manera se logrará mejoras para evitar mantenimiento. En la tabla 3 se muestra la relación de actividades y responsabilidades en el mantenimiento autónomo.

**Tabla 3:**

*Relación de actividades y responsabilidades en el mantenimiento autónomo*

ACTIVIDAD	MTTO MEJORA	PERSONAL	
		PERSONAL	MTTO
Producción	Preparación y ajuste	X	
	Operación	X	
Mantenimiento autónomo	Limpieza	X	
	Engrase	X	
	Aprietes mecánicos	X	
	Otros diarios	X	
Mantenimiento preventivo	Inspección y comprobaciones	X	X
	Actividades periódicas de mantenimiento		X

Mantenimiento correctivo	Averías reparables desde puesto de trabajo	X	
	Averías no reparables desde puesto de trabajo		X
Mejoras	Operativas	X	X
	Automatización y calidad		X
	Chequeos y concepción global		X

*Nota.* TPM en un entorno Lean Management (2010)

Pasos del programa de implementación del mantenimiento autónomo:

Paso 1: Limpieza inicial

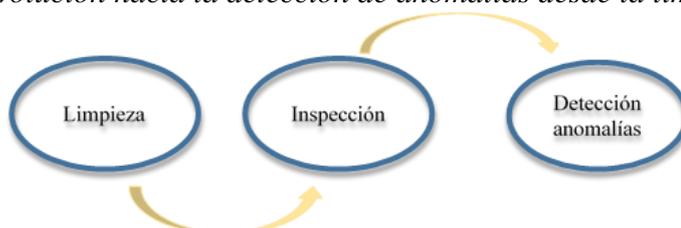
En la figura 39 se muestra la evolución hacia la identificación de anomalías desde la limpieza, lo cual indica que la limpieza es inspección, la inspección logrará detectar los problemas siendo esta última quien permitirá detectar las anomalías.

Se procederá a realizar una limpieza previa antes de cada jornada de trabajo, con el propósito de eliminar el polvo y la suciedad del equipo para identificar la anomalía como desperfecto, agentes contaminantes, además eliminar elementos innecesarios y raramente usados. Esta información se llenó mediante una ficha de formato de limpieza inicial en maquinarias mostrada en la figura 40.

Una vez identificada la anomalía se procederá a describirla en una etiqueta del color correspondiente, se tienen dos tipos de color, color azul para reparaciones menores con tareas sencillas tales como un mantenimiento autónomo, visualizado en la figura 41 y figura 42, color rojo a resolver por los profesionales o técnicos de mantenimiento, representado en la figura 43 y figura 44 , posteriormente colocar la etiqueta sobre la anomalía y guardar una copia para analizarla, en consecuencia, se procede a clasificar las etiquetas por familias en función de su localización y tecnología (eléctrica, hidráulica, etc.), finalmente se jerarquizará, reordenará en función de la urgencia a resolver y se destinará quién lo resolverá.

**Figura 39:**

*Evolución hacia la detección de anomalías desde la limpieza*



*Nota.* TPM en un entorno Lean Management (2010)





**Figura 44:**

*Tarjeta roja parte posterior*

Formulario de tarjeta roja parte posterior. El formulario es de color rojo y contiene los siguientes campos:

- Firma del supervisor:** Una línea horizontal para la firma.
- Nombre:** Una línea con puntos para el nombre del supervisor.
- D.N.I:** Una línea con puntos para el D.N.I del supervisor.
- Celular:** Una línea con puntos para el número de celular del supervisor.
- Firma del técnico:** Una línea horizontal para la firma del técnico.
- Nombre:** Una línea con puntos para el nombre del técnico.
- D.N.I:** Una línea con puntos para el D.N.I del técnico.
- Celular:** Una línea con puntos para el número de celular del técnico.
- ACCIÓN CORRECTIVA APLICADA:** Una línea con puntos para describir la acción correctiva aplicada.
- Inicio:** Campos para el día, hora y minutos del inicio.
- Fin:** Campos para el día, hora y minutos del fin.

*Nota.* Elaboración propia

Paso 2: Eliminar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles

El objetivo es disminuir progresivamente el tiempo empleado a mantener en orden el equipo, erradicando fuentes de suciedad y polvo, mejorando la accesibilidad a las zonas susceptibles de ser limpiadas y además realizar planes convenientes para ejecutar una limpieza efectiva y facilitar un óptimo flujo productivo y de mantenimiento.

Paso 3: Establecer estándares de limpieza, inspección y otras tareas sencillas

En el año 2010, Cuatrecasas y Torrell, sostuvieron respecto a la aplicación de los estándares, donde deben saber qué componentes considerar a revisarse para añadirlos en la estandarización, puntos fundamentales para estandarizar respecto a una lubricación, limpieza u otros; adicionalmente utilizar la metodología de estandarización, la cual es simple de verificar para lograr revisiones visuales que apoyen a realizar de manera veloz y adecuada las actividades respectivas junto con las herramientas y ordenarlas adecuadamente; además, considerar y tomar un tiempo estándar para tareas fijando objetivos claros y reales; asimismo, tomar en cuenta la frecuencia estándar donde se establecerá la repetición de las inspecciones y la supervisión de los resultados, de manera que se reduzcan con las mejoras empleadas; complementariamente se emplearán las

responsabilidades donde se fijarán funciones a cada empleado reduciendo descuidos o duplicidad; finalmente se contemplará cumplir con los estándares.

A continuación, se plasma lo mencionado mediante la figura 45 donde se visualiza la ficha de estandarización.

**Figura 45:**

*Ficha de estandarización*

FICHA DE ESTANDARIZACIÓN TPM				
Máquina o Equipo:				
Tiempo asignado:		Fecha		
Realizado por:				
Elemento	Operación	Método	Útiles	Tiempo empleado (minutos)
Tiemp total empleado:				

*Nota.* Elaboración propia

**Paso 4: Realizar inspección general de equipo**

Se pretende asegurar que se efectúen los estándares de limpieza, inspección y otras tareas sencillas previamente establecidos en el tiempo establecido, donde los operarios van a adquirir habilidades requeridas.

Para ello primero se deberá realizar un resumen de las actividades del mantenimiento autónomo y mencionar si se presentaron averías o defectos, ello se detalla en la figura 46, y segundo, se prepararán materiales para la formación en inspección donde se encuentre detallado el manual de uso de equipos, descripción de sus funciones, la estructura del equipo, sus componentes con nombres respectivos, procedimientos de inspección y cómo actuar ante algún inconveniente mediante la hoja de instrucciones generales donde para

ello es esencial preparar un taller, esta información se encuentra detallado en la hoja de registro de datos de la figura 47.

**Figura 46:**

*Check list de mantenimiento autónomo*

		CHECKLIST DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO										Semana :			
		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Tiempo promedio empleado (minutos):	
Máquina o equipo		Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha		
													<b>Tiempo promedio</b>		

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 47:**

*Hoja de instrucciones generales*

<b>Máquina o equipo:</b>	<b>HOJA INSTRUCCIONES GENERALES</b>
<b>Área:</b>	
<b>Fecha:</b>	
<b>Instrucciones generales</b>	
Función de máquina o equipo	
Manual de uso de máquina o equipo	
Estructura y componentes de máquina o equipo	
Procedimiento de inspección	
Foto del máquina o equipo	

*Nota.* Elaboración propia

Paso 5: Realizar inspección autónoma del equipo

Se elabora la hoja de registro de datos de las actividades realizadas en un mantenimiento autónomo para la máquina vibroapisonador, siendo esencial para auditar que el proceso

se lleve a cabo de manera adecuada, esta se representa en la figura 48 de manera que se pueda llevar el control de frecuencia temporal ya sea diaria, semanal, quincenal, mensual, etc., continuando con el símbolo a utilizar si los puntos a verificar fueron correctos, incorrectos o de acción correctiva. Por otra parte, se evaluará el número de puntos a verificar procurando simplificarlos de manera selectiva, permitiendo más adelante realizar correcciones y eliminar la causa raíz.

**Figura 48:**

*Hoja de registro de datos TPM*

	<b>REGISTRO DE DATOS TPM</b>																															
Máquina o Equipo:																																
Fecha:																																
Realizado por:																Revisado por:																
Registro de datos																																
Frecuencia diaria																																
Puntos a verificar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
X = Correcto    Y = Incorrecto    C = Acción correctiva																																

*Nota.* Elaboración propia

El propósito es aplicar dos de las 5S: seiri (organización) donde se minimizará el número de elementos innecesarios y seiton (orden) donde alude a la colocación de elementos útiles para el área de trabajo, de manera que su uso sea lo más breve y sencillo posible. Se pretende adquirir consciencia de las tareas a realizarse para cada operario y permanecer con la organización y orden, se encontrará dentro del plan de mejora continua (Cuatrecasas y Torrell, 2010).

**Paso 7: Completar la gestión autónoma del mantenimiento**

Se pretende alcanzar condiciones óptimas en el equipo mediante el uso de la estandarización adecuada, de esta manera los operarios lo lograrán mediante su experiencia, la formación que se implementará respecto a los pasos anteriores día a día junto con la supervisión de parte de los responsables de la implementación TPM y además se puede establecer una auditoría interna para contemplar y validar cada paso desarrollado.

## Etapa 8: Mantenimiento planificado

Es la agrupación de actividades programadas de mantenimiento el cual pretende cero averías, cero defectos, cero despilfarros, y cero accidentes; donde serán realizados por personal calificado en cada tarea. El objetivo es buscar la eficiencia de los equipos y procesos, además la rentabilidad económica. El mantenimiento planificado se integra con las actividades propias del mantenimiento autónomo, realizándolas en el momento menos perjudicial para obtener la disponibilidad de la máquina para su uso.

El personal calificado para el mantenimiento se encargará de recoger información, estandarizar las actividades y documentarlas, de manera que pueda tenerse disponible los repuestos.

Los pasos a seguir para realizar el mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Se enviará la solicitud por parte del proyecto al grupo de activos fijos (supervisor), vía correo electrónico.
- Se procederá a verificar disponibilidad en el valorizado.
- Se enviará cotización por correo electrónico.
- Se esperará respuesta por parte del proyecto si acepta la cotización.
- Si es aceptada se indica fecha de entrega de acuerdo a disponibilidad.
- Se realizará un acta de entrega, que es un control documentario, donde se indicará con evidencias fotográficas cómo se estará entregando el equipo, además de indicar la marca, modelo, serie, estado (bueno, operativo) y alguna observación adicional.
- Se realizará una guía de remisión, el cual indica que es lo que está saliendo de la empresa
- Se elaborará un check-list, como evidencia estéticamente y mecánicamente.
- Posteriormente por vía correo electrónico o por Whatsapp nos indicarán la finalización con el proyecto y que nos van a devolver el equipo.
- Después se procederá a llevar el equipo a la base de Campoy.
- Se realizará una inspección técnica y un check-list de devolución, en caso tenga algún daño, se evidencia en el check-list y en el acta de devolución.
- Se enviará vía correo electrónico con los daños operativos al director del proyecto.
- Finalmente, el área de activos solicita el cobro por alquiler.

El mantenimiento planificado se trata de la unión efectiva del mantenimiento basado en tiempo, en condiciones y averías.

A continuación, en la figura 49 se muestran los pasos a seguir del mantenimiento planificado.

**Figura 49:**

*Seis pasos implementar el mantenimiento planificado*



*Nota.* TPM en un entorno Lean Management (2010)

Paso 1: Análisis y conocimiento de la condición actual operativa del equipo

Mediante los registros de mantenimiento se obtendrá datos sobre los equipos, existen distintos tipos de estos y a continuación se detallarán los que se utilizarán:

- Registros de análisis MTBF, las siglas significan tiempo medio entre fallas, donde se obtendrá información acerca del detalle de las averías, lo cual permitirá obtener frecuencia y severidad de estas.

$$MTBF = \frac{TF}{NP}$$

Donde:

TF: Tiempo de funcionamiento

NP: Número de averías

- Registros de análisis MTTR, las siglas significan tiempo medio de reparación o tiempo medio de parada por averías, donde se obtendrá información sobre reparaciones y servicios realizados en el equipo.





Es esencial para verificar la eficiencia del sistema de mantenimiento planificado, esta puede controlarse a través de los estándares, cerciorar el trabajo una vez culminado, calcular diferencias entre horas hombre empleadas y programadas, fechas de entregas estimadas y utilizarlo como dato para futuros planes, además realizar un análisis entre los costos reales y estimados.

#### Paso 4: Establecimiento de un sistema de control de la información

Debido a la numerosa información que se manejará, la inspección de ésta es posible que sea necesario implementar equipos informáticos, pero para ello debe conocerse la situación actual de la empresa y el nivel de informática a desarrollar.

Previo a implementar algún sistema de control de información se limitarán a utilizar ordenadores personales, programas informáticos sencillos y fáciles de utilizar.

Más adelante se pretenderá integrar el control de datos de fallos, control del mantenimiento del equipo, control del presupuesto de mantenimiento, control de piezas de repuesto y materiales, y control de la tecnología.

#### Paso 5: Establecimiento de un sistema de mantenimiento predictivo

A fin de conseguir llevar a cero la probabilidad de averías se puede hacer necesario incorporar el mantenimiento predictivo o basado en condiciones, debido a que un mantenimiento periódico solo se basa en intervalos de tiempo para realizar el mantenimiento con revisiones generales sin tener en consideración el alcance real del desperfecto del equipo.

El presente mantenimiento se desarrollará previamente mediante un sistema de mantenimiento periódico y luego se deberá contar con las condiciones actuales del equipo mediante la incorporación de tecnología de diagnóstico de equipo, y ello solo se aplica cuando es posible medirlas mediante tecnología de diagnóstico de máquinas, dependiendo entre la señal medida y el efecto a eliminar, como son las técnicas de evaluación de temperatura, vibraciones, resistencias eléctricas, presión, humedad, etc.

A continuación, en la figura 52 se observa algunas condiciones y técnicas de diagnóstico utilizado para un mantenimiento predictivo.

**Figura 52:**

*Condiciones y técnicas de diagnóstico utilizadas en el mantenimiento predictivo*

Condiciones	Técnicas de diagnóstico	Clase de equipo
Temperatura	Termografía	Estático
	Pintura térmica	
Vibraciones	Medidor de vibraciones	Maquinaria rotativa
	Impulsos de choque	
	Analizador de frecuencias	
Lubrificantes	Monitorización del color	Estático
	Oxidación	
	Análisis espectroquímico	
Fugas	Detectores de ultrasonidos	Estático
	Gases halógenos	
	Líquidos coloreados (trazadores)	
	Detectores de grietas	
Grietas	Fluido magnético	Estático
	Resistencia eléctrica	
	Corrientes inducidas	
	Ondas ultrasónicas	
	Ondas de radiación	
Ruidos	Estetoscopio	Maquinaria rotativa
	Radioscopio	
Corrosión	Ultrasonidos	Estático
	Detector de gas	
	Radioscopio, magnestoscopio	
Obstrucciones	Radioscopio	Estático
	Indicador de presión	
Deformaciones, doblados	Escalas	Estático (tuberías)
	Indicadores de nivel	
	Teodolito	

*Nota.* TPM en un entorno Lean Management (2010)

Paso 6: Evaluación del mantenimiento planificado

Se realizarán evaluaciones permanentes, en función de los resultados y supervisarlos.

Indicador de Eficiencia:

Disponibilidad operacional (Do): Nos indica la capacidad del equipo para encontrarse en funcionamiento en un tiempo cualquiera, con las reparaciones realizadas y en funcionamiento óptimo.

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

Donde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas

MTTR: Tiempo medio de reparación

En la figura 53 se muestra la información a revisar respecto a la disponibilidad.

**Figura 53:**

*Formato de disponibilidad*

		FORMATO DE DISPONIBILIDAD	
SEMANA	TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF)	TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍA (MTTR)	DISPONIBILIDAD
1			
2			
3			
4			
5			
6			
PROMEDIO			

*Nota.* Elaboración propia

## 2.4 Definición de términos básicos

- Auditoría: Evaluación que mide el nivel de cumplimiento de las indicaciones de una empresa donde comprueba todos los requisitos establecidos (Cruz, 2010).
- Capacitación:

La capacitación es el desarrollo que logra una organización, relacionado a las demandas del contexto, incrementando la facultad de aprendizaje entre los integrantes, por medio de habilidades, actitudes y transformaciones de conocimiento, dirigiéndolas a la ejecución para resolver y desafiar los problemas presentados (Guiñazú, 2004).
- Comité: Grupo de personas con cualidades de autoridad y responsabilidad, quienes gestionan la implementación, documentación y evaluación en un proyecto (Cruz, 2010).
- Cronograma de actividades: Listado de actividades para realizar un proyecto en un orden secuencial, donde las personas involucradas pueden visualizar los tiempos de plazos de entrega (Ramírez, 2017).
- Diagrama de Pareto: Según Mahiques, Pellicery, Prades y Verdoy, (2006) sostienen que el diagrama de Pareto es un gráfico de barras que clasifica en orden descendente las causas de un problema donde reconoce los problemas más relevantes y planifica una mejora continua.

- Diagrama Ishikawa: En el año 2010, Arnoletto, señaló respecto al uso del Diagrama Ishikawa donde se hace referencia a un modelo gráfico respecto al vínculo dado con cierto efecto y las causas posibles que lo lleguen a producir.
- Disponibilidad:
 

En el año 2006, Mesa, Ortiz y Manuel, sostuvieron respecto a la disponibilidad, viene a ser la obtención de la seguridad en que un sistema o elemento donde se realizó un mantenimiento, ejecute su labor correctamente en el tiempo correspondiente. En la praxis, la disponibilidad viene a ser el porcentaje dado en un tiempo donde el sistema se encuentra preparado para actuar, se dan en sistemas que actúan interrumpidamente.
- Eficiencia:
 

Eficiencia son los recursos utilizados y el efecto obtenido, por esta razón, es una característica valorada por las organizaciones, puesto que la ejecución tiene como objetivo lograr la meta establecida con la cantidad mínima de recursos y dando un buen uso de esas, enfocando la capacidad para lograrlo (Calvo, J., Pelegrín , A. & Gil , María., 2018).
- Estandarización:
 

La estandarización viene a ser todo aquel comportamiento donde quede normado y registrado documentalmente la ejecución a seguir, tomándose en cuenta distintos aspectos relacionados con la misión del objetivo y las políticas de los métodos. De esta manera la acción lleva una guía (Sosa, 2004).
- Facilitador: Grupo de personas con las cualidades de credibilidad y habilidad para instruir, donde se encargarán de ejecutar la implementación en un proyecto (Cruz, 2010).
- Mantenimiento Correctivo: Actividad imprevista que corrige las fallas de los activos y/o equipos ya sea por reparación o reemplazo, el cual no depende de un plan de mantenimiento, trayendo como consecuencia la falta de stock en los repuestos (Céspedes, 1952).
- Mantenimiento Preventivo:
 

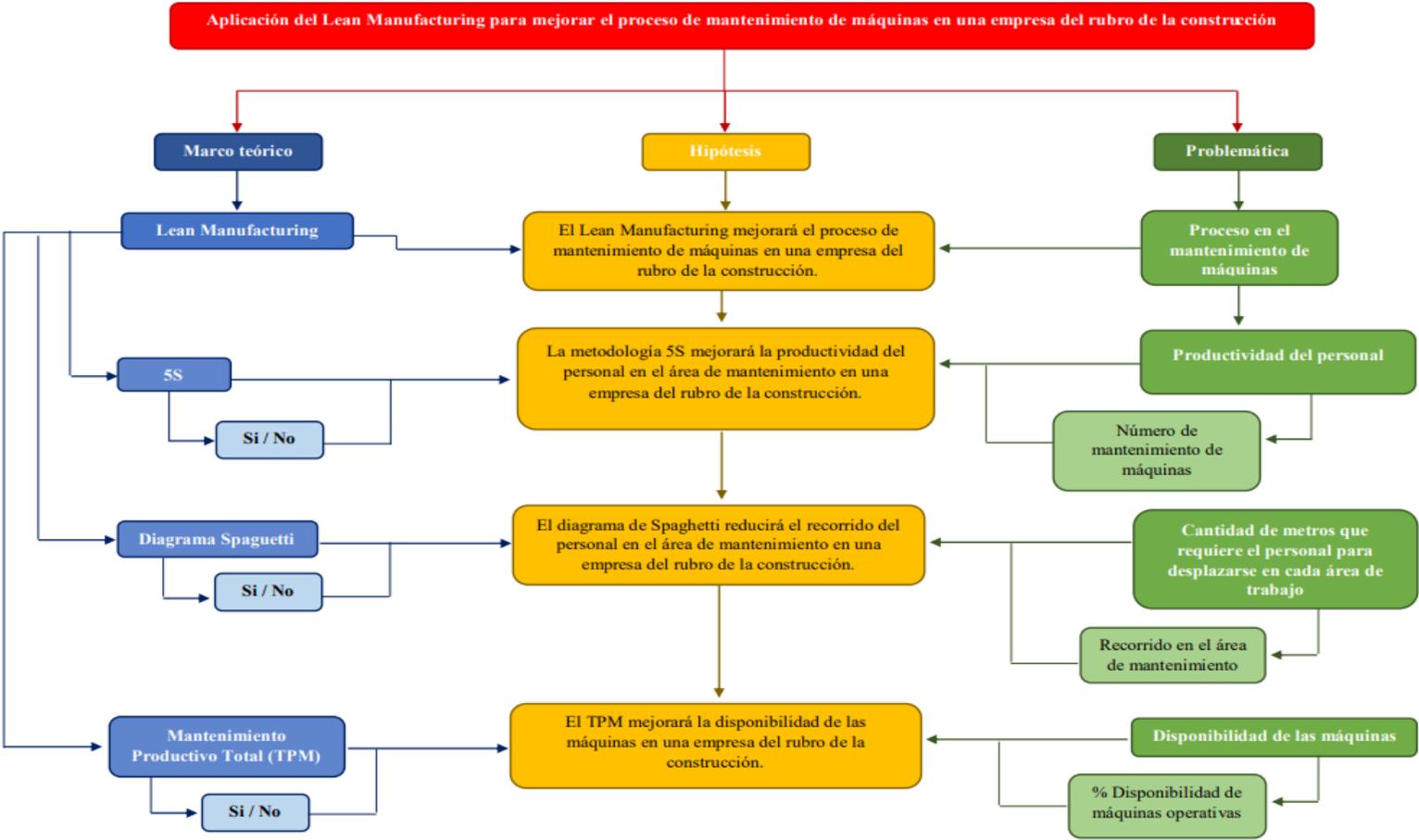
El mantenimiento preventivo permite realizar una estrategia mucho más pertinente hacia un equipo o máquina, mediante unas tareas establecidas, de manera que se logre identificar las posibles causas de un fallo a futuro, modo que se pueda diagnosticar y corregir adecuadamente (Sacristán, 2014).

- **Mantenimiento:**  
 En el año 1996, Williams y Gracey, mencionaron respecto al mantenimiento en lugares en donde se realicen trabajos respecto a las circunstancias de seguridad y trabajo competente que permite cuidar edificios, maquinarias, equipos, por lo que logrará que se ejecuten sus labores debidamente.
- **Metodología:**  
 La metodología forma parte de la ciencia, la cual nos instruye a guiarnos hacia procesos establecidos de forma eficaz y eficiente con el propósito de lograr los resultados anhelados, además nos brinda estrategias para mantenerse durante todo el proceso en desarrollo (Cortés, M. & Iglesias, M., 2004).
- **Planificación:** Proceso sistemático que optimiza el tiempo, prepara la acción de los objetivos e identifica las prioridades para alcanzar un futuro deseado (Martínez, 2012).
- **Proceso:** Secuencia de actividades cuyo objetivo transformar los elementos de entrada en resultados (Pérez, 2010).
- **Productividad:** En el año 2017, Sladogna, indicó respecto a la productividad en la producción de distintos bienes y servicios, son el manejo competente de los recursos tales como el capital, materiales, trabajo, energía, etc.
- **Recorrido:** Desarrollo de actividades que ejecuta una persona en un espacio determinado en un tiempo determinado (Yepes, 2021).
- **Sector de construcción:** Es uno de los de mayor importancia y dinamismo que impulsa la economía del país, por reunir grandes proyectos de infraestructura. (Zamora & Polar, 2022).
- **Vibroapisonador:** Máquinas de construcción que realizan impactos consecutivos para la compactación uniforme de suelos (UNIMAQ, 2023).

2.5 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis

Figura 54:

Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis



Nota. Elaboración propia

## **2.6 Hipótesis**

### **2.6.1 Hipótesis general**

Si se aplica Lean Manufacturing mejorará el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

### **2.6.2 Hipótesis específicas**

- a) Si se aplica la metodología 5'S mejorará la productividad del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.
- b) El diagrama de Spaghetti reducirá el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.
- c) Si se aplica el TPM mejorará la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

## **2.7 Variables**

- Independientes

Lean Manufacturing

- Dependientes

Mantenimiento de máquinas

- Variables dependientes

Productividad del personal

Recorrido en el área de mantenimiento

Disponibilidad de las máquinas

- Indicadores

Tiempo realizado en mantenimiento

Cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en cada área de trabajo

% Disponibilidad de máquinas operativas

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación**

#### Enfoque de la investigación

En el año 2010, Hernández, Fernández y Baptista, apoyan la idea que el enfoque cuantitativo emplea la recolección de información de datos con el objetivo de comprobar la hipótesis con el fundamento en la medición numérica y el análisis estadístico, para instaurar pautas de proceder y probar teorías.

El actual trabajo de investigación tuvo una orientación cuantitativa debido a que se obtuvo datos numéricos respecto a cada una de las variables dependientes mediante los datos recopilados de la empresa, el cual permitió probar las hipótesis que han sido establecidas donde se conoció si los resultados planteados cumplieron con los objetivos propuestos mediante la medición numérica y un análisis estadístico.

#### Tipo de la investigación

En el año 2018, Gebre, menciona respecto a la investigación aplicada, la cual tiene como propósito el buscar el conocimiento por el conocimiento mismo a parte de sus posibles aplicaciones prácticas. Refiere ampliar e indagar nuestro saber de la realidad, en tanto el saber que se procura componer viene a ser un saber científico, la intención será el lograr generalizaciones mayores respecto a hipótesis, leyes y teorías. Adicionalmente el propósito respecto al empleo de los conceptos aprendidos en el tiempo se enlaza con la investigación básica, a causa de que se sujeta de los resultados y hallazgos de los principios científicos para su realización.

La actual investigación correspondió al tipo aplicada, a causa de que tuvo como finalidad la aplicación de conocimientos teóricos y conceptos del Lean Manufacturing para lograr solucionar la problemática de mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas que presenta la empresa, ello se logró con la teoría estudiada y establecida por distintos autores.

#### Nivel de la investigación

En el año 2014, Hernandez et.al., precisó del nivel explicativo como la definición de conceptos o fenómenos o enlace entre conceptos, en otras palabras, están realizados para argumentar por los motivos de los acontecimientos. Su utilidad se enfoca en expresar el motivo por el que se presenta un fenómeno y en qué situación se presenta o la razón en la que se vinculan dos o más variables.

La investigación se desarrolló bajo el nivel explicativo, puesto que se analizó la situación actual de la empresa para contrastar las hipótesis planteadas donde se investigó las causas y efectos que originaron los problemas encontrados en el área.

#### Diseño de la investigación

En el año 2014, Hernandez et.al., indicó respecto al diseño cuasi experimental que utiliza intencionalmente, por lo menos, una variable independiente con el propósito de observar el impacto sobre una o más variables dependientes. A diferencia de los experimentos puros respecto al nivel de seguridad que se logre obtener a cerca de la equivalencia inicial de los grupos.

El diseño de investigación fue de tipo cuasi experimental debido a que se estudiaron las variables independientes para observar, medir y determinar sus efectos en relación a las variables dependientes.

Para el diseño de la investigación cuasi experimental, en la modalidad de series de tiempo se utilizó el siguiente esquema:

$$GE: O_{a1} O_{a2} O_{a3} \dots XO_{d1} O_{d2} O_{d3} \dots$$

Donde:

GE: Grupo de estudio no aleatorio

$O_{a1}$ : Observación 1 antes (pre)

$O_{d1}$ : Observación 1 después (pre)

X: Aplicación de la variable independiente

$O_n$ : Observación o resultado de la variable dependiente

### 3.2 Población y muestra

#### Población

Según Hernandez et.al., como se citó en Lepkowski, 2014, la población “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p. 174).

#### Muestra

En el año 2014, Hernandez et.al., indicó que la muestra es un subconjunto de la población estudiada donde se recogerán datos, además se deben aclarar y detallar con exactitud, asimismo debe ser representativo respecto al total.

Seguidamente, se muestra la población, muestra y unidad de análisis que se emplearán por cada una de las variables dependientes expuestas en la presente investigación.

Variable dependiente 1: Productividad del personal

- Población: Tiempo empleado en realizar mantenimiento a 50 máquinas vibroapisonadores.
- Muestra: Tiempo empleado en realizar mantenimiento para 41 máquinas vibroapisonadores en el periodo de marzo a agosto.
- Unidad de análisis: Una máquina Vibroapisonador

Variable dependiente 2: Recorrido en el área de mantenimiento

- Población: Cantidad de metros de desplazamiento en los 486.40 m2 en el área de mantenimiento.
- Muestra: Cantidad de metros de desplazamiento en el periodo de marzo a agosto.
- Unidad de análisis: Un metro de desplazamiento.

Variable dependiente 3: Disponibilidad de las máquinas

- Población: Disponibilidad de las 50 máquinas vibroapisonadores.
- Muestra: Disponibilidad de 41 máquinas vibroapisonadores en el periodo de marzo a agosto.
- Unidad de análisis: Una máquina Vibroapisonador.

En la tabla 4 se detalla un resumen de la población y muestra, así como la unidad de análisis en una situación pre test y post test.

**Tabla 4:**

*Unidad de análisis, población y muestras PRE y POST por cada una de las variables dependientes*

Variable dependiente	Indicador VD	Población	Muestra PRE	Muestra POST	Unidad de análisis
Productividad del personal	Tiempo en realizar el mantenimiento	Tiempo empleado en realizar mantenimiento a 50 máquinas vibroapisonadores	Tiempo empleado en realizar mantenimiento para 41 máquinas vibroapisonadores en el periodo de marzo a abril	Tiempo empleado en realizar mantenimiento para 41 máquinas vibroapisonadores en el periodo de julio a agosto	Una máquina vibroapisonador

Recorrido en el área de mantenimiento	Cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en cada área de trabajo	Cantidad de metros de desplazamiento en los 486.40 m <sup>2</sup> en el área de mantenimiento	Cantidad de metros de desplazamiento en el periodo de marzo a abril	Cantidad de metros de desplazamiento en el periodo de julio a agosto	Un metro de desplazamiento
Disponibilidad de las máquinas	% Disponibilidad de máquinas operativas	Disponibilidad de las 50 máquinas vibroapisonadoras	Disponibilidad de 41 máquinas vibroapisonadoras en el periodo de marzo a abril	Disponibilidad de cada máquina vibroapisonador en el periodo de julio a agosto	Una máquina vibroapisonadora

*Nota.* Elaboración propia

### 3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.3.1 Técnicas e instrumentos

##### Técnica para recolectar datos

En el año 2018, Arias sostiene respecto a las técnicas de recolección de datos que son las diversas formas de conseguir información mediante la observación directa, encuesta escrita u oral, entrevista, cuestionario, análisis documental, análisis de contenido y demás.

##### Instrumentos para la recolección de datos

En el año 2012, Arias planteó respecto al instrumento a fin de recolectar datos se emplea mediante algún recurso, dispositivo o formato, ya sea en papel o digital con el propósito de conseguir, anotar o guardar datos.

Las técnicas que se emplearon en el presente trabajo de investigación de las 3 variables fueron dos, las cuales son:

##### Análisis documental

El análisis documental es donde se extrae un conjunto de ideas informativamente relevantes del documento para ser descritas y representadas para así facilitar el acceso a los originales (Rubio, 2020).

### Observación directa

El investigador observa y obtiene información del asunto a estudio en su estado natural, por lo tanto, mantiene el marco referencial de la situación tal cual, se aparta físicamente de la población de estudio y se permite que ellos realicen sus actividades frecuentes (Arias, 2020).

A fin de recolectar los datos para las tres variables, se emplearon dos instrumentos, las cuales son:

#### Registros de contenido del documento

Los registros de contenido de documento es toda la información de la empresa cuyo objetivo es tener un control y garantizar que los datos sean originales, brindando así seguridad e integridad de todas las actividades que se realicen dentro de la organización durante un periodo de tiempo (SAP Concur, 2023).

#### Registro de observación

En el año 2000, Martínez sostuvo que el registro de observación se realiza en base a una realidad, donde se determina un propósito de estudio. Además, tanto la observación, así como el registro se plasma en el terreno donde la experiencia y la intencionalidad del investigador predominan sus cuestionamientos.

Las técnicas e instrumentos utilizados por cada variable se detallan en la tabla 5.

**Tabla 5:**

*Técnicas e instrumentos*

Variable dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Productividad del personal	Tiempo en realizar el mantenimiento	Análisis documental	Registro de contenido del tiempo en realizar el mantenimiento
Recorrido en el área de mantenimiento	Cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en cada área de trabajo	Observación directa	Registro de observación de la cantidad de metros de desplazamiento del personal
Disponibilidad de las máquinas	% Disponibilidad de máquinas operativas	Análisis documental	Registro de contenido de disponibilidad de máquinas

*Nota.* Elaboración propia

### **3.3.2 Criterio de validez y confiabilidad**

#### Criterio de validez

En el año 2008, Vara-Horna sostuvo respecto al criterio de validez que viene a ser el valor donde un instrumento busca medir una variable para predecir un resultado.

#### Criterio de confiabilidad

En el año 2008, Vara-Horna sustentó en relación al criterio de confiabilidad que es el grado en que el resultado de la investigación será la misma respuesta con la misma exactitud y relación a través de un instrumento para el mismo sujeto, objeto o situación.

Respecto a la técnica e instrumentos mencionados se definió que el criterio de validez y de confiabilidad es la misma para los dos instrumentos, los cuales se encontraban aprobados por la empresa en investigación, a causa de que se evidenció todas las actividades que se realizaban en un momento determinado del tiempo.

### **3.3.3 Procedimientos para la recolección de datos**

Respecto a las técnicas de recolección de datos para las tres variables específicas se tuvo el análisis documental donde se realizó formatos adjuntos para registrar toma de tiempos, también mediante la observación directa se elaboró el Diagrama de Spaghetti donde se utilizó el instrumento Redline para medir la distancias respecto al recorrido en el área, además a través del análisis documental se elaboró formatos para registrar toma de tiempos y obtener el resultado respecto a la disponibilidad de maquinarias.

Posteriormente se trasladó la información a un formato Excel para la realización de la estadística descriptiva, elaborando cuadros de frecuencia y la obtención de medias, medianas y modas la cual sirvió a fin del análisis respectivo.

Complementariamente se hizo uso del programa SPSS versión 29 con el propósito de contrastar el aceptar o rechazar la hipótesis de estudio, dando uso a estadísticos inferenciales.

## **3.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos**

A continuación, en la tabla 6 se menciona la descripción de procedimiento de análisis de datos.

**Tabla 6:***Descripción de procedimientos de análisis de datos*

Variable	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Productividad del personal	Tiempo en realizar el mantenimiento	Escala de razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	T Student para muestras no relacionadas
Recorrido en el área de mantenimiento	Cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en cada área de trabajo	Escala de razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	T Student para muestras no relacionadas
Disponibilidad de las máquinas	% Disponibilidad de máquinas operativas	Escala de razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	T Student para muestras no relacionadas

*Nota.* Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Presentación de resultados

#### 4.4.1 Generalidades de la empresa

La empresa en estudio se dedica al rubro de construcción, brindando el servicio de instalaciones de redes de gas y electricidad desde el 2012 en Perú, siendo la representación de su casa matriz Profesionales Asociados LTDA ubicada en Colombia. Actualmente, la empresa cuenta con un área de mantenimiento y activos ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, siendo esta nuestro enfoque para el presente trabajo de investigación. Ver figura 55.

#### Figura 55:

*Área de Mantenimiento y Activos*



*Nota.* Google Maps

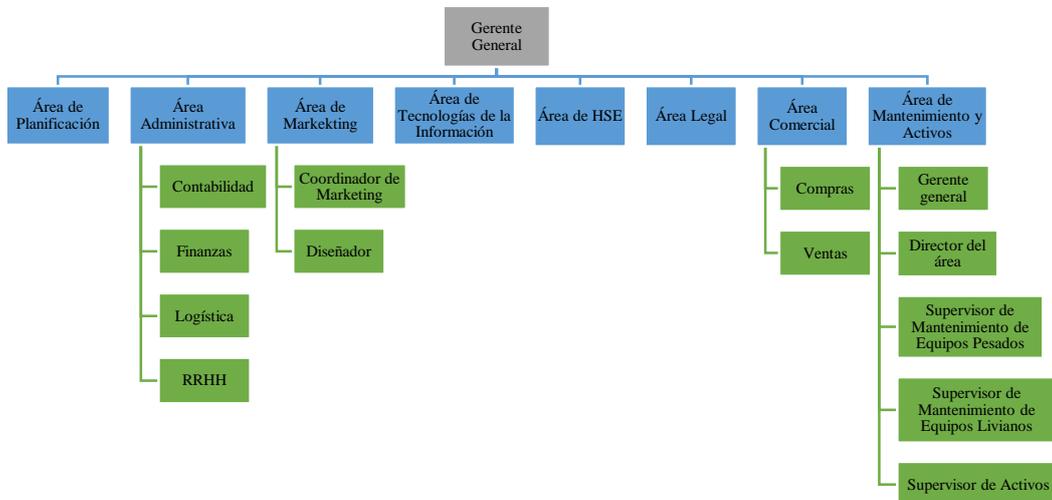
Misión: Ser reconocido por los clientes como un grupo económico distinguido, a causa de ser la más conveniente alternativa respecto al progreso de proyectos de ingeniería y construcción de manera nacional, logrando complacer a los clientes, además formar un ambiente agradable y de calidad con los colaboradores.

Visión: Somos una empresa certificada por las normas ISO 9001, 14001, 45001 donde buscamos el desarrollo y crecimiento de nuestro país. Garantizando cada día la satisfacción y bienestar de nuestros clientes y proveedores.

En la figura 56 se muestra el organigrama de la empresa.

**Figura 56:**

*Organigrama de la empresa*



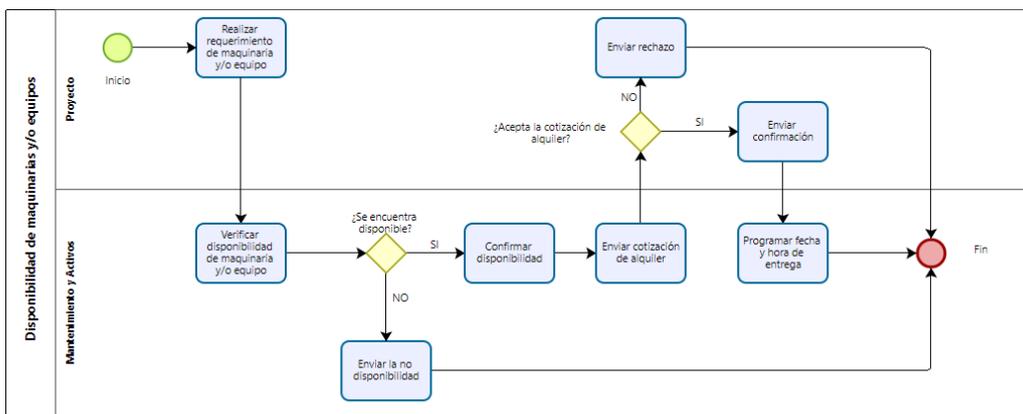
Nota. Empresa P.A. PERU S.A.C.

#### 4.4.2 Diagnóstico actual de la empresa

Los proyectos eléctricos y de gas de la empresa P.A. Perú S.A.C. solicitan disponibilidad de maquinarias y equipos menores al área de mantenimiento y activos. El área verificada la disponibilidad en su valorizado de alquileres y envía la cotización de alquiler por correo electrónico. Posteriormente, el proyecto decide si está de acuerdo con el valorizado consecuentemente si la respuesta es afirmativa se coordina la fecha y hora de entrega. Ver figura 57.

**Figura 57:**

*Procedimiento para la disponibilidad de maquinarias y/o equipos*



Nota. Elaboración propia

La empresa vino presentando algunas ineficiencias con la falta de disponibilidad de sus maquinarias y/o equipos a causa de la baja productividad y el exceso de recorrido en su puesto de trabajo del personal técnico.

Se observó como primer problema la baja productividad del personal técnico, debido al desorden en su área de trabajo y a su vez en el almacén del área de mantenimiento y activos. Como segundo problema se observó el exceso de recorrido en el puesto de trabajo debido a que las máquinas no estaban agrupadas según el tipo de familia y los materiales desechables no contaban con una distribución adecuada generando así obstrucción del paso del personal. Por último, el tercer problema fue la baja disponibilidad de las máquinas debido a la ausencia de capacitaciones del personal y no contaban con un cronograma adecuado de mantenimiento.

En la empresa P.A. Perú S.A.C. se aplicó Lean Manufacturing para mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas. Durante este proceso se propuso como objetivo mejorar la productividad del personal, reducir el recorrido en su área de trabajo y aumentar la disponibilidad de las máquinas. Por lo tanto, se aplicó 5S, diagrama Spaguetti y TPM. Para la aplicación se empleó registros documentarios y de observación.

### **Objetivo específico 1**

Aplicar la metodología 5S para mejorar la productividad del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

### **Situación Pre – Test**

La situación pre, antes de realizar la aplicación de la primera variable independiente se identificó el desorden en su área de trabajo y en el almacén del área de mantenimiento y activos.

Se observó que los operarios colocaban sus herramientas, equipos de protección personal, repuestos y comida en su mesa de trabajo. (Ver figura 58). Además, no contaban con tachos de desecho según por clasificación. Por último, el almacén de mantenimiento y activos se encontraba en un solo ambiente generando desorden y falta de limpieza.

Ante lo mencionado, esto ocasionaba que el operario ocupe mayor tiempo de trabajo en buscar las herramientas o el material a emplear ya sea en su mesa de trabajo o en el almacén trayendo como consecuencia mayor tiempo en realizar un mantenimiento a los equipos.

### Figura 58:

*Desorden en la mesa de trabajo*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

### Muestras Antes

Se consideró una muestra de 41 máquinas vibroapisonadores, donde se recolectó información durante seis semanas desde el 6 de marzo hasta el 15 de abril sobre el tiempo realizado de mantenimiento en minutos.

Independientemente cada información obtenida sobre el tiempo realizado de mantenimiento diario en cada semana fue promediada, generando así seis valores. En la tabla 6, se obtuvo la recolección de datos pre test del tiempo realizado de mantenimiento en minutos del total de máquinas que ingresaron por cada semana.

### Tabla 7:

*Datos Pre Test del objetivo específico 1*

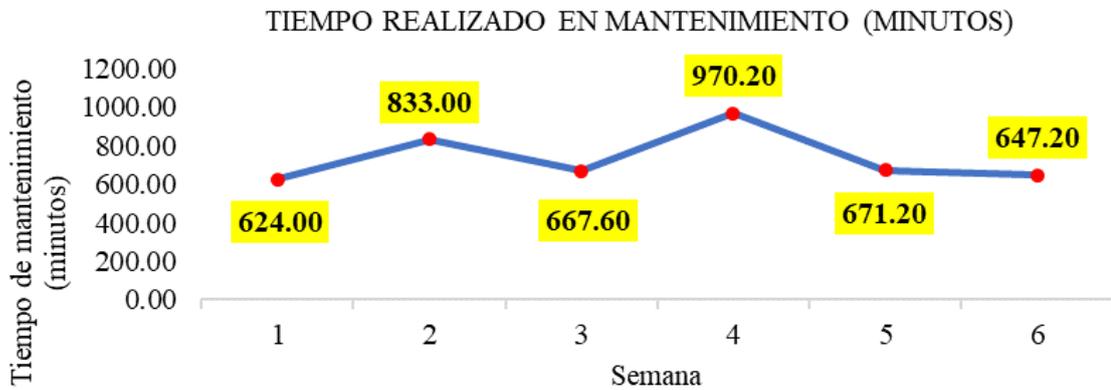
Datos Pre Test	Tiempo realizado en mantenimiento (minutos)
Semana 1	624,00
Semana 2	833,00
Semana 3	667,60
Semana 4	972,20
Semana 5	671,20
Semana 6	647,20
<b>Promedio</b>	<b>735,53</b>

*Nota.* Elaboración propia

A continuación, en la figura 59 se muestra la tendencia del tiempo realizado de mantenimiento en minutos durante las seis semanas.

**Figura 59:**

*Tiempo realizado de mantenimiento en minutos durante seis semanas*



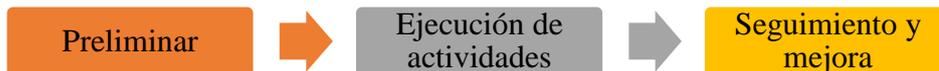
*Nota.* Elaboración propia

### Aplicación de la teoría

En el primer objetivo específico se aplicó las 5S en tres fases: Preliminar, ejecución de actividades, seguimiento y mejora, como se observa en la figura 60.

**Figura 60:**

*Fases de las 5S*



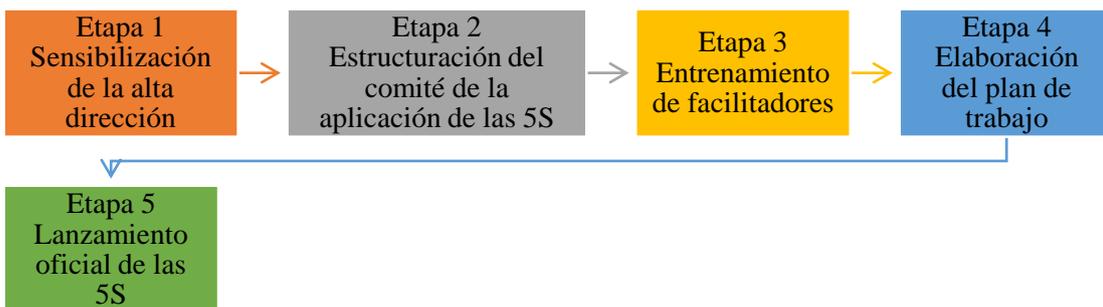
*Nota.* Elaboración propia

Fase 1: Preliminar

En la figura 61, se detalla gráficamente las etapas de la primera fase de la implementación.

**Figura 61:**

*Etapas de la fase preliminar*



*Nota.* Elaboración propia

### Etapa 1: Sensibilización de la alta dirección

Se realizó una reunión para la implementación de las 5S en el área de mantenimiento, ver figura 62, ya que son las personas que dieron la autorización para los recursos necesarios para la implementación. Esta primera etapa se realizó en la semana 7.

En la reunión se abarcó el tema sobre la baja productividad del personal mencionando las causas y consecuencias que traída consigo. Además, sobre la cantidad de horas hombre que se emplearían para la capacitación e implementación, ver tabla 8, asimismo sobre la inversión económica, ver tabla 9, y los beneficios que se obtendrían luego de ello como el aumento de la productividad del personal en realizar el mantenimiento a las máquinas. Por último, se firmó un acta de compromiso por parte de la alta dirección. Ver anexo D.

### Figura 62:

*Alta dirección*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

### Tabla 8:

*Cantidad de horas hombre empleadas para la implementación de las 5S*

	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
<b>CAPACITACIÓN</b>				
Gerente	7.5	3	2	0
Director	7.5	3	2	0
Supervisores	7.5	3	2	0
Personal Administrativo	7.5	3	2	0

Técnicos	7.5	3	2	0
<b>IMPLEMENTACIÓN</b>				
Gerente	10	3	0	0
Director	10	3	0	0
Supervisores	62	8	10	0
Personal Administrativo	44	8	6	2
Técnicos	37	17	16.5	5.5
<b>TOTAL DE HORAS</b>	<b>200.5</b>	<b>54.00</b>	<b>42.5</b>	<b>7.5</b>

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 9:**

*Inversión económica para la implementación de las 5S*

	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>
<b>COSTO TOTAL DE OFICINA</b>	<b>-S/ 85.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>
Archivadores (10 uds.)	-S/ 45.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Hojas Bond (2 paq.)	-S/ 40.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
<b>COSTO TOTAL DE ARTÍCULOS DE FERRETERÍA</b>	<b>-S/ 343.50</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>
Spray (2 uds.)	-S/ 14.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Caja de herramientas (5 uds.)	-S/ 329.50	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
<b>COSTO TOTAL DE ARTÍCULOS DE LIMPIEZA</b>	<b>-S/ 46.00</b>	<b>-S/ 10.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>-S/ 10.00</b>
Bolsas de basura (100 uds.)	-S/ 10.00	-S/ 10.00	S/ 0.00	-S/ 10.00
Escoba (3 uds.)	-S/ 36.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
<b>COSTO TOTAL DE PROVEEDORES</b>	<b>-S/ 905.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>
Tarjetas rojas (50 uds.)	-S/ 105.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Separación de almacén	-S/ 800.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>-S/ 7,658.27</b>	<b>-S/ 934.53</b>	<b>-S/ 713.15</b>	<b>-S/ 82.64</b>

*Nota.* Elaboración propia

Las personas involucradas de la alta dirección, está compuesta por el gerente general, director del área, supervisor de mantenimiento de máquinas livianas, supervisor de mantenimiento de máquinas pesadas y el supervisor de activos, como se visualiza en la figura 63.

**Figura 63:**

*Jerarquía del Área de Mantenimiento*



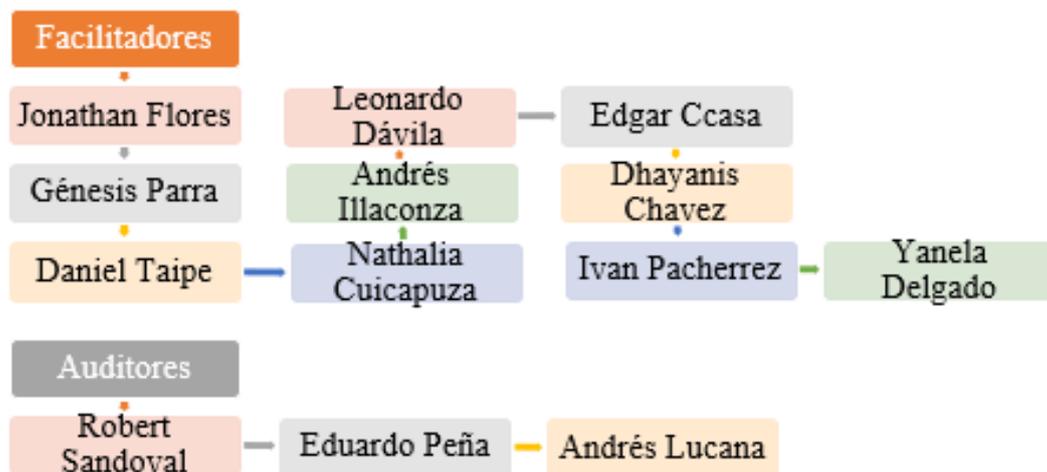
*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

Etapa 2: Estructuración del comité de la aplicación de las 5S

En la segunda etapa de la primera fase se formó el comité para la implementación de las 5S, el cual está compuesto por los facilitadores y auditores internos, como se visualiza en la figura 64. Esta segunda etapa se realizó en la semana 7.

**Figura 64:**

*Comité de las 5S*



*Nota.* Elaboración propia

Los integrantes de los facilitadores están compuestos por el personal técnico y administrativo quienes realizaron el orden, limpieza y el mantenimiento de las máquinas, los cuales son:

- Facilitador 1: Jonathan Flores
- Facilitador 2: Daniel Taipe
- Facilitador 3: Andrés Illaconza
- Facilitador 4: Edgar Ccasa
- Facilitador 5: Ivan Pacherez
- Facilitador 6: Génesis Parra
- Facilitador 7: Nathalia Cuicapuza
- Facilitador 8: Leonardo Dávila
- Facilitador 9: Dhayanis Chavez
- Facilitador 10: Yanela Delgado

Los auditores internos están compuestos por los supervisores de mantenimiento y activos, los cuales son:

- Auditor 1: Robert Sandoval
- Auditor 2: Eduardo Peña
- Auditor 3: Andrés Lucana

### Etapa 3: Entrenamiento de facilitadores

En el entrenamiento de los facilitadores se realizó una capacitación informativa sobre la implementación de las 5S, como se observa en la figura 65. Esta tercera semana se realizó en la semana 7.

#### **Figura 65:**

*Capacitación informativa de las 5S*

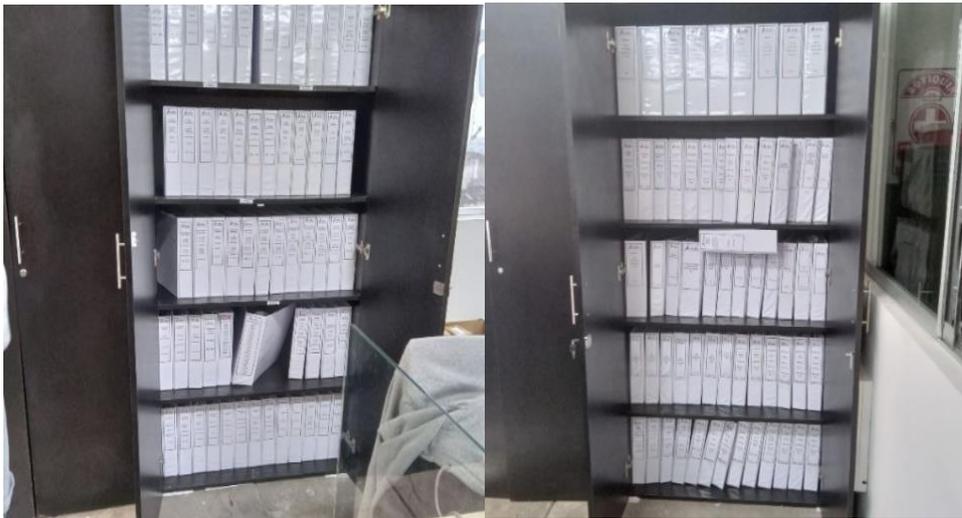


*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

En la capacitación se abordó el tema del desorden del almacén de mantenimiento y activos, el desorden y falta de limpieza en su área de trabajo. Además, la mala ubicación de los documentos controlados de las máquinas en los armarios, ya que estas no estaban agrupadas por el tipo de maquinaria, tal como se observa en la figura 66.

**Figura 66:**

*Armarios administrativos*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Etapa 4: Elaboración del plan de trabajo**

En la tabla 10, se observa el cronograma de las actividades que se realizó para la implementación de las 5S el cual se detalla desde la semana 7 hasta la 18. Esta penúltima etapa se realizó en la semana 7.

**Tabla 10:**

*Cronograma de actividades*

ACTIVIDADES	SEMANAS												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<b>FASE 1: PRELIMINAR</b>													
Etapa 1: Sensibilización de la alta dirección	X												
Etapa 2: Estructuración del comité de la aplicación de las 5S	X												
Etapa 3: Entrenamiento de facilitadores	X												
Etapa 4: Elaboración del plan de trabajo	X												
Etapa 5: Lanzamiento oficial de las 5S	X												

**FASE 2: EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES**

Etapa 1: Implementación del Seiri

X X

Etapa 2: Implementación del Seiton

X X

Etapa 3: Implementación del Seiso

X X X X X X X X X X X

Etapa 4: Implementación del Seiketsu

X X X X X X X X X X X

Etapa 5: Implementación del Shitsuke

X X X X X X X X X X X

**FASE 3: SEGUIMIENTO Y MEJORA**

Etapa 1: Establecimiento de plan de seguimiento

X X X X X X X X X

Etapa 2: Realización de las evaluaciones

X X X X X X X X X

*Nota.* Elaboración propia

Etapa 5: Lanzamiento oficial de las 5S

En esta etapa se realizó el anuncio oficial de la implementación de las 5S con la presencia del gerente general, director del área, supervisores, administrativos y técnicos. Esta última etapa se realizó en la semana 7.

Fase 2: Ejecución de actividades

En la figura 67, se detalla gráficamente las cinco etapas de la segunda fase de la implementación. Esta segunda fase, se ejecutó desde la semana 7 hasta la 18.

**Figura 67:**

*Las cinco etapas de la ejecución de actividades*



*Nota.* Elaboración propia

### Etapa 1: Implementación del Seiri / Clasificación

Previamente, antes de iniciar labores se realizó una breve capacitación de una hora y media reforzando el concepto y las actividades asignadas, las cuales fueron realizadas durante la semana 7.

Esta primera etapa de la implementación fue la más importante, puesto que se identificó las áreas críticas donde se realizó la implementación las cuales fueron el taller de mantenimiento y el almacén de mantenimiento y activos.

En el taller de mantenimiento los equipos de baja, no tenían una identificación para poder diferenciarlos. Adicionalmente, en las mesas de trabajo de los técnicos se encontraban sus herramientas asignadas en desorden y algunas en mal estado. Para ello, se utilizó las tarjetas rojas para identificar los equipos de baja y las herramientas que se encontraban en mal estado, esto permitió poder desecharlos. Ver figura 68 y 69. En esta primera instancia estuvo compuesta por 3 facilitadores: Jonathan Flores, Daniel Taipe y Andrés Illaconza a cargo de del auditor Robert Sandoval.

#### **Figura 68:**

*Clasificación de tarjetas rojas*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Figura 69:**

*Tarjeta roja*

**P.A. PERU S.A.C.** TARJETA ROJA

Fecha: 20-04-23  
Área: Taller, MTR  
Descripción: Cortadora de concreto  
Marca: DYNAMIC  
Modelo: CC1218  
N° Serie: 2012315516

**ACCIÓN SUGERIDA**

- Agrupar en espacio separado
- Eliminar
- Reubicar
- Reparar
- Reciclar
- De Baja

Comentario: DNE DE BAJA

Fecha p/concluir acción: 20-04-23

*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

Por otro lado, en el almacén de mantenimiento y activos, no se podía ubicar rápidamente los equipos menores; amoladoras, sierras circulares, cortadoras de concreto, etc; equipos de medición, repuestos, botiquines, kits de anti derrames, extintores, camillas, muebles y enseres. Para ello, se dividió el almacén en dos partes: Almacén de mantenimiento y almacén de activos, esto se dio con la autorización del director del área. Ver figura 70. Esta división se realizó con personal externo de la empresa.

**Figura 70:**

*División del almacén – Almacén de mantenimiento y Almacén de activos*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

## Etapa 2: Implementación del Seiton / Orden

Finalizada la primera etapa, antes de iniciar labores se realizó una breve capacitación de una hora y media reforzando el concepto y las actividades asignadas, las cuales fueron realizadas durante la semana 7. Seguidamente, en el taller de mantenimiento se procedió a agrupar todos los equipos según por el tipo de familia, el personal a cargo estuvo compuesto por dos facilitadores: Egdar Ccasa e Ivan Pacherez y por el auditor Eduardo Peña. Permitiendo así que haya un espacio libre para el ingreso de vehículos o equipos cuando se requiera un mantenimiento. Asimismo, se le asignó a cada técnico una caja de herramientas para que así puedan guardar cada herramienta que se le ha asignado, trayendo como consecuencia un menor tiempo de búsqueda de ellas.

Luego de la división del almacén, el siguiente paso fue el orden en el almacén de mantenimiento donde se colocó cada equipo menor, repuestos, botiquines, kits de anti derrame, extintores en un lugar determinado según la frecuencia de uso como se observa en la figura 71. Seguidamente, en el almacén de activos se realizó el orden de cada objeto según su clasificación. Ver figura 72 y 73. Esta actividad estuvo a cargo 5 facilitadores: Génesis Parra, Nathalia Cuicapuza, Leonardo Dávila, Dhayanis Chavez y Yanela Delgado y un auditor: Andrés Lucana.

### **Figura 71:**

*Orden del almacén de mantenimiento*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Figura 72:**

*Orden del almacén de activos antes*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Figura 73:**



*Orden del almacén de activos después*

*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

Por último, se realizó el orden de las carpetas administrativas en la oficina según el grupo de familia que pertenecen los equipos como se visualiza en la figura 74, donde el personal a cargo fue de dos facilitadores: Yanela Delgado y Dhayanis Chavez.

**Figura 74:**

*Orden de carpetas administrativas según el grupo de familia de equipos*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Etapa 3: Implementación del Seiso / Limpieza**

En esta etapa se planificó las actividades de limpieza del taller y almacenes. Ver figura 75. Para ello, se realizó grupos de tres de los facilitadores como se visualiza en la tabla 11 y de forma gráfica en la figura 76. La inspección estuvo a cargo de los supervisores, quienes son los auditores. Esta actividad se realizó durante las semanas 8 y 18.

**Figura 75:**

*Limpieza del taller*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Tabla 11:**

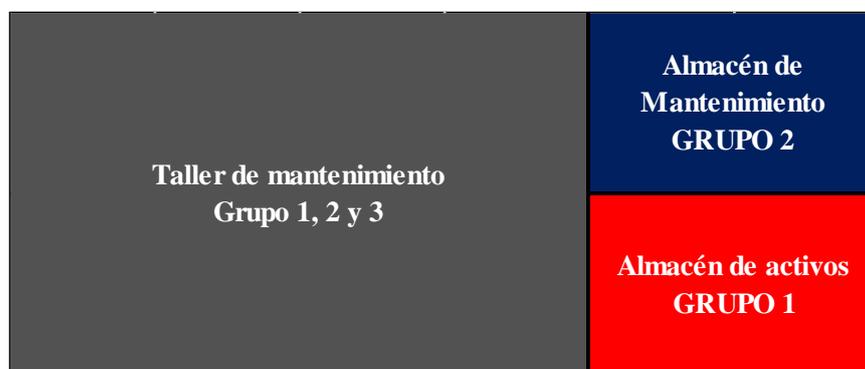
*Lista de limpieza por área y grupo de facilitadores*

Grupo	Auditor	Facilitador	Área
1	Andrés Lucana	Génesis Parra	Almacén de activos y taller de mantenimiento
		Nathalia Cuicapuza	
		Leonardo Dávila	
		Dhayanis Chavez	
		Yanela Delgado	
2	Robert Sandoval	Jonathan Flores	Almacén de mantenimiento y taller de mantenimiento
		Daniel Taipe	
		Andrés Illaconza	
3	Eduardo Peña	Edgar Ccasa	Taller de mantenimiento
		Ivan Pacherez	

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 76:**

*Asignación de grupos para la limpieza del área*



*Nota.* Elaboración propia

Una vez culminada la limpieza en el taller y almacenes, se elaboró una tabla de asignación de responsabilidad mensual de limpieza para el taller de mantenimiento, almacén de mantenimiento y el almacén de activos, como se visualiza en la figura 77.

**Figura 77:**

*Asignación de responsabilidades mensual*

Personal a cargo	MAYO																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Jonathan Flores		■				■		■					■							■					■							■
Daniel Taipe			■						■				■			■					■						■					
Andrés Illaconza				■						■						■					■							■				
Edgar Ccasa				■							■						■						■					■				
Ivan Pacherez					■							■						■						■							■	
Dhayanis Chavez						■															■											
Yanela Delgado													■															■				

Leyenda:

- Limpieza del taller de mantenimiento
- Limpieza del almacen de mantenimiento
- Limpieza del almacen de activos

*Nota.* Elaboración propia

Donde la limpieza del taller de mantenimiento se realizará todos los días 30 minutos antes de terminar la jornada laboral. Seguidamente, la limpieza del almacén de mantenimiento se realizará todos los sábados con una duración de 1 hora. Por último, la limpieza del almacén de activos se realizará todos los sábados con una duración de una hora.

#### Etapa 4: Implementación del Seiketsu / Estandarización

Finalizada las tres primeras etapas; Seiri, Seiton y Seiso; se realizó las auditorías internas por parte de los supervisores, las cuales fueron realizadas todos los viernes de cada semana.

#### Etapa 5: Implementación del Shitsuke / Disciplina

En la última etapa de la implementación de 5S, se definieron las actividades que tiene cada personal. Asimismo, reforzar con más capacitaciones sobre la implementación para un buen seguimiento y mejora, el cual se realizó todos los lunes cada dos semanas. Para ello, se realizó un cronograma de actividades que se actualizará mensualmente, como se observa en la figura 78.

**Figura 78:**

*Cronograma de actividades mensual*

Personal a cargo	MAYO																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Jonathan Flores		■				■		■				■							■					■								■
Daniel Taipe			■						■			■			■					■						■						
Andrés Illaconza				■						■					■					■								■				
Edgar Ccasa					■						■					■							■					■				
Ivan Pacherez						■						■					■							■							■	
Dhayanis Chavez	■				■															■											■	
Yanela Delgado												■			■													■				
Robert Sandoval					■																						■					
Eduardo Peña												■																				
Andrés Lucana																																

Leyenda:

- Limpieza del taller de mantenimiento
- Limpieza del almacen de mantenimiento
- Limpieza del almacen de activos
- Auditorías
- Capacitaciones

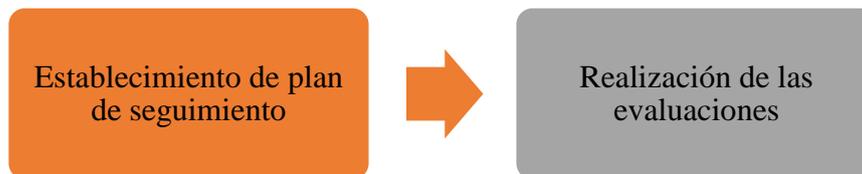
*Nota.* Elaboración propia

Fase 3: Seguimiento y mejora

En la figura 79, se detalla gráficamente las etapas de la última fase de la implementación.

La última fase se realizó durante las semanas 10 y 18.

**Figura 79:**



*Etapas de seguimiento y mejora*

*Nota.* Elaboración propia

Etapa 1: Establecimiento de plan de seguimiento de las 5S

En esta etapa se aprobó un plan de incentivo para incentivar y reconocer el esfuerzo de todos los miembros del área.

Etapa 2: Realización de las evaluaciones

En esta etapa cada supervisor debe seguir realizando las auditorías internas para un buen seguimiento y mejora de la implementación, las cuales se realizarán todos los lunes de cada semana.

### **Situación Post – Test**

Finalizada la implementación de las 5S, se recopiló nuevamente el tiempo realizado de mantenimiento en minutos durante las siguientes 6 semanas, ver tabla 12, observándose que se logró más orden y organización en el área de trabajo, de esta forma el personal se encontró más motivado para ejecutar sus actividades, generando un mejor trato y ambiente laboral, todo ello conllevó a la mejora de la productividad del personal reduciendo el tiempo de ejecución de un mantenimiento en una máquina vibroapisonadora.

En la tabla 13, se observa la diferencia de datos pre test y post test del tiempo realizado en mantenimiento. Además, en la figura 80 se observa el promedio semanal de los datos pre test y post test con una diferencia de 618,80 minutos, adicionalmente se visualiza la evolución del tiempo de mantenimiento semanal durante la implementación.

#### **Tabla 12:**

*Datos Post Test del objetivo específico 1*

Datos Post Test	Tiempo realizado en mantenimiento (minutos)
Semana 19	115,60
Semana 20	158,00
Semana 21	149,40
Semana 22	128,40
Semana 23	129,40
Semana 24	127,20
<b>Promedio</b>	<b>134,73</b>

*Nota.* Elaboración propia

#### **Tabla 13:**

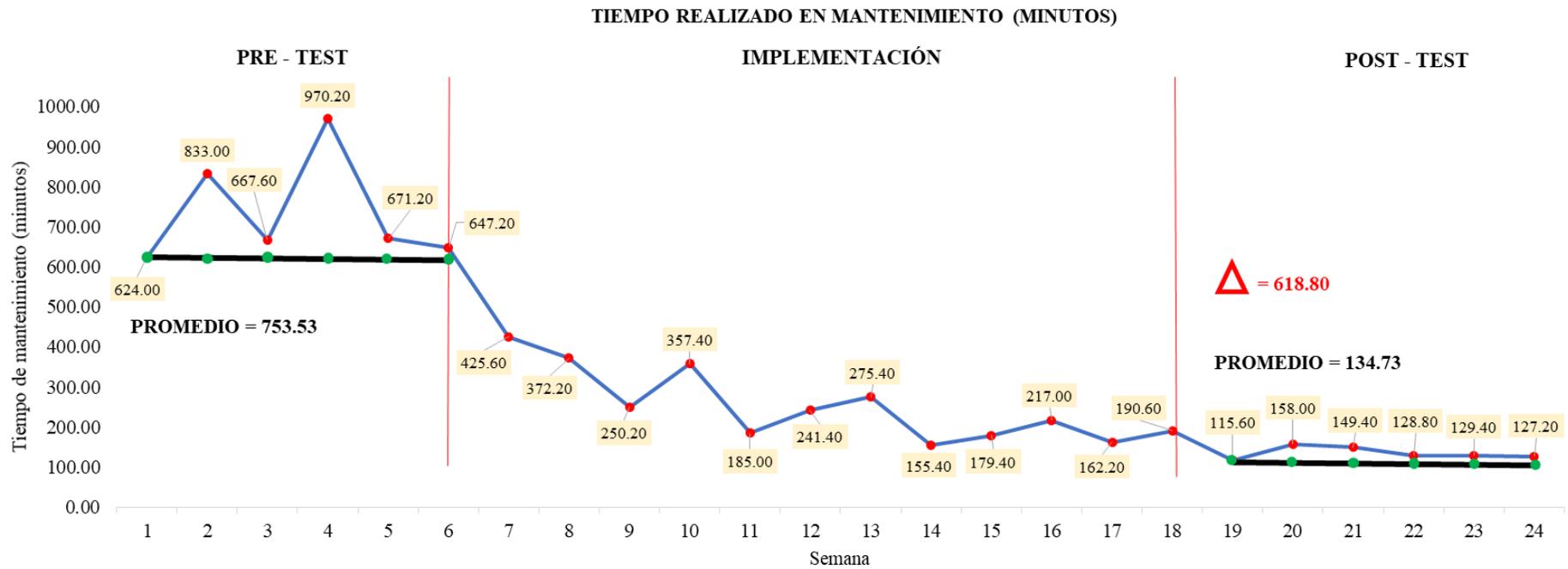
*Cuadro comparativo de datos pre y post test de la primera variable independiente*

Datos	Promedio
Pre Test	735,53 minutos
Post Test	134,73 minutos

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 80:**

*Datos pre test, implementación y post test de la primera variable independiente*



*Nota.* Elaboración propia

## **Objetivo específico 2**

Aplicar el diagrama de Spaghetti para reducir el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

### **Situación Pre – Test**

La situación pre, antes de realizar la aplicación de la segunda variable independiente se identificó la cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en el área de trabajo.

Se observó que los operarios realizan un mayor recorrido para realizar el mantenimiento a una máquina, debido a que estas máquinas estaban mal agrupadas y no contaban con una buena distribución. Ante lo mencionado, esto ocasionaba que el operario realice una mayor cantidad de recorrido en metros. Ver anexo E.

### **Muestras Antes**

Se consideró una muestra de 41 máquinas vibroapisonadores, donde se recolectó información durante seis semanas desde el 6 de marzo hasta el 15 de abril sobre la cantidad de metros que recorre el personal para desplazarse.

Independientemente cada información obtenida sobre los metros recorridos del personal diario en cada semana fue promediada, generando así seis valores.

En la tabla 14, se obtuvo la recolección de datos pre test de la cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en el área de trabajo del total de máquinas que ingresaron por cada semana.

**Tabla 14:**

*Datos pre test del objetivo específico 2*

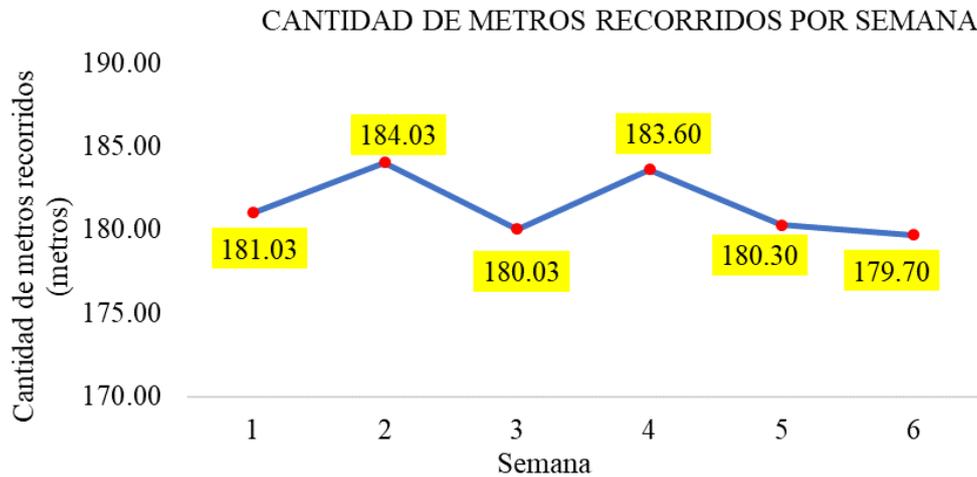
Datos Pre Test	Cantidad de metros de recorrido
Semana 1	181,03
Semana 2	184,03
Semana 3	180,03
Semana 4	183,60
Semana 5	180,30
Semana 6	179,70
<b>Promedio</b>	<b>181,45</b>

*Nota.* Elaboración propia

A continuación, en la figura 81 se muestra la tendencia del recorrido que requiere el personal para desplazarse.

**Figura 81:**

*Cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en el área de trabajo*



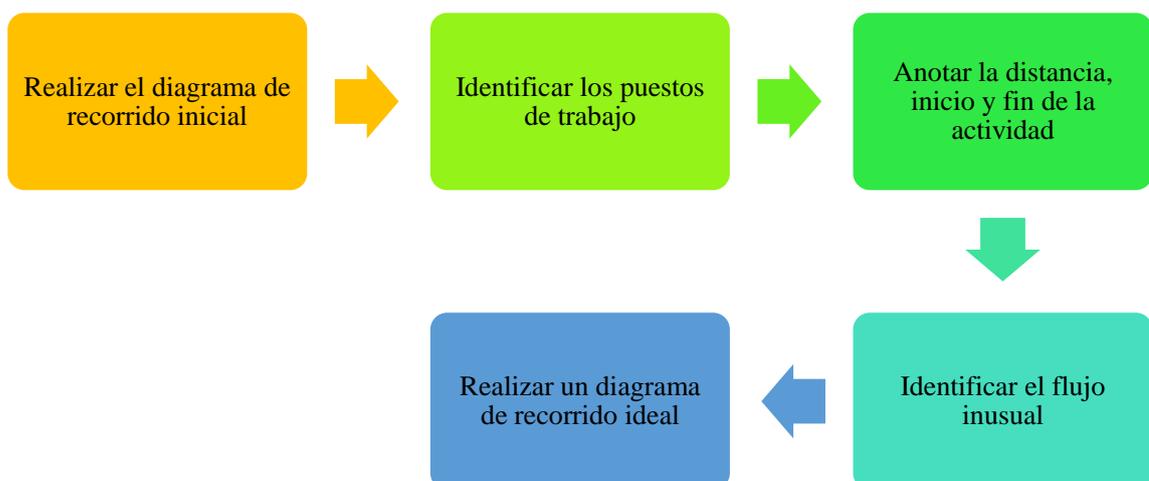
*Nota.* Elaboración propia

### **Aplicación de la teoría**

En el segundo objetivo específico se aplicó el diagrama Spaguetti en cinco pasos, como se observa en la figura 82.

**Figura 82:**

*Pasos para aplicar el diagrama de Spaguetti*



*Nota.* Elaboración propia

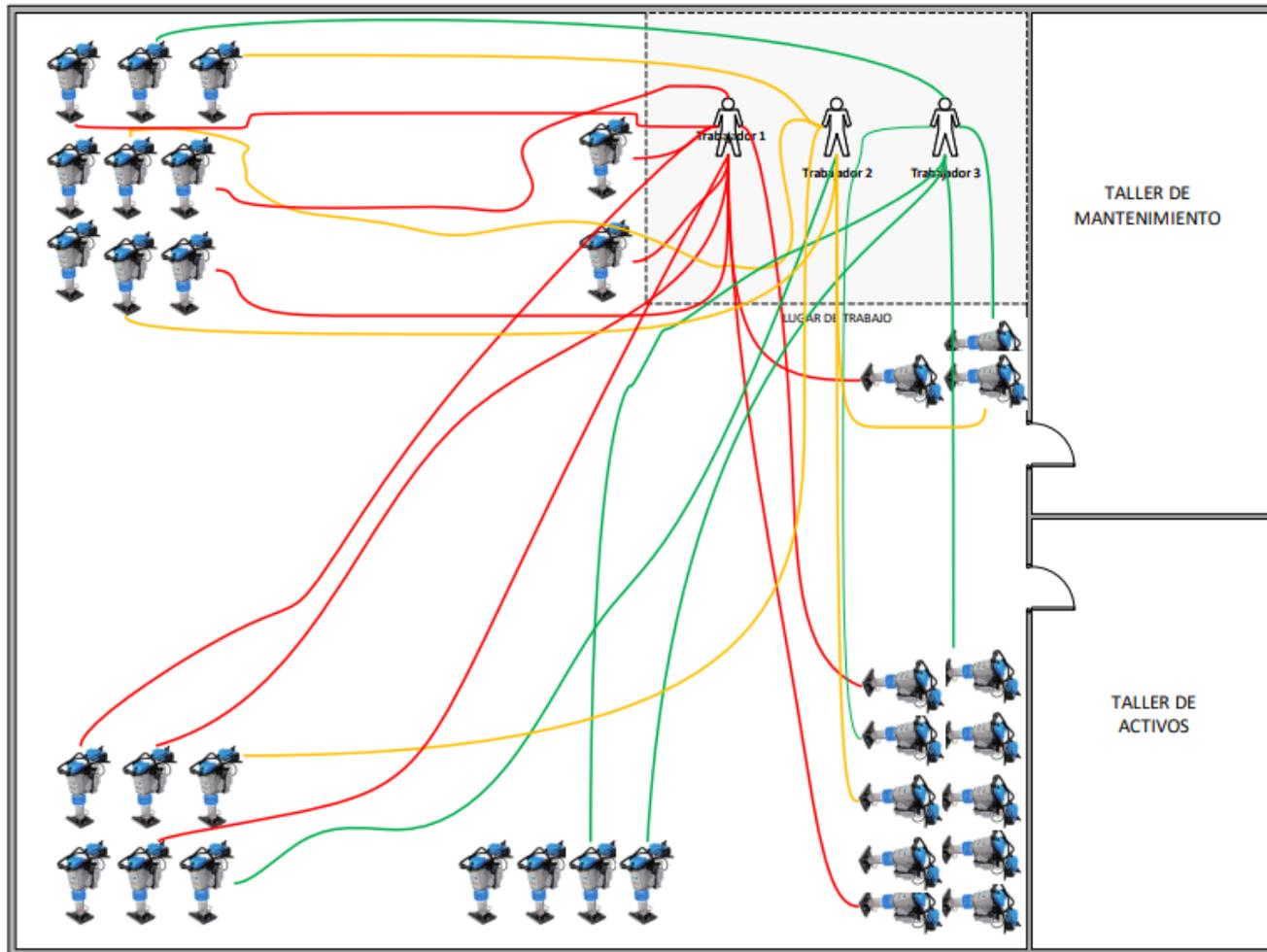
Paso 1: Recolectar información de la actividad del personal y realizar un diagrama de recorrido.

El primer paso fue recolectar información del recorrido que realizaban los tres operarios; Andrés Illaconza, Daniel Taípe y Jonathan Flores; para poder ejecutar un mantenimiento a las máquinas vibroapisonadores. En primera instancia, se observó que las máquinas estaban mal distribuidas, es decir, se encontraban juntas con otras máquinas. Esto ocasionaba, que realicen un mayor recorrido en buscar la máquina y llevarla hasta la mesa de trabajo.

Para ello, se realizó un diagrama de recorrido de la situación actual en ese momento. Ver figura 83.

**Figura 83:**

*Diagrama de recorrido pre test*



*Nota.* Elaboración propia

Como se observa en la figura 83, los operarios realizan diferentes recorridos para poder ubicar las máquinas vibroapisonadores, donde se recolectó los siguientes datos durante las 6 primeras semanas. Ver tabla 15.

**Tabla 15:**

*Cantidad de metros recorrido desde la semana 1 hasta la semana 6*

Semana	Cantidad de metros de recorrido
1	181,03
2	184,03
3	180,03
4	183,60
5	180,30
6	179,70
<b>Promedio</b>	<b>181,45</b>

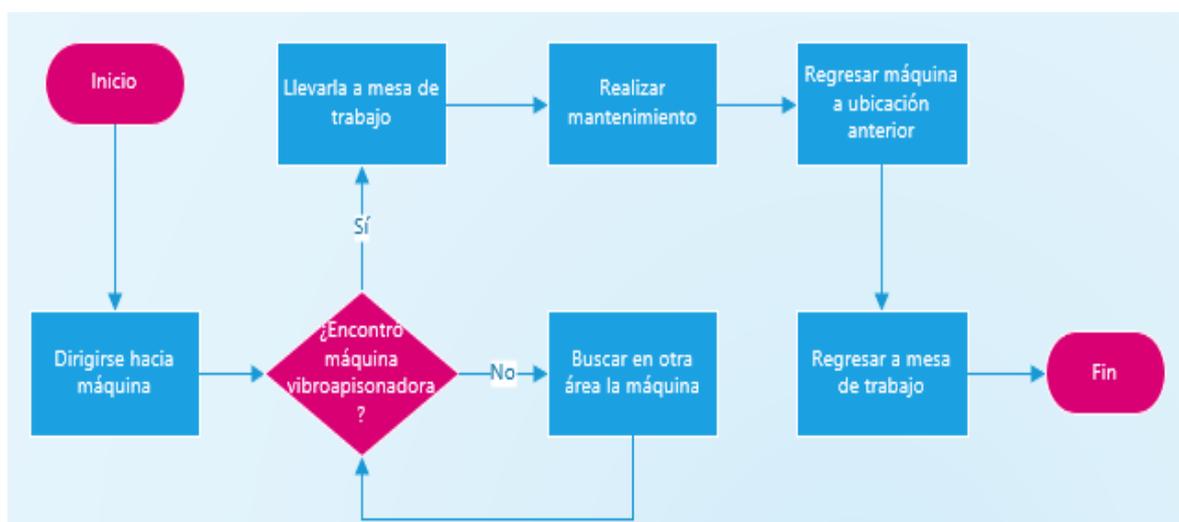
*Nota.* Elaboración propia

Paso 2: Identificación de los puestos de trabajo

En el segundo pasó, se identificó los puestos de trabajo, los cuales son mesa de trabajo y área de máquina. Para ello, se realizó un diagrama de operaciones el cual permitió identificarlos. Ver figura 84.

**Figura 84:**

*Diagrama de operaciones pre test*



*Nota.* Elaboración propia

### Paso 3: Registro de distancia, inicio y fin de la actividad

Luego de identificar las operaciones realizadas por los técnicos, se tomó registro de la cantidad recorrida en metros que realizaban para desplazarse en su área de trabajo. Estos datos fueron tomados durante seis semanas, como se observa en la tabla 15.

### Paso 4: Identificación del flujo inusual

Como se observa en la figura 83, se generaba reproceso al momento de ubicar la máquina. Puesto que, estas estaban desordenadas y no tenían un área específica. Para ello, se comenzó a reubicar las máquinas vibroapisonadores donde éstas estarían ubicadas en una sola área para que así el operario evite realizar un mayor recorrido.

Se tomó como muestra desde la semana 1 hasta la semana 18 la cantidad de metros recorrida por los trabajadores. Ver tabla 16.

#### **Tabla 16:**

*Cantidad recorrida en metros desde la semana 1 hasta la semana 18*

Semana	Cantidad de metros de recorrido
1	181,03
2	184,03
3	180,03
4	183,60
5	180,30
6	179,70
7	104,03
8	103,90
9	97,63
10	95,73
11	91,53
12	88,00
13	85,90
14	80,60
15	77,37
16	74,67
17	68,87
18	68,43

<b>Promedio</b>	181,45
-----------------	--------

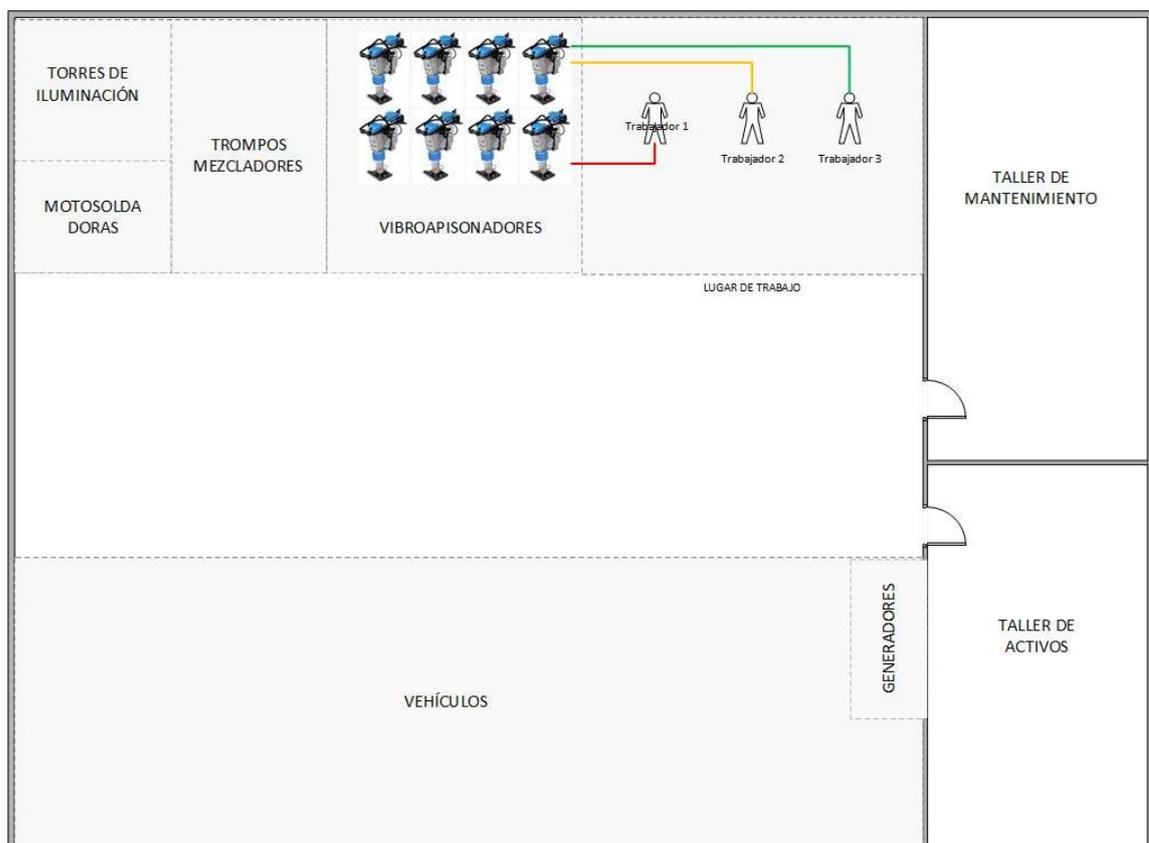
*Nota.* Elaboración propia

#### Paso 5: Diagrama de recorrido ideal

Como último paso de la implementación, se realizó un diagrama de recorrido ideal, como se visualiza en la figura 85, los operarios se dirigen a una sola área específica y ya no generan reprocesos al momento de ubicar una vibroapisonador.

#### **Figura 85:**

*Diagrama de recorrido ideal*



*Nota.* Elaboración propia

#### **Situación Post – Test**

Finalizada la implementación del diagrama de Spaguetti, se recopiló nuevamente la cantidad de metros de recorrido del personal durante las siguientes 6 semanas, ver tabla 17, observándose la reubicación de las máquinas vibroapisonadores en una sola área, observándose la reubicación de las máquinas vibroapisonadores en una sola área, obteniendo como resultado mayor orden y mejor distribución, además que el personal ubique visualmente las máquinas con facilidad, reduciendo la cantidad de metros de recorrido.

En la tabla 18, se observa la diferencia de datos pre test y post test de la cantidad de metros de recorrido del personal. Además, en la figura 86 se observa el promedio semanal de los datos pre test y post test con una diferencia de 117,59 metros, adicionalmente se visualiza la evolución del recorrido semanal durante la implementación.

**Tabla 17:**

*Datos post test del segundo objetivo específico*

Datos Post Test	Cantidad de metros de recorrido
Semana 19	67,03
Semana 20	65,27
Semana 21	72,40
Semana 22	62,03
Semana 23	58,60
Semana 24	57,83
<b>Promedio</b>	<b>63,86</b>

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 18:**

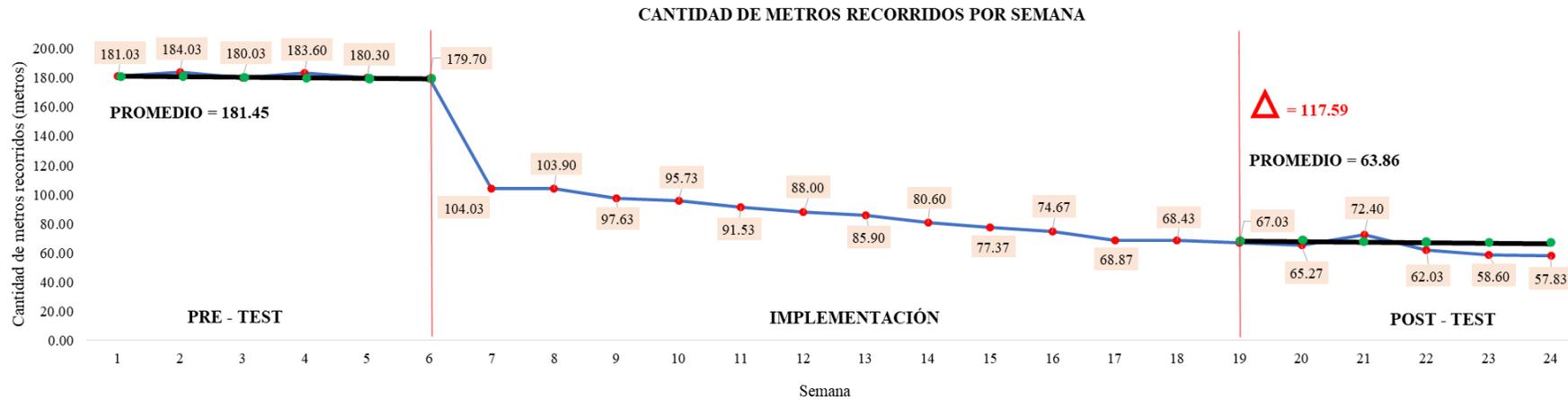
*Cuadro comparativo de datos pre y post test de la segunda variable independiente*

Datos	Promedio
Pre Test	181,45 metros
Post Test	63,86 metros

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 86:**

*Datos pre test, implementación y post test de la segunda variable independiente*



*Nota.* Elaboración propia

### **Objetivo específico 3**

Aplicar la metodología TPM para mejorar la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

#### **Situación Pre – Test**

La situación pre, antes de realizar la aplicación de la tercera variable independiente, se logró identificar la falta de capacitaciones del personal y la ausencia de cronograma para realizar mantenimientos acordes a su uso.

Durante el estudio se observó que los técnicos mantenían un ritmo bajo de trabajo como consecuencia de no estandarizar el procedimiento de revisiones para realizar los mantenimientos. El paso a paso para ejecutar un mantenimiento se daba de manera desordenada, por ello hacía falta mejorar sus habilidades comprendiendo la forma en llevar a cabo las tareas secuencialmente de manera que se evite pasar por alto alguna revisión. Por lo tanto, fue de vital importancia mantener capacitado al personal para que cuenta con mejores herramientas, conocimientos, habilidades y actitudes para cumplir con el trabajo encargado.

Adicionalmente se identificó la ausencia de un cronograma para realizar mantenimientos, debido a que solo se realizaba una vez solicitado, por lo que la entrega de los equipos o máquinas se daban a los dos o tres días dependiendo de la demora del trabajo del técnico y disponibilidad de repuestos. Por lo tanto, fue fundamental llevar un mejor control.

Ante lo mencionado, ocasionaba que la empresa no cuente con la disponibilidad de las máquinas en el momento solicitado, generando que los clientes opten por otras empresas competencias nuestras.

#### **Muestras antes**

Se consideró una muestra de 41 máquinas vibroapisonadores, donde se recolectó información durante seis semanas desde el 6 de marzo hasta el 15 de abril sobre el porcentaje de disponibilidad de máquinas operativas.

Independientemente cada información obtenida sobre el porcentaje de disponibilidad de máquinas operativas diarias en cada semana fue promediada, generando así seis valores. En la tabla 19, se obtuvo la recolección de datos pre – test del porcentaje de disponibilidad de máquinas operativas del total de máquinas que ingresaron por cada semana.

**Tabla 19:**

*Datos pre test del objetivo específico 3*

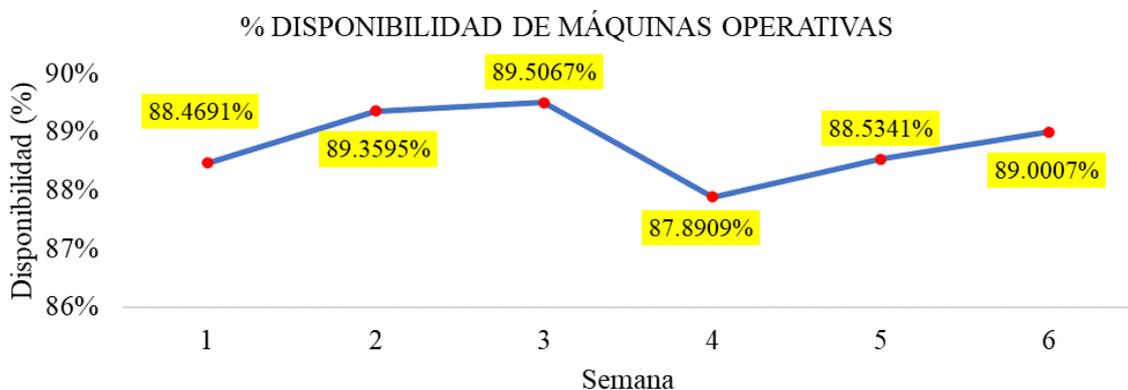
Datos Pre Test	% Disponibilidad
Semana 1	90,5899%
Semana 2	89,6143%
Semana 3	89,5067%
Semana 4	89,2928%
Semana 5	88,6174%
Semana 6	89,4749%
<b>Promedio</b>	<b>89,5160%</b>

*Nota.* Elaboración propia

A continuación, en la figura 87 se muestra la tendencia del porcentaje de disponibilidad de máquinas operativas durante las seis semanas.

**Figura 87:**

*% Disponibilidad de máquinas operativas*



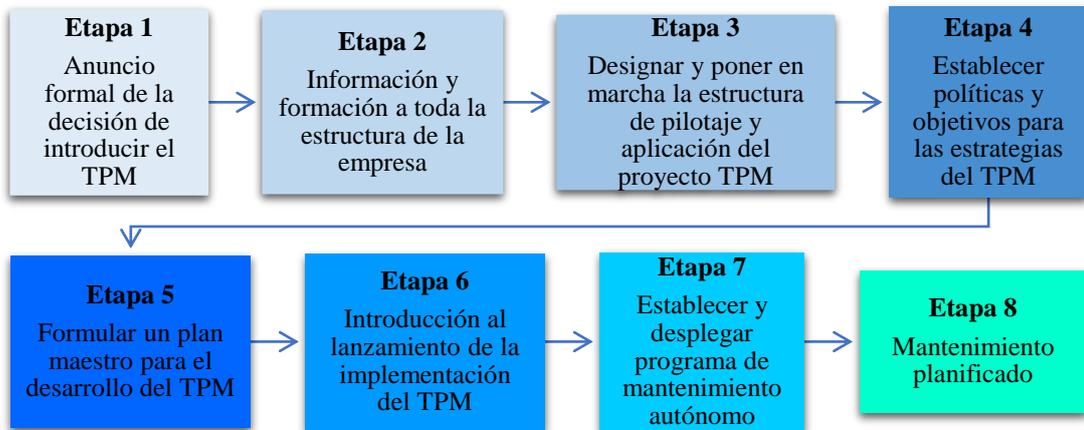
*Nota.* Elaboración propia

### **Aplicación de la teoría**

En el tercer objetivo específico se aplicó Mantenimiento Preventivo Total en ocho etapas: Anuncio formal de la decisión de introducir el TPM, información y formación a toda la estructura de la empresa, designar y poner en marcha la estructura de pilotaje y aplicación del proyecto TPM, establecer políticas y objetivos para las estrategias del TPM, formular un plan maestro para el desarrollo del TPM, introducción al lanzamiento de la implementación del TPM, establecer y desplegar programa de mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado. Visualizado en la figura 88.

**Figura 88:**

*Ocho etapas del TPM*



*Nota.* TPM en un entorno Lean Management (2010)

Etapa 1: Anuncio formal de la decisión de introducir el TPM

Esta se dará inicio junto con la hoja de registro de reunión de alta gerencia visualizada en la figura 89.

**Figura 89:**

*Minuta de reunión*

Temas a tratar	
1.	Indicar fechas exactas para lograr la aplicación del TPM
2.	¿Á qué personal de la empresa se brindará información a cerca del TPM?
3.	¿Cómo se va a definir del TPM?
4.	¿Qué se va a informar a cerca del TPM?
Participantes	Cargo
Cristhian Maldonado	Jefe
Marco Estrada	Gerente
Robert Sandoval	Supervisor de mantenimiento
Dhayanis Chavez Cabanillas	Auxiliar de activos
Yanela Delgado	Auxiliar de Alquileres
Genesis Parra	Asistente de mantenimiento
ACUERDOS	
Responsables	Actividades
Robert Sandoval	Jefe de TPM
Robert Sandoval	Supervisor de TPM
Dhayanis Chavez Cabanillas	Auxiliar de TPM
Otros asuntos: <u>Coordinar fechas a realizar las capacitaciones.</u>	
Fecha próxima reunión: <u>30/03/2023</u>	

*Nota.* Elaboración propia

Además, se elaboró el acta de compromiso por parte de la alta gerencia, donde sostienen el compromiso para llevar a cabo la aplicación del TPM, diseñando el comité de dirección y la estrategia en base a la definición del proceso de cambio de cultura, la misión y visión mediante los valores a obtener, además detalles generales para cada capacitación, esta se visualiza en la figura 90.

**Figura 90:**

*Acta de compromiso de alta gerencia*

ACTA DE COMPROMISO DE ALTA GERENCIA	
ASUNTO: <u>Elaboración y acuerdos del grupo de trabajo para la aplicación del TPM.</u>	
CARGO	NOMBRE
Jefe de TPM	Robert Sandoval
Supervisor	Robert Sandoval
Auxiliar de activos y TPM	Dhayanis Chavez Cabanillas
Auxiliar de Alquileres y TPM	Yanela Delgado
Asistente de mantenimiento y TPM	Genesis Parra
Técnico 01	Daniel Taipe
Técnico 02	Jonathan Flores
Técnico 03	Andres Illacanza
Técnico 04	Ivan Pacherez
Técnico 05	Edgar Casa
ACUERDOS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir el proceso de cambio de cultura, misión, visión y valores a obtener.</li> <li>• Detallar los cargos respectivos a cada participante para la aplicación del TPM, donde el Jefe del TPM será el soporte para el desarrollo.</li> <li>• Las reuniones y capacitaciones se realizarán en horario laboral sin perjudicar la fluidez de sus trabajos.</li> <li>• La duración de cada reunion será con un tiempo mínimo de 30 minutos y máximo de una hora.</li> <li>• Adicionalmente la gerencia general se compromete a lograr lo planificado, brindando el tiempo de sus trabajadores, instalaciones y material necesario para aplicar el TPM en la empresa.</li> <li>• Finalmente lo trabajadores se comprometen para asistir a las reuniones pactadas en las fechas establecidas y poner en práctica todo lo aprendido.</li> </ul>	

*Nota.* Elaboración propia

Finalmente se abarcó el tema sobre la cantidad de horas hombre que se emplearán para la capacitación e implementación, ver tabla 20, además a cerca de la inversión económica, ver tabla 21.

**Tabla 20:***Cantidad de horas hombre empleadas para la implementación del TPM*

	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>
<b>CAPACITACIÓN</b>				
Gerente	2	0	0	0
Director	2	0	0	0
Supervisores	6	0	0	0
Personal Administrativo	4.5	0	0	0
Técnicos	12	0	0	0
<b>IMPLEMENTACIÓN</b>				
Gerente	0	5	4	1
Director	0	5	4	1
Supervisores	0	15	12	3
Personal Administrativo	0	11.25	9	2.25
Técnicos	0	27	27	6
<b>TOTAL DE HORAS</b>	<b>26.5</b>	<b>64</b>	<b>56</b>	<b>13.25</b>

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 21:***Inversión económica para la implementación del TPM*

	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>
<b>COSTO TOTAL DE OFICINA</b>	<b>-S/ 313.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>
Archivadores (4 uds.)	-S/ 18.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Hojas Bond (2 paq.)	-S/ 40.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Lapiceros (5 paq.)	-S/ 120.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Marcadores (3 doc.)	-S/ 135.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
<b>COSTO TOTAL DE PROVEEDORES</b>	<b>-S/ 630.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>
Tarjetas de colores (300 uds.)	-S/ 630.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>-S/ 1,295.36</b>	<b>-S/ 880.90</b>	<b>-S/ 733.02</b>	<b>-S/ 176.18</b>

*Nota.* Elaboración propia

Etapa 2: Información y formación a toda la estructura de la empresa

Por medio de un plan de entrenamiento se especifica los cursos a desarrollar, los involucrados, la duración del mismo en horas respecto a las doce semanas de capacitación y la descripción general de lo mencionado, esta se visualiza en la figura 91.

**Figura 91:**

*Plan de mantenimiento*

PLAN DE ENTRENAMIENTO			
CURSOS A DESARROLLAR	RESPONSABLES	DURACIÓN	DESCRIPCIÓN
TPM para alta gerencia	Directorio	60 Horas	Presentación del TPM
			Necesidades externas e internas de la empresa
			Importancia, alcance y responsables
Curso teórico del TPM	RRHH y área administrativo	27 Horas	Explicación teórica del TPM
Curso teórico y práctico de aplicación del TPM	Área de mantenimiento y técnicos	72 Horas	Explicación teórica y práctica del TPM
			Situación actual de la empresa y objetivos a lograr
			Detalle de 8 pasos a aplicar en el TPM

*Nota.* Elaboración propia

Etapa 3: Designar y poner en marcha la estructura de pilotaje y aplicación del proyecto TPM

Se procedió a elaborar los grupos de TPM, visualizado en la figura 92 donde se detalle la jerarquía y horas empleadas de capacitación, desde la alta dirección con seis horas empleadas, dirección media con cuatro horas usadas y la dirección por sección con dieciséis horas utilizadas. El propósito es organizar y responsabilizar a cada integrante para garantizar la mejora.

**Figura 92:**

*Matriz de grupos del personal para aplicar el TPM*

MATRIZ DE GRUPOS DEL PERSONAL PARA APLICAR EL TPM																											
N°	FUNCIÓN	MINUTOS EMPLEADOS DURANTE LAS 12 SEMANAS DE APLICACIÓN DEL TPM																								TIEMPO MINUTOS	TIEMPO HORAS
		SEMANA 01		SEMANA 02		SEMANA 03		SEMANA 04		SEMANA 05		SEMANA 06		SEMANA 07		SEMANA 08		SEMANA 09		SEMANA 10		SEMANA 11		SEMANA 12			
		17-04	20-04	24-04	27-04	01-05	04-05	08-05	11-05	15-05	18-05	22-05	25-05	29-05	01-06	05-06	08-06	12-06	15-06	19-06	22-06	26-06	29-06	03-07	06-07		
1.	Alta dirección	60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		720	12.00
2.	Alta dirección	60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		720	12.00
4.	Alta dirección	60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		720	12.00
5.	Alta dirección	60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		720	12.00
6.	Alta dirección	60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		720	12.00
7.	Dirección media	45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		540	9.00
8.	Dirección media	45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		540	9.00
9.	Dirección media	45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		45		540	9.00
10.	Dirección por sección	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1440	24.00
11.	Dirección por sección	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1440	24.00
12.	Dirección por sección	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1440	24.00
																										159.00	

*Nota.* Elaboración propia

Etapa 4: Establecer políticas y objetivos para las estrategias del TPM

La presente etapa fue indispensable para lograr un enfoque más claro a cerca del propósito de la empresa respecto a la aplicación del TPM, para ello se examinó la situación actual en la etapa PRE TEST de la empresa en relación a la demanda externa e interna, la política básica de la empresa como nuevo plan de mejora, las metas y los objetivos, estos representados en la figura 93.

**Figura 93:**

*Políticas y metas para la aplicación del TPM*

<b>POLÍTICAS Y METAS PARA LA APLICACIÓN DEL TPM</b>
<b>Demanda externa</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Disponibilidad de equipos en óptimas condiciones.</li><li>- Garantía de calidad respecto a entrega de equipos en óptimas condiciones.</li><li>- Realizar entrega de equipos en el cronograma establecido de acuerdo a solicitud de empresa.</li></ul>
<b>Demanda interna</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Retraso en el trabajo de los operarios al realizar mantenimiento.</li><li>- Mejorar la vida útil de las maquinarias.</li><li>- Realizar un cronograma de mantenimiento con las pautas a detalle.</li><li>- Escasez de materia prima y repuestos.</li></ul>
<b>Política básica</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Obtener el compromiso por parte de todo el personal de la empresa a conseguir lo planificado en el TPM, poner en práctica lo explicado en cada capacitación, brindando su tiempo asistiendo a las reuniones de manera que se logre una mayor disponibilidad de los equipos, eliminando averías y reduciendo costos.</li></ul>
<b>Metas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Introducir el TPM y que prevalezca en el tiempo.</li><li>- Reducir averías y retrasos.</li></ul>
<b>Objetivos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Los objetivos se fijaron de manera cuantitativa y cualitativa, mediante un estudio en la muestra PRE TEST, obteniendo resultados acerca del MTBF tiempo medio entre fallas y MTTR tiempo medio para calcular la disponibilidad, de modo que se logre establecer como un indicador respecto a la mejora en los resultados luego de la aplicación del TPM. Se requiere incrementar al menos un 5 % de la disponibilidad de las máquinas.</li></ul>

*Nota.* Elaboración propia

Etapa 5: Formular un plan maestro para el desarrollo del TPM

La presente etapa fue esencial debido a que elaborar un plan maestra trae consigo una visión más clara de lo que se necesita para aplicar el TPM, en el aspecto de llevar a cabo el detalle necesario del paso a paso, ello se elaboró antes de la acción, con el propósito de dirigirlo y encaminarlo hacia un sentido, detallando lo necesario.

Se consideró como estudio para el objetivo específico 3 a la familia de máquinas vibroapisonadores, debido a que se presentaba mayor número de paradas en relación al tiempo medio entre averías y tiempo medio de paradas por avería, generando una baja

disponibilidad de estas cuando eran solicitadas. Por este motivo la etapa 5 dio inicio con la realización de un inventario del grupo de familia mencionado visualizado en la figura 94 y figura 95.

**Figura 94:**

*Inventario de equipos o máquinas*

INVENTARIO DE EQUIPOS O MÁQUINAS					
Fecha	06/03/2023				
Realizado por:	Dhayanis Chavez Cabanillas				
Verificado por:	Robert Sandoval				
Grupo de familia:	Vibroapisonadores				
N°	COD_MAQ	COD_INVENTARIO	Marca	Modelo / Serie	Serie
1	VP_01	AFEQVI000001	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	20227856
2	VP_02	AFEQVI000002	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040989
3	VP_03	AFEQVI000003	WEBER	SRV 660 HD	20014078
4	VP_04	AFEQVI000004	WEBER	SRV 660 HD	20062814
5	VP_05	AFEQVI000005	WEBER	SRX 750D	20029204
6	VP_06	AFEQVI000006	WEBER	SRV 660 HD	20055096
7	VP_07	AFEQVI000007	WEBER	SRX 750D	20029224
8	VP_08	AFEQVI000008	WEBER	SRV 660 HD	20055088
9	VP_09	AFEQVI000009	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040983
10	VP_10	AFEQVI000010	WEBER	SRV 660 HD	20062812
11	VP_11	AFEQVI000011	WEBER	SRV 660 HD	20057370
12	VP_12	AFEQVI000012	WEBER	SRV 660 HD	20055018
13	VP_13	AFEQVI000013	WEBER	SRV 660 HD	20062813
14	VP_14	AFEQVI000014	HONDA	GX 120	GCBMT-1081763
15	VP_15	AFEQVI000015	WEBER	SRV 660 HD	20062810
16	VP_16	AFEQVI000016	HONDA	GX 120	GCBMT-1081762
17	VP_17	AFEQVI000017	WEBER	SRV 660 HD	20051513
18	VP_18	AFEQVI000018	WEBER	SRV 660 HD	20068508
19	VP_19	AFEQVI000019	HONDA	GX 120	GCBMT-1081761
20	VP_20	AFEQVI000020	WEBER	SRV 660 HD	20068527
21	VP_21	AFEQVI000021	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	20227851
22	VP_22	AFEQVI000022	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040980

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 95:***Inventario de equipos o máquinas*

N°	COD_MAQ	COD_INVENTARIO	Marca	Modelo / Serie	Serie
23	VP_23	AFEQVI000023	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	5923499
24	VP_24	AFEQVI000024	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	5924499
25	VP_25	AFEQVI000025	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	5929499
26	VP_26	AFEQVI000026	WEBER	SRV 660 HD	20068506
27	VP_27	AFEQVI000027	WEBER MT	SRV660HD	20078935
28	VP_28	AFEQVI000028	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	5829498
29	VP_29	AFEQVI000029	HONDA	GX 120	GCBMT-1081765
30	VP_30	AFEQVI000030	WEBER	SRV 660 HD	20052556
31	VP_31	AFEQVI000031	WEBER MT	SRV660HD	20078785
32	VP_32	AFEQVI000032	WEBER	SRV 660 HD	20052559
33	VP_33	AFEQVI000033	WEBER	SRV 660 HD	20051511
34	VP_34	AFEQVI000034	WEBER	SRV 660 HD	20062811
35	VP_35	AFEQVI000035	WEBER	SRV 660 HD	20031630
36	VP_36	AFEQVI000036	HONDA	GX 120	GCBMT-1081752
37	VP_37	AFEQVI000037	HONDA	GX 120	GCBMT-1081754
38	VP_38	AFEQVI000038	WEBER	SRV 660 HD	20052633
39	VP_39	AFEQVI000039	WEBER MT	SRV660HD	20078796
40	VP_40	AFEQVI000040	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040987
41	VP_41	AFEQVI000041	WEBER	SRV 660 HD	20051633
42	VP_42	AFEQVI000042	WEBER	SRV 660 HD	20051515
43	VP_43	AFEQVI000043	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040985
44	VP_44	AFEQVI000044	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	20227850
45	VP_45	AFEQVI000045	WEBER	SRV 660 HD	20054511
46	VP_46	AFEQVI000046	WEBER	SRV 660 HD	20016587
47	VP_47	AFEQVI000047	WEBER	SRV 660 HD	20046587
48	VP_48	AFEQVI000048	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	5929498
49	VP_49	AFEQVI000049	WEBER	SRV 660 HD	20057379
50	VP_50	AFEQVI000050	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040988

*Nota.* Elaboración propia

Posteriormente se elaboró una ficha técnica de la máquina vibroapisonador para conocer los datos generales como el tipo de familia al que pertenece, marca, modelo, serie ubicación, las especificaciones técnicas y la estructura junto con una imagen referencial detallando sus zonas. El objetivo de esta redacción es para garantizar el correcto uso en base al conocimiento adecuado de la máquina que están manipulando y sus riesgos. Revisar en la figura 96.

**Figura 96:**

*Ficha técnica de equipo o máquina*

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO O MÁQUINA		
ESTRUCTURA	DATOS GENERALES	
1. Doble filtro de aire para proteger al motor.	Equipo o máquina:	Vibroapisonador
	Marca:	Honda
2. Menor vibración para el operador.	Modelo	SRV 660 HD
	Serie:	20062813
3. Combustible utilizado: Gasolina 90 Oct.	Ubicación:	Zona A
	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
4. Doble filtro interno de combustible.	Peso operativo	70 Kg
	Ancho de zapata	220/280 mm
5. Acelerador de 2 velocidades: ALTA / BAJA	Largo de la zapata	330mm
	Golpes por minuto	700 golpes/min
6. Nuevo motor Honda GXR 120, de 4 tiempos.	Fuerza de impacto	20.9 KN / golpe
	Sistema de admisión	Doble filtro de aire
7. Fuelle angosto ideal para trabajos en zanja.	Motor	Honda GXR 120
	Tiempos del motor	4 tiempos
8. Pie de base con plancha metálica.	Potencia	4 HP a 3600 RPM
	Arranque	Manual y retráctil
9. Servicio técnico y repuestos.	Consumo de combustible	1 L/h
	Cap. Depósito de combustible	3 L

*Nota.* Elaboración propia

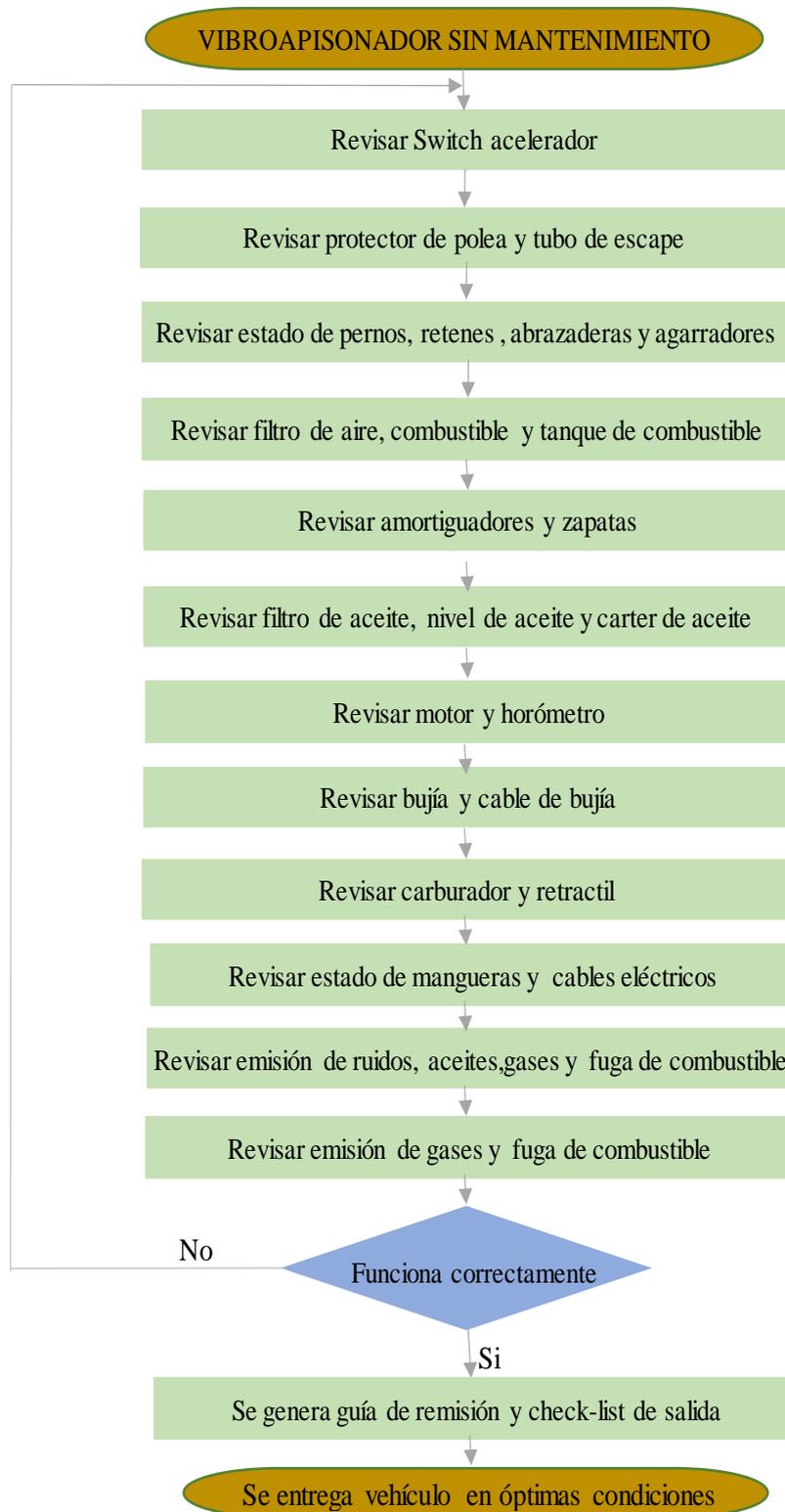
A continuación se muestra la creación del check-list acerca de los pasos a seguir para realizar adecuadamente un mantenimiento preventivo, con el propósito de garantizar que cada tarea sea ejecutada adecuadamente y en la secuencia respectiva, de esta forma se logrará realizar un análisis a fondo sin dejar pasar por alto alguna revisión por más mínima que sea, disminuyendo fallas a futuro, evitando paradas innecesarias lo que puede ocasionar la realización de mantenimientos correctivos, los cuales suelen ser más costosos. Esta actividad es indispensable para que nos garantice las óptimas condiciones de la maquinaria y por ende un largo tiempo de durabilidad y disponibilidad en el momento solicitado.

En la figura 97 se muestra el check-list realizado a una máquina vibroapisonador con código AFEQVI000050, el cual fue ingresado al área de mantenimiento el 05 de abril cumpliendo con el paso a paso del detalle de manera adecuada.



**Figura 98:**

*Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento*



*Nota.* Elaboración propia

## Etapa 6: Introducción al lanzamiento de la implementación del TPM

La importancia de la presente etapa se debe a que permite comunicar, reafirmar y poner en marcha el compromiso comentado en un inicio a cerca del plan maestro del TPM.

En la figura 99 se visualiza la reunión concretada con algunos participantes de la alta dirección, dirección media y dirección por sección, donde se expuso los planes a elaborarse para todo el personal.

### **Figura 99:**

*Reunión de lanzamiento de la implementación del TPM*



*Nota.* Empres P.A. PERU S.A.C.

Para ello se elaboró el formato de registro de elaboración del trabajo de mantenimiento de equipos y herramientas visualizado en la figura 100 y figura 101, donde se enfocó en mencionar las fechas y detalles de los equipos con el propósito de llevar un registro general y lograr establecer en un periodo determinado el mantenimiento de acuerdo a la necesidad, además lograr que se programe un presupuesto para los repuestos necesarios.

**Figura 100:**

*Formato 01 de registro de elaboración del trabajo de mantenimiento de equipos y herramientas*

			<b>REGISTRO DE ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>FORMATO N°: 01</b>	
N°	FECHA	COD_MAQ	COD_INVENTARIO	MARCA	MODELO	SERIE	TIPO DE MITO	SISTEMA INVOLUCRADO	PERSONAL A CARGO
1	17/04/2023	VP_04	AFEQVI000004	WEBER	SRV 660 HD	20062814	CORRECTIVO	Motor	DANIEL TAIPE
2	19/04/2023	VP_20	AFEQVI000020	WEBER	SRV 660 HD	20068527	CORRECTIVO	Recorrido	ANDRES ILLACONZA
3	20/04/2023	VP_16	AFEQVI000016	HONDA	GX 120	GCBMT-1081762	CORRECTIVO	Motor	JONATHAN FLORES
4	24/04/2023	VP_37	AFEQVI000037	HONDA	GX 120	GCBMT-1081754	PREVENTIVO	Pisón	JONATHAN FLORES
5	25/04/2023	VP_10	AFEQVI000010	WEBER	SRV 660 HD	20062812	CORRECTIVO	Operacional	JONATHAN FLORES
6	27/04/2023	VP_06	AFEQVI000006	WEBER	SRV 660 HD	20055096	PREVENTIVO	Mecánica	JONATHAN FLORES
7	28/04/2023	VP_14	AFEQVI000014	HONDA	GX 120	GCBMT-1081763	CORRECTIVO	Operacional	JONATHAN FLORES
8	2/05/2023	VP_22	AFEQVI000022	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040980	PREVENTIVO	Operacional	ANDRES ILLACONZA
9	3/05/2023	VP_28	AFEQVI000028	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	5829498	PREVENTIVO	Motor	ANDRES ILLACONZA
10	5/05/2023	VP_48	AFEQVI000048	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	5929498	PREVENTIVO	Motor	DANIEL TAIPE
11	8/05/2023	VP_19	AFEQVI000019	HONDA	GX 120	GCBMT-1081761	CORRECTIVO	Motor	DANIEL TAIPE
12	10/05/2023	VP_01	AFEQVI000001	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	20227856	CORRECTIVO	Pisón	JONATHAN FLORES
13	11/05/2023	VP_17	AFEQVI000017	WEBER	SRV 660 HD	20051513	CORRECTIVO	Motor	ANDRES ILLACONZA
14	12/05/2023	VP_44	AFEQVI000044	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	20227850	CORRECTIVO	Recorrido	DANIEL TAIPE
15	13/05/2023	VP_35	AFEQVI000035	WEBER	SRV 660 HD	20052633	CORRECTIVO	Motor	DANIEL TAIPE
16	16/05/2023	VP_12	AFEQVI000012	WEBER	SRV 660 HD	20055018	PREVENTIVO	Operacional	DANIEL TAIPE
17	17/05/2023	VP_47	AFEQVI000047	WEBER	SRV 660 HD	20046587	PREVENTIVO	Motor	JONATHAN FLORES
18	19/05/2023	VP_40	AFEQVI000040	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040987	CORRECTIVO	Motor	DANIEL TAIPE
19	22/05/2023	VP_03	AFEQVI000003	WEBER	SRV 660 HD	20014078	PREVENTIVO	Recorrido	DANIEL TAIPE
20	25/05/2023	VP_43	AFEQVI000043	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040985	CORRECTIVO	Operacional	JONATHAN FLORES

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 101:**

*Formato 02 de registro de elaboración del trabajo de mantenimiento de equipos y herramientas*

			<b>REGISTRO DE ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>FORMATO N°: 02</b>	
N°	FECHA	COD_MAQ	COD_INVENTARIO	MARCA	MODELO	SERIE	TIPO DE MTO	SISTEMA INVOLUCRADO	PERSONAL A CARGO
21	26/05/2023	VP_05	AFEQVI000005	WEBER	SRX 750D	20029204	CORRECTIVO	Motor	DANIEL TAIPE
22	29/05/2023	VP_18	AFEQVI000018	WEBER	SRV 660 HD	20068508	CORRECTIVO	Recorrido	DANIEL TAIPE
23	31/05/2023	VP_07	AFEQVI000007	WEBER	SRX 750D	20029224	CORRECTIVO	Motor	JONATHAN FLORES
24	2/06/2023	VP_11	AFEQVP000011	WEBER	SRV 660 HD	20057370	PREVENTIVO	Motor	JONATHAN FLORES
25	3/06/2023	VP_50	AFEQVI000050	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040988	PREVENTIVO	Recorrido	DANIEL TAIPE
26	5/06/2023	VP_45	AFEQVI000045	WEBER	SRV 660 HD	20054511	PREVENTIVO	Operacional	DANIEL TAIPE
27	7/06/2023	VP_08	AFEQVI000008	WEBER	SRV 660 HD	20055088	CORRECTIVO	Recorrido	JONATHAN FLORES
28	9/06/2023	VP_29	AFEQVI000029	HONDA	GX 120	GCBMT-1081765	CORRECTIVO	Motor	JONATHAN FLORES
29	13/06/2023	VP_02	AFEQVI000002	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040989	CORRECTIVO	Motor	JONATHAN FLORES
30	14/06/2023	VP_15	AFEQVI000015	WEBER	SRV 660 HD	20062810	PREVENTIVO	Recorrido	ANDRES ILLACONZA
31	16/06/2023	VP_13	AFEQVI000013	WEBER	SRV 660 HD	20062813	CORRECTIVO	Motor	ANDRES ILLACONZA
32	19/06/2023	VP_42	AFEQVI000042	WEBER	SRV 660 HD	20051515	PREVENTIVO	Operacional	ANDRES ILLACONZA
33	21/06/2023	VP_21	AFEQVI000021	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	20227851	PREVENTIVO	Motor	JONATHAN FLORES
34	22/06/2023	VP_30	AFEQVI000030	WEBER	SRV 660 HD	20052556	PREVENTIVO	Operacional	JONATHAN FLORES
35	23/06/2023	VP_46	AFEQVI000046	WEBER	SRV 660 HD	20016587	CORRECTIVO	Motor	DANIEL TAIPE
36	26/06/2023	VP_23	AFEQVI000023	WACKER NEUSON	RAMMER BS60-2I	5923499	PREVENTIVO	Motor	ANDRES ILLACONZA
37	28/06/2023	VP_09	AFEQVI000009	CT-POWER	RM 80-LX	RM80-LX22040983	PREVENTIVO	Protector	DANIEL TAIPE
38	3/07/2023	VP_41	AFEQVI000041	WEBER	SRV 660 HD	20051633	CORRECTIVO	Motor	ANDRES ILLACONZA
39	5/07/2023	VP_36	AFEQVI000036	HONDA	GX 120	GCBMT-1081752	CORRECTIVO	Recorrido	JONATHAN FLORES
40	7/07/2023	VP_49	AFEQVI000049	WEBER	SRV 660 HD	20057379	PREVENTIVO	Motor	JONATHAN FLORES

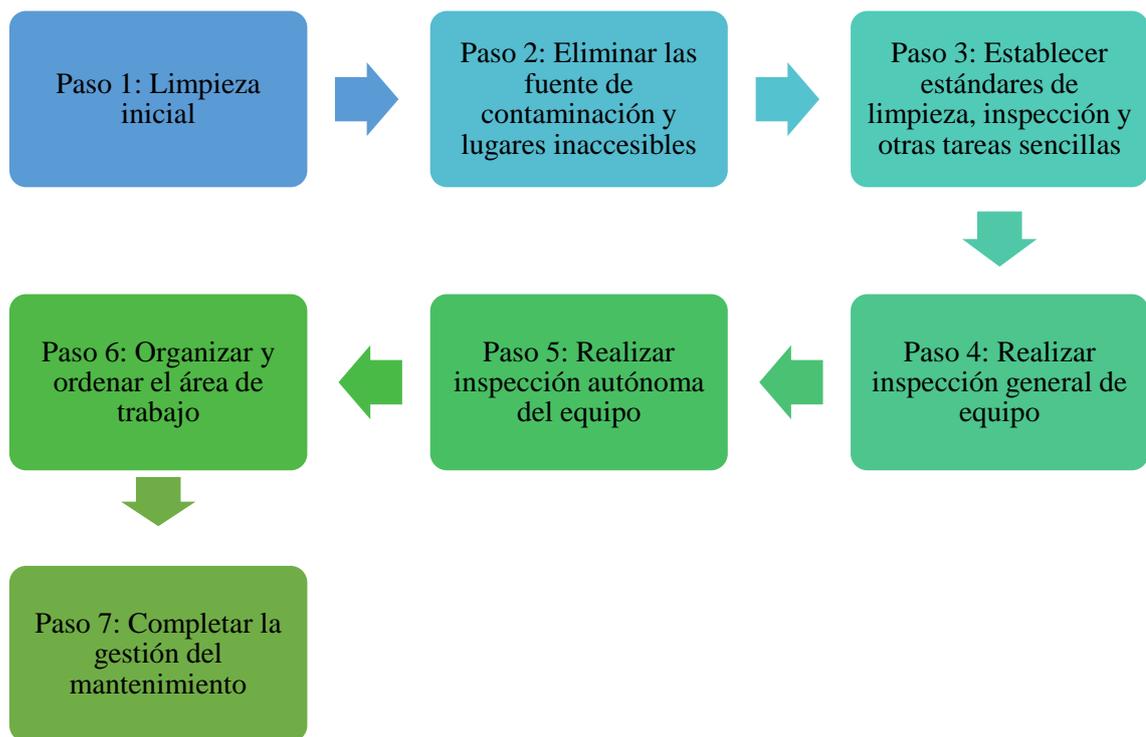
*Nota.* Elaboración propia

### Etapa 7: Establecer y desplegar programa de mantenimiento autónomo

La presente etapa fue de suma importancia debido a que se fue capacitando a los trabajadores donde conocieron a detalle los equipos para que asimismo desarrollen con rapidez y eficiencia sus actividades diarias. Para ello se elaboró un plan con siete pasos para la implementación autónoma. Ver figura 102.

#### Figura 102:

*Siete pasos para la implementación autónoma*



*Nota.* Elaboración propia

#### Paso 1: Limpieza inicial

Se da inicio con una limpieza básica al equipo rotando al personal, con el propósito de detectar algún problema o anomalía y posteriormente redactarla para que todos logren tener conocimiento y se establezca formalmente el procedimiento de mantenimiento. Ver figura 103.

**Figura 103:***Actividades de limpieza de maquinaria*

ACTIVIDADES DE LIMPIEZA DE MAQUINARIA				
N°	FECHA	COD_INVENTARIO	TIEMPO (minutos)	RESPONSABLE
1	17/04/2023	AFEQVI00004	3	DANIEL TAIPE
2	19/04/2023	AFEQVI00020	10	ANDRES ILLACONZA
3	20/04/2023	AFEQVI00016	9	JONATHAN FLORES
4	24/04/2023	AFEQVI00037	13	JONATHAN FLORES
5	25/04/2023	AFEQVI00010	12	JONATHAN FLORES
6	27/04/2023	AFEQVI00006	3	JONATHAN FLORES
7	28/04/2023	AFEQVI00014	10	JONATHAN FLORES
8	2/05/2023	AFEQVI00022	6	ANDRES ILLACONZA
9	3/05/2023	AFEQVI00028	11	ANDRES ILLACONZA
10	5/05/2023	AFEQVI00048	8	DANIEL TAIPE
11	8/05/2023	AFEQVI00019	5	DANIEL TAIPE
12	10/05/2023	AFEQVI00001	8	JONATHAN FLORES
13	11/05/2023	AFEQVI00017	5	ANDRES ILLACONZA
14	12/05/2023	AFEQVI00044	8	DANIEL TAIPE
15	13/05/2023	AFEQVI00035	12	DANIEL TAIPE
16	16/05/2023	AFEQVI00012	6	DANIEL TAIPE
17	17/05/2023	AFEQVI00047	8	JONATHAN FLORES
18	19/05/2023	AFEQVI00040	4	DANIEL TAIPE
19	22/05/2023	AFEQVI00003	7	DANIEL TAIPE
20	25/05/2023	AFEQVI00043	11	JONATHAN FLORES

*Nota.* Elaboración propia

Una vez identificada la anomalía se procede a describir el tipo mantenimiento, el cual se representa con distintos colores.

En la figura 104 se observa a la máquina Vibroapisonador de marca CT-POWER y modelo SRM 80-LX22040989, con código AFEQVI000002, donde se le colocó la tarjeta de color azul con información en la parte delantera y posterior visualizado en la figura 105 y figura 106 respectivamente, representa al mantenimiento autónomo, donde se detalla la identificación del equipo, acción aplicada, personal encargado del trabajo, fecha y hora de ingreso y salida.

**Figura 104:***Máquina vibroapisonador AFEQVI000002*

*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Figura 105:**

*Tarjeta azul TPM parte delantera*

**P.A. PERU S.A.C.**  
PROFESIONALES ASOCIADOS

**ETIQUETA DE ANOMALÍA POR REPARAR**

Descripción: Vibroapisonador  
Marca: CT-POWER  
Modelo: RT 80-LX  
N° Serie: RH 20- LX 2204 0989  
Codigo sap: AFEQVI 000002  
Placa:  
KM. / HRS:  
Fecha de internamiento: 14-03-2023

**MOTIVO DE REPARACION**

- Sonidos extraños en resortes en la parte inferior
- Sonido extraño al manipular la palanca de accionar y detener máquina

TODO EQUIPO DEBE DE ESTAR IDENTIFICADO POR SU MARCA, MODELO Y N° SERIE.

Nota. Elaboración propia

**Figura 106:**

*Tarjeta azul TPM parte posterior*

**Firma del supervisor**

Nombre: Eduardo Peña  
D.N.I: 22935801  
Celular:

**Firma del técnico**

Nombre: Jonathan Flores  
D.N.I: 09327348  
Celular:

**ACCIÓN CORRECTIVA APLICADA**

- Lubricación al resorte inferior
- Palanca de accionar y detener máquina

Inicio Día: 14, 03, 23 Hora: 11:00  
Fin Día: 14, 03, 23 Hora: 11:35

Nota. Elaboración propia

En la figura 107 se observa a la máquina vibroapisonador de marca WEBER y modelo SRV 660HD, con código AFEQVI000031, donde se le colocó la tarjeta de color roja con

información en la parte delantera y posterior visualizado en la figura 108 y figura 109 respectivamente, representa al mantenimiento, donde se detalla la prioridad a reparación, detalles de identificación del equipo, etapas de mantenimiento, acción aplicada, personal encargado del trabajo, fecha y hora de ingreso y salida.

**Figura 107:**

*Máquina vibroapisonador AFEQVI000031*



*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

**Figura 108:**

*Tarjeta roja TPM parte delantera*

ETIQUETA DE ANOMALIA POR REPARAR

PRIORIDAD

Alta	Media <input checked="" type="checkbox"/>	Baja
------	---	------

Descripción: Vibroapisonadora - AMFRO  
 Marca: Weber MT  
 Modelo: SRV 660 HD  
 Nº Serie: 20078785  
 Código sup: AFEQVI000031  
 Placa:  
 KM / HRS:  
 Fecha tentativa de entrega: 09-03-23

ETAPA DE REPARACION

	SI	NO	OBSERVACIONES
DISMONTAJE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desmontaje de zapata Cambio de zapata Mantenimiento preventivo
REPUESTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
REPARACION MECANICA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
REPARACION HIDRAULICA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Retirar Antigua zapata
REPARACION ELECTRICA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SOLDADURA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Montaje de zapatas
ALCANIZADO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ASSEMBLAGE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TODOS LOS EQUIPOS DEBEN DE ESTAR IDENTIFICADOS POR SU MARCA, MODELO Y Nº SERIE

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 109:**

*Tarjeta roja TPM parte posterior*

The image shows the back of a red TPM card. It contains handwritten signatures and text. At the top, there is a signature and the text 'Firma del supervisor'. Below this, the name 'Robert Sandoval', D.N.I. '45301819', and 'Celular' are written. In the middle, there is another signature and the text 'Firma del tecnico'. Below this, the name 'Daniel Taxpe', D.N.I. '43736678', and 'Celular' are written. The bottom section is titled 'ACCIÓN CORRECTIVA APLICADA' and contains the following text: 'Equipo utilizado Para construcción', 'Tipo de falla mecánica', 'Desgaste de Zapata', 'Mantenimiento preventivo', and 'cambio de Zapata'. At the very bottom, there are two boxes for 'Inicio' and 'Fin'. The 'Inicio' box has 'Dia 09-03-23' and 'Hora 9:00 AM'. The 'Fin' box has 'Dia 09-03-23' and 'Hora 5:15 PM'.

*Nota.* Elaboración propia

Paso 2: Eliminar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles

El presente paso consta de adquirir adherencia a la limpieza de manera paulatina, generando orden y un excelente ambiente de trabajo, ello se elaboró en la metodología 5S.

Paso 3: Establecer estándares de limpieza, inspección y otras tareas sencillas

Se empleó considerando de suma importancia la metodología de la estandarización donde se definió a detalle los pasos a seguir para lograr a cabo el trabajo, de esta manera se ejecutarán los trabajos considerando un tiempo estándar estableciendo objetivos claros. Para ello se elaboró la ficha de estandarización en la figura 110.

**Figura 110:***Ficha de estandarización TPM*

FICHA DE ESTANDARIZACIÓN TPM				
<b>Máquina o Equipo:</b>	AFEQVI000004			
<b>Tiempo asignado:</b>	20 minutos	<b>Fecha</b>	17/04/2023	
<b>Realizado por:</b>	Daniel Taipe			
Elemento	Operación	Método	Útiles	Tiempo empleado (minutos)
Limpieza lugar de trabajo	Limpieza y Orden	Manual	Trapo seco y guantes	5
Limpieza superficial de máquina	Limpieza y Orden	Manual	Trapo seco y guantes	1.5
Verificar daños superficiales y estado de máquina.	Inspección	Visual	Guantes y foco	0.3
Verificar encendido y marcación de recorrido.	Inspección	Manual auditivo y visual	Guantes	0.12
Verificar combustible.	Inspección	Manual y visual	Varilla de medición, guantes y foto	1.5
Verificar refrigerante	Inspección	Manual y visual	Varilla de medición, guantes y foto	1.62
Verificar estado de lubricación	Inspección	Manual y visual	Guantes, trapo y foto	2.35
Verificar ruidos anormales	Inspección	Manual auditivo y visual	Guantes	1.28
Inspección estado de motor.	Inspección	Manual auditivo y visual	Guantes y foco	5.42
Verificar estado de filtros	Inspección	Manual y visual	Guantes, trapo y foco	8.5
Tiemp total empleado:				27.59

*Nota.* Elaboración propia.

Paso 4: Realizar inspección general de equipo

La importancia del presente formato en la figura 111, se debe a que se pretendió realizar un control adecuado de la ejecución de las tareas elaboradas en la ficha de estandarización, con el propósito de detectar y llevar el control de averías o defectos

**Figura 111:**

*Check list de mantenimiento autónomo*

		CHECKLIST DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO						Semana : 10					
		Tiempo promedio empleado (minutos): 21.49											
Máquina o equipo	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		
	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	Tiempo	Fecha	
AFEQVI000019	27.59	8/05/2023											
AFEQVI000001					28.3	10/05/2023							
AFEQVI000017							24.5	11/05/2023					
AFEQVI000044									24.3	12/05/2023			
AFEQVI000035											24.12	13/05/2023	
Tiempo total	27.59		0		28.3		24.5		24.3		24.12		
										<b>Tiempo promedio</b>		<b>21.47</b>	

*Nota.* Elaboración propia

Posteriormente se emplea el uso de la hoja de instrucciones generales para que los trabajadores tomen en consideración al momento de ejecutar sus actividades y se eviten errores en el procedimiento.

**Figura 112:**

*Hoja de instrucciones generales*

	<b>HOJA INSTRUCCIONES GENERALES</b>	Máquina o equipo: Apisonador SRV 660
		Área: Mantenimiento
		Fecha: 20/04/2023
<b>Instrucciones generales</b>		
Función de máquina o equipo		
<ul style="list-style-type: none"> <li>•El apisonador modelo SRV 660 Hd es utilizado en la compactación de construcción de caminos, canales y horticultura.</li> <li>•Se ejecuta mediante el encendido del motor a gasolina enfriado por aire.</li> <li>•El motor se protege mediante un sistema de filtraje de efecto triple integrado de un filtro de aire, un prefiltro filtro de ciclón y el filtro de aire de fábrica del motor.</li> <li>•La fuerza que se transmite se ejecuta por medio de un embrague centrífugo sobre el sistema de apisonado. Además, al intervenir el apisonador, la zapata compactará el suelo.</li> </ul>		
Manual de uso de máquina o equipo		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En primer lugar, se debe considerar que el motor a gasolina se debe arrancar mediante un arranque retráctil.</li> <li>2. Consecutivamente del arranque, se pone en marcha el sistema de apisonado es puesto mediante embrague ubicado en el motor</li> <li>3. Posteriormente, dando uso a la palanca de aceleración se determinan la velocidad del motor en apagado, relenti, velocidad media y a toda marcha.</li> <li>4. Adicionalmente para transportar el apisonador de manera más sencilla se puede usar el rodillo transportador mediante un medio de transporte.</li> </ol>		
Estructura y componentes de máquina o equipo		
1. Doble filtro de aire para proteger al motor.		
2. Menor vibración para el operador.		
3. Combustible utilizado: Gasolina 90 Oct.		
4. Doble filtro interno de combustible.		
5. Acelerador de 2 velocidades: ALTA / BAJA.		
6. Nuevo motor Honda GXR 120, de 4 tiempos.		
7. Fuelle angosto ideal para trabajos en zanja.		
8. Pie de base con plancha metálica.		
9. Servicio técnico y repuestos.		
Procedimiento de inspección		
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Comprobar en nivel de aceite del motor del cárter, se mide jalando la varilla.</li> <li>•Se comprueba nivel de combustible, para ello se abre y retira la tapa, considerar que si es necesario se llena de combustible dependiendo de las especificaciones llegando hasta el borde de la boquilla.</li> <li>•Comprobar arranque, considerar durante el momento de transporte posicionarlo de forma vertical esperando a que el aceite del motor regrese al área inferior del cárter.</li> <li>•Dar uso al apisonador llevando a la posición la palanca del gas, realizarlo únicamente con el acelerador en una velocidad definida para evitar desgaste de embrague centrífugo.</li> <li>•Para finalizar el uso se recomienda desacelerar y ejecutar el trabajo durante unos minutos, posteriormente bajar la palanca de aceleración en la posición "min", cerrar la llave del combustible y dirigir hacia atrás la palanca del acelerador.</li> </ul>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		

*Nota.* Elaboración propia

**Paso 5: Realizar inspección autónoma del equipo**

El presente paso consta de realizar el control adecuado de la frecuencia de las actividades realizadas en el mantenimiento autónomo con el propósito de lograr aumentar la disponibilidad de las máquinas. Ver figura 113.

**Figura 113:**

*Registro de datos TPM*

 PA PERU PROFESIONALES ASOCIADOS	<b>REGISTRO DE DATOS TPM</b>																														
Máquina o Equipo:	Viproapisonador																														
Fecha	May-23																														
Realizado por:	Dhayanis Chavez Cabanillas															Revisado por:	Cristhian Maldonado														
<b>Registro de datos</b>																															
<i>Frecuencia diaria</i>																															
Puntos a verificar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Limpieza lugar de trabajo		Y	X		X			X		X	Y		X			X	X					X			X	X			X		X
Limpieza superficial de máquina		X	Y		X			Y		X	X		Y			X	X					X			X	X			X		X
Verificar daños superficiales y estado de máquina.		Y	Y		X			X		X	X		X			X	X					X			X	X			X		X
Verificar encendido y marcación de recorrido.		Y	X		X			X		X	Y		X			X	X					X			X	X			X		X
Verificar combustible.		X	X		Y			X		X	X		X			X	X					X			X	X			X		X
Verificar ruidos anormales		X	X		X			X		X	X		X			Y	X					X			Y	X			X		X
Verificar estado de lubricación			X		X			Y		X	X		X			X	Y					X			X	X			X		X
Inspección estado de motor.			C		C			C			C		C				C		C							C					C
Verificar estado de filtros		X														Y							X								
x = Correcto    Y = Incorrecto    C = Acción correctiva																															

*Nota.* Elaboración propia

**Paso 6: Organizar y ordenar el área de trabajo**

La importancia de organizar y ordenar el lugar de trabajo conlleva una planificación y ejecución exhausta donde se pretendió obtener consciencia mediante la capacitación y prevalecerla en el tiempo. Por esta razón fue elaborada en el desarrollo de la siguiente investigación en la primera variable como metodología 5S.

### Paso 7: Completar la gestión autónoma del mantenimiento

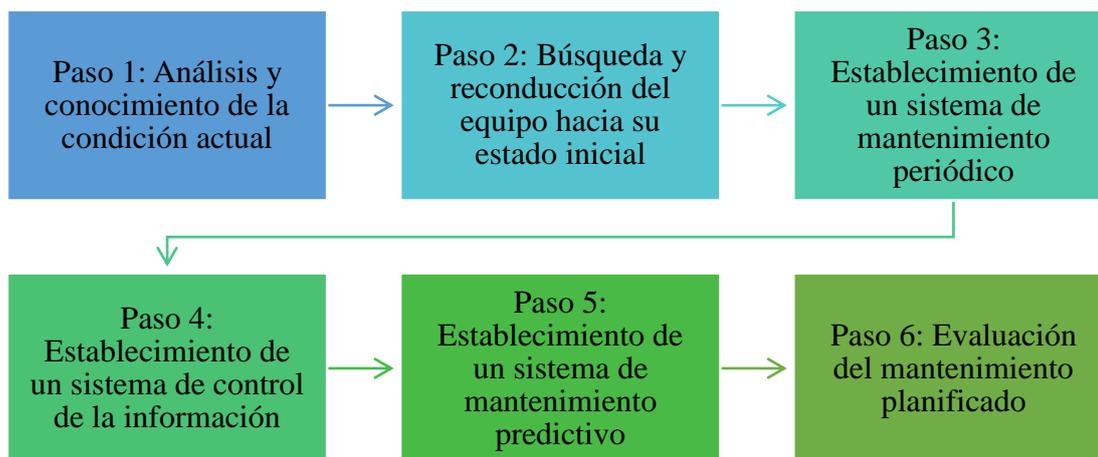
En el presente paso se persiste en que los trabajadores tomen consciencia de la importancia y las mejores prácticas respecto de la estandarización junto con controles y los buenos resultados que ello conlleva, posteriormente se recomienda establecer auditorías internas para lograr validar lo desarrollado.

### Etapa 8: Mantenimiento planificado

La presente etapa es de importancia debido a que busca programar mantenimiento a los equipos de manera preventiva, con el propósito de evitar demoras en la entrega de estos para la fecha solicitada, para ello se busca la eficiencia en cada proceso y en la utilidad del equipo. Por esta razón se ha dividido en seis pasos para implementar en mantenimiento planificado de manera organizada. Ver figura 114.

#### Figura 114:

*Seis pasos para la implementación de mantenimiento planificado de forma organizada*



*Nota.* Elaboración propia

### Paso 1: Análisis y conocimiento de la condición actual operativa del equipo

En este paso se enfocó en el cálculo del tiempo medio entre averías (MTBF) y tiempo medio de parada por averías (MTTR), visualizados en las tres figuras a continuación mencionadas. Para dicho resultado se consideró 24 semanas, de las cuales fueron evaluadas en tres distintos procesos. En la figura 115 se enfoca en el proceso pre implementación, en la figura 116 se muestra durante el proceso de implementación y en la figura 117 se visualiza el proceso de post implementación. Esta información se obtiene mediante los datos del tiempo de funcionamiento (TF) y número de averías o paradas (NP). Esta información será de utilidad para el cálculo final del % de disponibilidad.

**Figura 115:**

*Tiempo medio entre averías (MTBF) y tiempo de paradas por averías (MTTR) pre implementación*

			TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF) Y TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍAS (MTTR)							
Nº	FECHA	SEMANA	PRE/ POST	TIPO DE MTTO	COD_MAQ	NÚMERO DE PARADAS (NP)	TIEMPO DE AVERÍA (TP) (minutos)	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (TF) (minutos)	TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF)	TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍA (MTTR)
1	6/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_32	5	315.6	2564.4	512.88	63.12
2	6/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_19	2	394.8	2485.2	1242.6	197.4
3	9/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_29	3	375	2505	835	125
4	10/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_08	2	207.6	2672.4	1336.2	103.8
5	11/03/2023	SEMANA 1	PRE	PREVENTIVO	VP_09	4	192	2688	672	48
6	10/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_16	1	387	2493	2493	387
7	18/03/2023	SEMANA 2	PRE	PREVENTIVO	VP_22	2	366.6	2513.4	1256.7	183.3
8	13/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_20	1	189	2691	2691	189
9	14/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_24	2	420	2460	1230	210
10	15/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_25	2	381	2499	1249.5	190.5
11	14/03/2023	SEMANA 2	PRE	PREVENTIVO	VP_06	3	191.4	2688.6	896.2	63.8
12	17/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_49	1	388.8	2491.2	2491.2	388.8
13	18/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_12	1	180.6	2699.4	2699.4	180.6
14	18/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_11	1	381.6	2498.4	2498.4	381.6
15	20/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_27	3	393.6	2486.4	828.8	131.2
16	21/03/2023	SEMANA 3	PRE	PREVENTIVO	VP_30	1	192.6	2687.4	2687.4	192.6
17	22/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_43	1	389.4	2490.6	2490.6	389.4
18	23/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_10	1	207	2673	2673	207
19	23/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_13	3	426.6	2453.4	817.8	142.2
20	25/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_04	2	393.6	2486.4	1243.2	196.8
21	28/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_03	1	381.6	2498.4	2498.4	381.6
22	31/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_05	2	388.8	2491.2	1245.6	194.4
23	1/04/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_07	1	375	2505	2505	375
24	1/04/2023	SEMANA 4	PRE	PREVENTIVO	VP_42	2	207	2673	1336.5	103.5
25	28/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_41	1	361.8	2518.2	2518.2	361.8
26	29/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_35	2	360	2520	1260	180
27	30/03/2023	SEMANA 4	PRE	PREVENTIVO	VP_45	3	193.8	2686.2	895.4	64.6
28	30/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_15	2	189.6	2690.4	1345.2	94.8
29	31/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_18	1	453	2427	2427	453
30	4/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_47	1	421.2	2458.8	2458.8	421.2
31	5/04/2023	SEMANA 5	PRE	PREVENTIVO	VP_50	1	209.4	2670.6	2670.6	209.4
32	3/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_46	2	394.8	2485.2	1242.6	197.4
33	6/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_26	1	361.2	2518.8	2518.8	361.2
34	4/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_02	1	198	2682	2682	198
35	8/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_31	1	429	2451	2451	429
36	11/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_40	1	240	2640	2640	240
37	10/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_44	1	203.4	2676.6	2676.6	203.4
38	14/04/2023	SEMANA 6	PRE	PREVENTIVO	VP_01	1	427.2	2452.8	2452.8	427.2
39	10/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_39	2	249	2631	1315.5	124.5
40	12/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_17	3	429	2451	817	143
41	13/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_28	1	393	2487	2487	393

*Nota. Elaboración propia*

**Figura 116:**

*Tiempo medio entre averías (MTBF) tiempo medio de paradas por averías (MTTR) en implementación*

			TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF) Y TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍAS (MTTR)							
Nº	FECHA	SEMANA	PRE/ POST	TIPO DEMITTO	COD_MAO	NÚMERO DE PARADAS (NP)	TIEMPO DE AVERÍA (TP) (minutos)	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (TF) (minutos)	TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF)	TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍA (MTTR)
42	17/04/2023	SEMANA 7	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_04	2	453	2427	1213.5	226.5
43	19/04/2023	SEMANA 7	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_20	2	371.4	2508.6	1254.3	185.7
44	20/04/2023	SEMANA 7	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_16	2	452.4	2427.6	1213.8	226.2
45	24/04/2023	SEMANA 8	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_37	1	274.2	2605.8	2605.8	274.2
46	25/04/2023	SEMANA 8	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_10	1	269.4	2610.6	2610.6	269.4
47	27/04/2023	SEMANA 8	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_06	2	265.8	2614.2	1307.1	132.9
48	28/04/2023	SEMANA 8	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_14	3	307.2	2572.8	857.6	102.4
49	2/05/2023	SEMANA 9	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_22	5	269.4	2610.6	522.12	53.88
50	3/05/2023	SEMANA 9	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_28	4	268.2	2611.8	652.95	67.05
51	5/05/2023	SEMANA 9	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_48	2	213	2667	1333.5	106.5
52	8/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_19	2	243.6	2636.4	1318.2	121.8
53	10/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_01	2	213	2667	1333.5	106.5
54	11/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_17	2	246.6	2633.4	1316.7	123.3
55	12/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_44	3	121.2	2758.8	919.6	40.4
56	13/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_35	5	247.8	2632.2	526.44	49.56
57	16/05/2023	SEMANA 11	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_12	4	154.2	2725.8	681.45	38.55
58	17/05/2023	SEMANA 11	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_47	2	251.4	2628.6	1314.3	125.7
59	19/05/2023	SEMANA 11	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_40	3	149.4	2730.6	910.2	49.8
60	22/05/2023	SEMANA 12	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_03	3	249	2631	877	83
61	25/05/2023	SEMANA 12	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_43	1	274.2	2605.8	2605.8	274.2
62	26/05/2023	SEMANA 12	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_05	1	201	2679	2679	201
63	29/05/2023	SEMANA 13	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_18	2	301.2	2578.8	1289.4	150.6
64	31/05/2023	SEMANA 13	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_07	1	195.6	2684.4	2684.4	195.6
65	2/06/2023	SEMANA 13	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_11	5	195.6	2684.4	536.88	39.12
66	3/06/2023	SEMANA 13	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_50	4	133.8	2746.2	686.55	33.45
67	5/06/2023	SEMANA 14	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_45	3	83.4	2796.6	932.2	27.8
68	7/06/2023	SEMANA 14	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_08	3	133.2	2746.8	915.6	44.4
69	9/06/2023	SEMANA 14	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_29	2	249.6	2630.4	1315.2	124.8
70	13/06/2023	SEMANA 15	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_02	5	91.2	2788.8	557.76	18.24
71	14/06/2023	SEMANA 15	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_15	4	201.6	2678.4	669.6	50.4
72	16/06/2023	SEMANA 15	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_13	2	245.4	2634.6	1317.3	122.7
73	19/06/2023	SEMANA 16	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_42	3	181.2	2698.8	899.6	60.4
74	21/06/2023	SEMANA 16	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_21	3	130.8	2749.2	916.4	43.6
75	22/06/2023	SEMANA 16	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_30	1	86.4	2793.6	2793.6	86.4
76	23/06/2023	SEMANA 16	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_46	1	252.6	2627.4	2627.4	252.6
77	26/06/2023	SEMANA 17	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_23	2	213.6	2666.4	1333.2	106.8
78	28/06/2023	SEMANA 17	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_09	2	273	2607	1303.5	136.5
79	3/07/2023	SEMANA 18	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_41	1	232.8	2647.2	2647.2	232.8
80	5/07/2023	SEMANA 18	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_36	3	141.6	2738.4	912.8	47.2
81	7/07/2023	SEMANA 18	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_49	2	197.4	2682.6	1341.3	98.7

*Nota. Elaboración propia*

**Figura 117:**

*Tiempo medio entre averías (MTBF) tiempo de paradas por averías (MTTR) post implementación*

			TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF) Y TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍAS (MTTR)							
Nº	FECHA	SEMANA	PRE/ POST	TIPO DEMITTO	COD_MAQ	NÚMERO DE PARADAS (NP)	TIEMPO DE AVERÍA (TP) (minutos)	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (TF) (minutos)	TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF)	TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍA (MTTR)
82	10/07/2023	SEMANA 19	POST	CORRECTIVO	VP_07	1	61.2	2818.8	2818.8	61.2
83	10/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_15	1	19.2	2860.8	2860.8	19.2
84	12/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_05	1	66	2814	2814	66
85	12/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_11	1	60	2820	2820	60
86	13/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_30	1	33	2847	2847	33
87	14/07/2023	SEMANA 19	POST	CORRECTIVO	VP_16	1	35.4	2844.6	2844.6	35.4
88	17/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_06	1	72	2808	2808	72
89	17/07/2023	SEMANA 20	POST	CORRECTIVO	VP_17	1	9.6	2870.4	2870.4	9.6
90	17/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_19	1	75	2805	2805	75
91	18/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_24	1	79.2	2800.8	2800.8	79.2
92	18/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_12	1	61.2	2818.8	2818.8	61.2
93	21/07/2023	SEMANA 20	POST	CORRECTIVO	VP_27	2	138	2742	1371	69
94	21/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_25	1	90	2790	2790	90
95	22/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_18	1	21	2859	2859	21
96	24/07/2023	SEMANA 21	POST	PREVENTIVO	VP_03	1	69	2811	2811	69
97	24/07/2023	SEMANA 21	POST	CORRECTIVO	VP_14	1	75	2805	2805	75
98	24/07/2023	SEMANA 21	POST	CORRECTIVO	VP_02	1	68.4	2811.6	2811.6	68.4
99	25/07/2023	SEMANA 21	POST	PREVENTIVO	VP_39	1	79.2	2800.8	2800.8	79.2
100	26/07/2023	SEMANA 21	POST	PREVENTIVO	VP_04	1	69	2811	2811	69
101	27/07/2023	SEMANA 21	POST	PREVENTIVO	VP_20	1	87.6	2792.4	2792.4	87.6
102	31/07/2023	SEMANA 22	POST	CORRECTIVO	VP_09	1	60	2820	2820	60
103	31/07/2023	SEMANA 22	POST	CORRECTIVO	VP_32	1	75	2805	2805	75
104	31/07/2023	SEMANA 22	POST	PREVENTIVO	VP_49	1	33.6	2846.4	2846.4	33.6
105	2/08/2023	SEMANA 22	POST	PREVENTIVO	VP_48	1	60.6	2819.4	2819.4	60.6
106	2/08/2023	SEMANA 22	POST	CORRECTIVO	VP_35	1	33	2847	2847	33
107	3/08/2023	SEMANA 22	POST	PREVENTIVO	VP_28	1	63.6	2816.4	2816.4	63.6
108	3/08/2023	SEMANA 22	POST	PREVENTIVO	VP_50	1	60.6	2819.4	2819.4	60.6
109	8/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_31	1	22.2	2857.8	2857.8	22.2
110	8/08/2023	SEMANA 23	POST	CORRECTIVO	VP_36	1	66.6	2813.4	2813.4	66.6
111	10/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_41	1	71.4	2808.6	2808.6	71.4
112	10/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_47	1	66	2814	2814	66
113	11/08/2023	SEMANA 23	POST	CORRECTIVO	VP_22	1	63	2817	2817	63
114	11/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_21	1	21.6	2858.4	2858.4	21.6
115	12/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_23	1	77.4	2802.6	2802.6	77.4
116	14/08/2023	SEMANA 24	POST	CORRECTIVO	VP_10	1	68.4	2811.6	2811.6	68.4
117	15/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_42	2	88.8	2791.2	1395.6	44.4
118	15/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_33	1	34.8	2845.2	2845.2	34.8
119	17/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_34	1	61.2	2818.8	2818.8	61.2
120	17/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_46	2	33.6	2846.4	1423.2	16.8
121	18/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_37	1	61.8	2818.2	2818.2	61.8
122	18/08/2023	SEMANA 24	POST	CORRECTIVO	VP_08	1	33	2847	2847	33

*Nota.* Elaboración propia

**Paso 2: Búsqueda y reconducción del equipo hacia su estado ideal**

En la presente etapa se analiza y se busca resolver las reincidencias de fallos en el equipo, mediante el detalle de reconocer el tipo de falla, el diagnóstico analizado, la consecuencia de origen, el sistema involucrado, el tipo de repuesto de cambio y la solución que se brindó. Toda esta información se muestra en el formato de fallos, recogiendo datos durante los tres distintos procesos. En la figura 119 se muestra el proceso pre implementación, en la figura 120 el proceso de implementación y en la figura 121 el proceso post implementación.

**Figura 118:**

*Formato de fallas pre implementación*

			FORMATO DE FALLOS								
N°	FECHA	SEMANA	PRE/ POST	TIPO DEMITTO	COD_MAQ	TIPO DE FALLA	DIAGNOSTICO	CONSECUENCIA DE ORIGEN	SISTEMA INVOLUCRADO	TIPO DE REPLETO DE CAMBIO	SOLUCION
42	17/04/2023	SEMANA 7	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_04	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
43	19/04/2023	SEMANA 7	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_20	Mecánica	Mtto correctivo	Desgastes de anillos	Recorrido	Motor	Limpieza de carburador
44	20/04/2023	SEMANA 7	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_16	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
45	24/04/2023	SEMANA 8	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_37	Mecánica	Desgaste de zapata	Operacional	Pisón	Mtto preventivo	Limpieza de carburador y buja
46	25/04/2023	SEMANA 8	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_10	Mecánica	Desgaste de embrague	Mala operación	Operacional	Motor	Cambio de filtro de aceite
47	27/04/2023	SEMANA 8	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_06	Mecánica	Mtto preventivo	Zapata desgastada	Mecánica	Zapata	Cambio de zapata
48	28/04/2023	SEMANA 8	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_14	Eléctrica	No arranca el motor	Buja húmeda	Operacional	motor	Cambio de manija
49	2/05/2023	SEMANA 9	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_22	Mecánica	Mtto preventivo	Mala operación	Operacional	Motor	Reajuste de pernos
50	3/05/2023	SEMANA 9	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_28	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
51	5/05/2023	SEMANA 9	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_48	Mecánica	Mtto preventivo	Recorrido	Motor	Motor	Cambio de protector de motor
52	8/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_19	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
53	10/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_01	Mecánica	Desgaste de zapata	Operacional	Pisón	Mtto preventivo	Limpieza de carburador y buja
54	11/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_17	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
55	12/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_44	Mecánica	Soguilla de retractil roto	Desgaste de guía	Recorrido	motor	Cambio de retractil
56	13/05/2023	SEMANA 10	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_35	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
57	16/05/2023	SEMANA 11	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_12	Mecánica	Mtto preventivo	Filtro de combustible dañado	Operacional	Filtro de combustible	Cambio de filtro de combustible
58	17/05/2023	SEMANA 11	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_47	Mecánica	Desgaste de guía	Recorrido	Motor	Retractil	Cambio de retractil
59	19/05/2023	SEMANA 11	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_40	Mecánica	Tapón de aceite mas hilo dañado	Operacional	Motor	Tapón	Cambio de tapón de aceite
60	22/05/2023	SEMANA 12	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_03	Mecánica	Fuga de aceite	Mtto preventivo	Recorrido	Filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite
61	25/05/2023	SEMANA 12	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_43	Mecánica	Fuga de aceite	Tapón de aceite mas hilo dañado	Operacional	Motor	Servicio de torno, reconstrucción de hilo
62	26/05/2023	SEMANA 12	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_05	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
63	29/05/2023	SEMANA 13	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_18	Mecánica	Soguilla de retractil roto	Desgaste de guía	Recorrido	motor	Cambio de embrague
64	31/05/2023	SEMANA 13	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_07	Mecánica	Protector de motor roto	Operacional	Motor	Protector de motor	Servicio de torno, reconstrucción de hilo
65	2/06/2023	SEMANA 13	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_11	Mecánica	Mtto preventivo	Recorrido	Motor	Mtto preventivo	Mtto preventivo
66	3/06/2023	SEMANA 13	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_50	Mecánica	Sonidos de golpeteo de metal	perno sueltos	Recorrido	Motor	Cambio de retractil
67	5/06/2023	SEMANA 14	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_45	Mecánica	No arranca el motor	Buja húmeda	Operacional	motor	Cambio de buja
68	7/06/2023	SEMANA 14	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_08	Mecánica	Mtto correctivo	Desgaste de guía	Recorrido	Mtto correctivo	Cambio de retractil
69	9/06/2023	SEMANA 14	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_29	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
70	13/06/2023	SEMANA 15	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_02	Eléctrica	Buja húmeda	Operacional	Motor	Buja	Cambio de buja
71	14/06/2023	SEMANA 15	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_15	Mecánica	Fuga de aceite	Mtto preventivo	Recorrido	Filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite
72	16/06/2023	SEMANA 15	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_13	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
73	19/06/2023	SEMANA 16	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_42	Eléctrica	Fuga de aceite	Falta de ajuste al tapon de aceite	Operacional	Motor	Reajuste de pernos
74	21/06/2023	SEMANA 16	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_21	Eléctrica	Buja húmeda	Operacional	Motor	Buja	Cambio de buja
75	22/06/2023	SEMANA 16	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_30	Mecánica	Mtto preventivo	Protector de motor roto	Operacional	Motor	Reajuste de pernos
76	23/06/2023	SEMANA 16	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_46	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
77	26/06/2023	SEMANA 17	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_23	Mecánica	Desgaste de anillos	Recorrido	Motor	Anillos	Cambio de anillos
78	28/06/2023	SEMANA 17	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_09	Eléctrica	Mtto preventivo	Falta de manto preventivo	Protector	Mtto preventivo	Reajuste de pernos
79	3/07/2023	SEMANA 18	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_41	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
80	5/07/2023	SEMANA 18	IMPLEMENTACION	CORRECTIVO	VP_36	Mecánica	Mtto correctivo	Desgastes de anillos	Recorrido	Mtto correctivo	Limpieza de carburador
81	7/07/2023	SEMANA 18	IMPLEMENTACION	PREVENTIVO	VP_49	Mecánica	Desgaste de anillos	Recorrido	Motor	Anillos	Cambio de anillos

*Nota. Elaboración propia*

**Figura 119:**

*Formato de fallas en implementación*

		FORMATO DE FALLOS									
N°	FECHA	SEMANA	PRE / POST	TIPO DE MTTTO	COD_MAQ	TIPO DE FALLA	DIAGNOSTICO	CONSECUENCIA DE ORIGEN	SISTEMA INVOLUCRADO	TIPO DE REPUESTO DE CAMBIO	SOLUCION
1	6/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_32	Mecánica	Mtto correctivo	Perno de acelerador	Recorrido	Mtto correctivo	Cambio de protector
2	6/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_19	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
3	9/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_29	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
4	10/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_08	Mecánica	Mtto correctivo	Desgaste de guía	Recorrido	Mtto correctivo	Cambio de retractor
5	11/03/2023	SEMANA 1	PRE	PREVENTIVO	VP_09	Eléctrica	Mtto preventivo	Falta de manto	Protector	Mtto preventivo	Reajuste de pernos
6	10/03/2023	SEMANA 1	PRE	CORRECTIVO	VP_16	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
7	18/03/2023	SEMANA 2	PRE	PREVENTIVO	VP_22	Mecánica	Mtto preventivo	Mala operación	Operacional	Motor	Mtto preventivo
8	13/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_20	Mecánica	Mtto correctivo	Desgaste de anillos	Recorrido	Mtto correctivo	Limpieza de carburador
9	14/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_24	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
10	15/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_25	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
11	14/03/2023	SEMANA 2	PRE	PREVENTIVO	VP_06	Mecánica	Mtto preventivo	Bujía húmeda	Operacional	Mtto preventivo	Cambio de bujía
12	17/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_49	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
13	18/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_12	Eléctrica	Mtto correctivo	Filtro de aire dañado	Operacional	Motor	Cambio de filtro de
14	18/03/2023	SEMANA 2	PRE	CORRECTIVO	VP_11	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
15	20/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_27	Mecánica	Mtto correctivo	Tapón de aceite mas hilo dañado	Operacional	Motor	Servicio de torno, reconstrucción de hilo
16	21/03/2023	SEMANA 3	PRE	PREVENTIVO	VP_30	Mecánica	Mtto preventivo	Protector de motor roto	Operacional	Motor	Reajuste de pernos
17	22/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_43	Mecánica	Fuga de aceite	Tapón de aceite mas hilo dañado	Operacional	Motor	Servicio de torno, reconstrucción de hilo
18	23/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_10	Mecánica	Mtto correctivo	Exceso de aceite	Manipulación del equip	Motor	Cambio de filtro de aceite
19	23/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_13	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
20	25/03/2023	SEMANA 3	PRE	CORRECTIVO	VP_04	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
21	28/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_03	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
22	31/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_05	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
23	1/04/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_07	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
24	1/04/2023	SEMANA 4	PRE	PREVENTIVO	VP_42	Eléctrica	Fuga de aceite	Falta de ajuste al tapon	Operacional	Motor	Reajuste de pernos
25	28/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_41	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
26	29/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_35	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
27	30/03/2023	SEMANA 4	PRE	PREVENTIVO	VP_45	Mecánica	No arranca el motor	Bujía húmeda	Operacional	Motor	Cambio de bujía
28	30/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_15	Mecánica	Fuga de aceite	Oring de tapon de aceite reseco	Recorrido	Motor	Limpieza de carburador
29	31/03/2023	SEMANA 4	PRE	CORRECTIVO	VP_18	Mecánica	Soguilla de	Desgaste de guía	Recorrido	Motor	Cambio de embrague
30	4/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_47	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
31	5/04/2023	SEMANA 5	PRE	PREVENTIVO	VP_50	Mecánica	Sonidos de golpeteo de metal	perno sueltos	Recorrido	Motor	Cambio de retractor
32	3/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_46	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
33	6/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_26	Mecánica	Fuga de aceite	Tapón de aceite mas hilo dañado	Operacional	Motor	Servicio de torno, reconstrucción de hilo
34	4/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_02	Eléctrica	Bujía húmeda	Operacional	Motor	Bujía	Cambio de bujía
35	8/04/2023	SEMANA 5	PRE	CORRECTIVO	VP_31	Mecánica	Desgaste de zapato	Operacional	Pisón	Zapato	Cambio de zapata
36	11/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_40	Mecánica	Tapón de aceite mas hilo dañado	Operacional	Motor	Tapón	Cambio de tapón de aceite
37	10/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_44	Mecánica	Soguilla de retractor roto	Desgaste de guía	Recorrido	Motor	Cambio de retractor
38	14/04/2023	SEMANA 6	PRE	PREVENTIVO	VP_01	Mecánica	Desgaste de zapata	Operacional	Pisón	Mtto preventivo	Limpieza de carburador y bujía
39	10/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_39	Eléctrica	Falta de ajuste al tapon de aceite	Operacional	Motor	Mantenimiento	Reajuste de pernos y tapón
40	12/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_17	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo
41	13/04/2023	SEMANA 6	PRE	CORRECTIVO	VP_28	Mecánica	Mtto correctivo	Recorrido	Motor	Mtto correctivo	Mtto correctivo

*Nota. Elaboración propia*

**Figura 120:**

*Formato de fallos post implementación*

			FORMATO DE FALLOS								
Nº	FECHA	SEMANA	PRE / POST	TIPO DE MTO	COD_MAQ	TIPO DE FALLA	DIAGNOSTICO	CONSECUENCIA DE ORIGEN	SISTEMA INVOLUCRADO	TIPO DE REPUESTO DE CAMBIO	SOLUCION
82	10/07/2023	SEMANA 19	POST	CORRECTIVO	VP_07	Mecánica	Protector de motor roto	Operacional	Motor	Protector de motor	Cambio de protector de motor
83	10/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_15	Mecánica	Fuga de aceite	Mto preventivo	Recorrido	Filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite
84	12/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_05	Mecánica	Mto preventivo	Recorrido	Motor	Mto preventivo	Mto preventivo
85	12/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_11	Mecánica	Mto preventivo	Recorrido	Fuelle	Mto preventivo	Limpieza de fuelle
86	13/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_30	Mecánica	Sonidos de golpeo de metal	Protector de motor roto	Operacional	Motor	Reajuste de pernos
87	14/07/2023	SEMANA 19	POST	CORRECTIVO	VP_16	Mecánica	Desgaste de guía	Recorrido	Motor	Alternativo	Cambio de retractil
88	17/07/2023	SEMANA 19	POST	PREVENTIVO	VP_06	Mecánica	Mto preventivo	Zapata desgastada	Mecánica	Zapata	Cambio de zapata
89	17/07/2023	SEMANA 20	POST	CORRECTIVO	VP_17	Mecánica	Oring de tapon de aceite reseco	Recorrido	Motor	Oring	Cambio de oring
90	17/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_19	Mecánica	Mto preventivo	Recorrido	Motor	Mto preventivo	Mto preventivo
91	18/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_24	Mecánica	Sensor de aceite encendido	Recorrido	Motor	Mto preventivo	Mto preventivo
92	18/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_12	Mecánica	Mto preventivo	Filtro de combustible dañado	Operacional	Filtro de combustible	Cambio de filtro de combustible
93	21/07/2023	SEMANA 20	POST	CORRECTIVO	VP_27	Mecánica	Mto correctivo	Recorrido	Motor	Mto correctivo	Mto correctivo
94	21/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_25	Mecánica	Desgaste de zapata	Operacional	Pisón	Mto preventivo	Limpieza de carburador y bujía
95	22/07/2023	SEMANA 20	POST	PREVENTIVO	VP_18	Mecánica	Mto preventivo	Bujía húmeda	Operacional	Mto preventivo	Cambio de bujía
96	24/07/2023	SEMANA 21	POST	PREVENTIVO	VP_03	Mecánica	Fuga de aceite	Mto preventivo	Recorrido	Filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite
97	24/07/2023	SEMANA 21	POST	CORRECTIVO	VP_14	Eléctrica	No arranca el motor	Bujía húmeda	Operacional	motor	Cambio de manija
98	24/07/2023	SEMANA 21	POST	CORRECTIVO	VP_02	Eléctrica	Fuga de aceite	Falta de ajuste al tapon de aceite	Operacional	Motor	Reajuste de pernos
99	25/07/2023	SEMANA 21	POST	PREVENTIVO	VP_39	Eléctrica	Sensor de aceite encendido	Protector	Eléctrico	Mantenimiento	Mto preventivo
100	26/07/2023	SEMANA 21	POST	PREVENTIVO	VP_04	Mecánica	Fuga de aceite	Exceso de aceite	Manipulación del equipo	Motor	Cambio de filtro de aceite
101	27/07/2023	SEMANA 21	POST	PREVENTIVO	VP_20	Mecánica	Perdida de potencia	Desgastes de anillos	Recorrido	Motor	Limpieza de carburador
102	31/07/2023	SEMANA 22	POST	CORRECTIVO	VP_09	Mecánica	Balancines sueltos	Motor	Motor	Balancines	Cambio de balancines
103	31/07/2023	SEMANA 22	POST	CORRECTIVO	VP_32	Eléctrica	No arranca el motor	Bujía húmeda	Operacional	motor	Cambio de manija
104	31/07/2023	SEMANA 22	POST	PREVENTIVO	VP_49	Mecánica	Desgaste de anillos	Recorrido	Motor	Anillos	Cambio de anillos
105	2/08/2023	SEMANA 22	POST	PREVENTIVO	VP_48	Mecánica	Mto preventivo	Recorrido	Motor	Motor	Cambio de protector de motor
106	2/08/2023	SEMANA 22	POST	CORRECTIVO	VP_35	Mecánica	Fuga de aceite	Tapón de aceite mas hilo dañado	Operacional	Motor	Servicio de torno, reconstrucción de hilo
107	3/08/2023	SEMANA 22	POST	PREVENTIVO	VP_28	Mecánica	Mto preventivo	Recorrido	Motor	Motor	Cambio de protector de motor
108	3/08/2023	SEMANA 22	POST	PREVENTIVO	VP_50	Mecánica	Perdida de potencia	Desgastes de anillos	Recorrido	Motor	Limpieza de carburador
109	8/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_31	Mecánica	Mto preventivo	Bujía húmeda	Operacional	Mto preventivo	Cambio de bujía
110	8/08/2023	SEMANA 23	POST	CORRECTIVO	VP_36	Mecánica	Mto correctivo	Desgastes de anillos	Recorrido	Mto correctivo	Limpieza de carburador
111	10/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_41	Mecánica	Fuga de aceite	Tapón de aceite mas hilo dañado	Operacional	Motor	Servicio de torno, reconstrucción de hilo
112	10/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_47	Mecánica	Desgaste de guía	Recorrido	Motor	Retractil	Cambio de retractil
113	11/08/2023	SEMANA 23	POST	CORRECTIVO	VP_22	Mecánica	Desgaste de embrague	Mala operación	Operacional	Motor	Mto correctivo
114	11/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_21	Eléctrica	Bujía húmeda	Operacional	Motor	Bujía	Cambio de bujía
115	12/08/2023	SEMANA 23	POST	PREVENTIVO	VP_23	Mecánica	Desgaste de anillos	Recorrido	Motor	Anillos	Cambio de anillos
116	14/08/2023	SEMANA 24	POST	CORRECTIVO	VP_10	Mecánica	Desgaste de embrague	Mala operación	Operacional	Motor	Mto correctivo
117	15/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_42	Mecánica	Desgaste de embrague	Operacional	Motor	Embrague	Cambio de embrague
118	15/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_33	Mecánica	No arranca el motor	Bujía húmeda	Operacional	motor	Cambio de anillos
119	17/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_34	Mecánica	Sensor de aceite encendido	Protector	Eléctrico	Mantenimiento	Mto preventivo
120	17/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_46	Mecánica	Mto correctivo	Desgaste de guía	Recorrido	Mto correctivo	Cambio de retractil
121	18/08/2023	SEMANA 24	POST	PREVENTIVO	VP_37	Mecánica	Desgaste de zapata	Operacional	Pisón	Mto preventivo	Limpieza de carburador y bujía
122	18/08/2023	SEMANA 24	POST	CORRECTIVO	VP_08	Mecánica	No arranca el motor	Bujía húmeda	Operacional	Motor	Cambio de anillos

*Nota.* Elaboración propia

### Paso 3: Establecimiento de un sistema de mantenimiento periódico

El presente paso se ha ido desarrollando durante la aplicación del TPM, donde se evaluó los grupos de familia de los equipos, es así que se consideró al vibroapisonador debido a que contaba con menor disponibilidad al momento de ser solicitado, por ello se le dio el enfoque respectivo, además se ha desarrollado la aplicación de las 5S y diagrama de Spaghetti de manera que se disminuya el tiempo en la ejecución del trabajo, apoyándose con la estandarización de las funciones y sus tiempos.

El paso cuatro y paso cinco, no han sido ejecutados en la investigación debido a que involucra un presupuesto de inversión el cual deberá ser estudiado, analizado y desarrollado para la adquisición de nueva tecnología como es la creación de un software para enfocar un control automatizado y llevar a cero la probabilidad de averías. Sin embargo, el desarrollo que se ha elaborado forma parte de mantener un mantenimiento periódico y organizado, y los trabajadores se han ido familiarizando con nuevos retos, mejoras y capacitación en base al mismo objetivo, de tal forma que se encuentren preparados para lo recomendado.

### Paso 6: Evaluación del mantenimiento planificado

Finalmente, en el último paso se procedió a obtener la disponibilidad de cada equipo vibroapisonador a través de los cálculos del tiempo medio de parada por averías y el tiempo medio entre averías. Serán desarrolladas en el formato de disponibilidad operacional. En la figura 121 se muestra el proceso pre implementación, en la figura 122 el proceso de implementación y en la figura 123 el proceso post implementación.

#### Figura 121:

*Formato de disponibilidad pre implementación*

 P.A. PERU S.A.C. PROFESIONALES ASOCIADOS		FORMATO DE DISPONIBILIDAD	
SEMANA	TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF)	TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍA (MTTR)	DISPONIBILIDAD
1	7091.68	924.32	88.47%
2	15012.4	1787.6	89.36%
3	10740.8	1259.2	89.51%
4	16031.3	2208.7	87.89%
5	14023.8	1816.2	88.53%
6	12388.9	1531.1	89.00%
PROMEDIO			88.79%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 122:**

*Formato de disponibilidad en implementación*

 P.A. PERU S.A.C. PROFESIONALES ASOCIADOS		FORMATO DE DISPONIBILIDAD	
SEMANA	TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF)	TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍA (MITR)	DISPONIBILIDAD
7	3681.6	638.4	85.22%
8	7381.1	778.9	90.45%
9	2508.57	227.43	91.69%
10	5414.44	441.56	92.46%
11	2905.95	214.05	93.14%
12	6161.8	558.2	91.69%
13	5197.23	418.77	92.54%
14	3163	197	94.14%
15	2544.66	191.34	93.01%
16	7237	443	94.23%
17	2636.7	243.3	91.55%
18	4901.3	378.7	92.83%
PROMEDIO			91.91%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 123:**

*Formato de disponibilidad post implementación*

 P.A. PERU S.A.C. PROFESIONALES ASOCIADOS		FORMATO DE DISPONIBILIDAD	
SEMANA	TIEMPO MEDIO ENTRE AVERÍAS (MTBF)	TIEMPO MEDIO DE PARADAS POR AVERÍA (MITR)	DISPONIBILIDAD
19	19813.2	346.8	98.28%
20	18315	405	97.84%
21	16831.8	448.2	97.41%
22	19773.6	386.4	98.08%
23	19771.8	388.2	98.07%
24	16959.6	320.4	98.15%
PROMEDIO			97.97%

*Nota.* Elaboración propia

### **Situación Post – Test**

Finalizada la implementación del TPM, se recopiló nuevamente el porcentaje de disponibilidad de las máquinas vibroapisonadores durante las siguientes 6 semanas, ver tabla 22, observándose que el personal se encontraba más capacitado a cerca del funcionamiento y trabajo de mantenimiento de las máquinas, con ello el personal se sintió más satisfecho y motivado con su trabajo, siendo más ordenados, organizados y eficientes, de manera que se redujo los mantenimientos correctivos. Todo ello conllevó a

lograr el aumento de porcentaje de disponibilidad de máquinas vibroapisonadores reduciendo el tiempo de mantenimiento.

En la tabla 23, se observa la diferencia de datos pre test y post test del porcentaje de disponibilidad de máquinas. Además, en la figura 124 se observa el promedio semanal de los datos pre test y post test con una diferencia de 9,1775%, adicionalmente se visualiza la evolución semanal durante la implementación.

**Tabla 22:**

*Datos post test del tercer objetivo específico*

Datos Pre Test	% Disponibilidad
Semana 19	98.2798%
Semana 20	97.8365%
Semana 21	97.4063%
Semana 22	98.0833%
Semana 23	98.0744%
Semana 24	98.1458%
<b>Promedio</b>	<b>97.9710%</b>

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 23:**

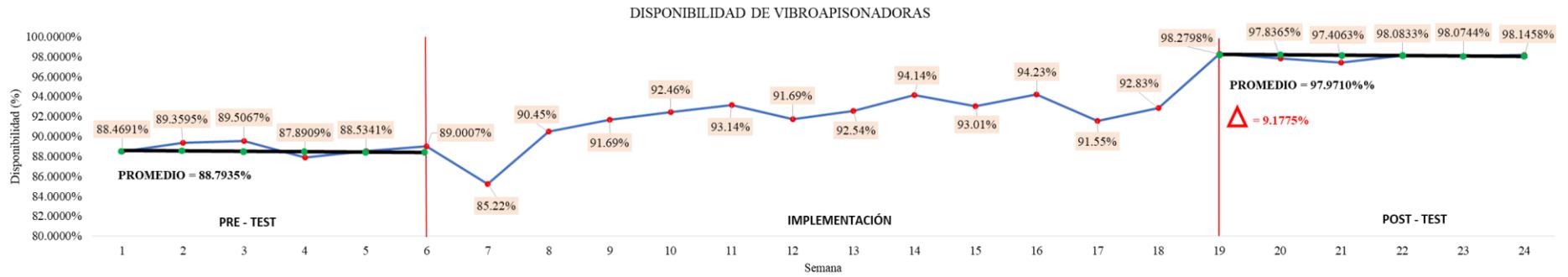
*Cuadro comparativo de datos pre y post test de la tercera variable independiente*

Datos	Promedio
Pre Test	89,5160%
Post Test	97.9710%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 124:**

*Datos pre test, implementación y post test de la tercera variable independiente*



*Nota.* Elaboración propia

## Resumen de Resultados

A continuación, en la tabla 24, se muestra a manera de resumen los resultados obtenidos en las hipótesis planteadas en la presente investigación.

**Tabla 24:**

*Resumen de resultados*

Hipótesis	Variable independiente	Variable dependiente	Indicador VD	Pre test	Post test	Variación	%
1	Metodología 5S	Productividad del personal	Tiempo realizado de mantenimiento	735,53	134,73	600,80	Aumentó 81,68%
2	Diagrama de Spaguetti	Recorrido en el área de mantenimiento	Cantidad de metros que requiero el personal para desplazarse en el área de trabajo	181,45	63,86	117,59	Disminuyó 64,81%
3	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Disponibilidad de las máquinas	% Disponibilidad de máquinas operativas	88,793	97,9710	9,1775	Incrementó 10,34%

*Nota.* Elaboración propia

## 4.5 Análisis de resultados

### Generalidades

En esta sección se emplearon los datos obtenidos respecto a los tres indicadores, por medio del estudio de información que fueron obtenidos por la empresa durante el periodo de marzo a agosto del año 2023, con el propósito de aplicar la contrastar los resultados estadísticos de las muestras en estudio.

Para todos los resultados de las pruebas se ha utilizado el software estadístico SPSS, versión 29.

### Prueba de normalidad

Para las pruebas de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: Hipótesis Nula – Los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal

H<sub>1</sub>: Hipótesis Alterna – Los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

### Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5,00% (Sig. > 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>)

Por lo tanto, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig.  $\leq$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ )

Por lo tanto, los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal.

### **Contrastación de hipótesis**

Para la contrastación de hipótesis se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

- $H_0$ : Hipótesis Nula – NO existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test.
- $H_1$ : Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test.

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

### **Reglas de decisión:**

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5,00% (Sig.  $>$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), o lo que es lo mismo, se rechaza la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: NO se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig.  $\leq$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: SI se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

### **Primera hipótesis específica**

Si se aplica la metodología 5S mejorará la productividad del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

### **Pruebas de normalidad**

#### **- Muestra Pre-Test y Post-Test**

Ante lo descrito en el punto 4.2, se consideró una muestra de 41 máquinas vibroapisonadores, donde se recolectó información durante seis semanas desde el 6 de marzo hasta el 15 de abril sobre el tiempo realizado de mantenimiento en minutos. Finalizada la implementación de las 5S, se recopiló nuevamente el tiempo realizado de mantenimiento en minutos durante las siguientes 6 semanas.

En la tabla 25 se muestra la información obtenida sobre el tiempo realizado en mantenimiento diario, donde en cada semana se promedió las muestras pre-test y post-test.

**Tabla 25:**

*Muestra pre test y post test de la primera variable dependiente*

	Semana	Tiempo realizado en mantenimiento (minutos)
<b>Pre-Test</b>	1	624.00
	2	833.00
	3	667.60
	4	970.20
	5	671.20
	6	647.20
<b>Post-Test</b>	19	115.60
	20	158.00
	21	149.40
	22	128.80
	23	129.40
	24	127.20

*Nota.* Elaboración propia

**- Estadístico descriptivo**

En la tabla 26 se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test de la variable dependiente 1 para ser analizados por tendencia central o dispersión.

**Tabla 26:**

*Estadísticos descriptivos de la primera hipótesis*

*Nota.* Elaboración propia

**- Prueba de normalidad**

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics, versión 29, para aplicar la prueba de normalidad, ver tabla 27, para los datos pre-test y post-test de la variable dependiente 1.

Variable dependiente	Muestra		Estadístico	Error estándar
Tiempo realizado en mantenimiento (minutos)	<b>Pre-Test</b>	Media	735,5333	55,8463
		Mediana	669,4000	
		Varianza	18712,875	
		Desviación estándar	136,7950	
	<b>Post-Test</b>	Media	134,7333	6,4367
		Mediana	129,1000	
		Varianza	248,587	
		Desviación estándar	15,7666	

**Tabla 27:**

*Prueba de normalidad de la primera hipótesis*

	Muestra	Klmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	<b>Sig.</b>
Tiempo realizado en mantenimiento (minutos)	Pre-Test	0,348	6	0,022	0,809	6	<b>0,700</b>
	Post-Test	0,299	6	0,101	0,905	6	<b>0,407</b>

*Nota.* IBM SPSS Versión 29

Como se obtuvo 12 datos entre las muestras pre-test y post-test, se utilizó el test de Shapiro-Wilk ya que el número de datos fue menor a 50.

Los valores de la Sig. de las muestras pre-test y post-test, son mayores que 0,05, es decir, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, la distribución de los datos sí son normales.

**- Prueba de hipótesis**

- H<sub>0</sub>: Si se aplica la metodología 5S, entonces no mejorará la productividad del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

- $H_1$ : Si se aplica la metodología 5S, entonces mejorará la productividad del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

#### - Prueba de significancia

Los datos de las muestras pre-test y post-test no son relacionadas, ya que no son los mismos elementos. Además, ambas muestras provienen de una distribución normal, por ende se utilizó la prueba de T de Student para las muestras independientes, previamente se analizó la hipótesis con la prueba de Levene para poder identificar si existía alguna igualdad entre las varianzas de las muestras pre-test y post-test.

#### - Prueba de Levene

Para la prueba de Levene se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

$H_0$ : Hipótesis Nula  $\rightarrow$  SÍ se asumen varianzas iguales.

$H_1$ : Hipótesis Alterna  $\rightarrow$  NO se asumen varianzas iguales.

Donde Sig.=0,05

#### Regla de decisión

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig.  $\geq$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).  
 $\rightarrow$  Por lo tanto: SÍ se asumen varianzas iguales
- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig.  $<$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).  
 $\rightarrow$  Por lo tanto: NO se asumen varianzas iguales

En la tabla 28, se muestra la prueba de Levene donde la Sig. tiene el valor de 0,004, lo cual es menor que 0,05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y no se asumen varianzas iguales.

#### Tabla 28:

*Prueba de Levene del primer objetivo*

Prueba de Levene de  
igualdad de varianzas

---

		F	Sig.
Tiempo realizado en mantenimiento (minutos)	Se asumen varianzas iguales	14,208	0,004
	No se asumen varianzas iguales		

Nota. IBM SPSS Versión 29

### - T de Student de muestras independientes

En la tabla 29 se observa que la Sig. es 0,001 es menor que 0,05, en consecuencia, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), en otras palabras, se acepta la hipótesis del investigador. Por lo tanto:

→ Si se aplica la metodología 5S, entonces sí mejorará la productividad del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

### Tabla 29:

Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la primera hipótesis

				Significación	95% de intervalo de confianza de la diferencia			
		t	gl	P de dos factores	Diferencias de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Tiempo realizado en mantenimiento (minutos)	Se asumen varianzas iguales	10,687	10	<,001	600,80	56,2160	475,5428	726,0572
	No se asumen varianzas iguales	10,687	5,133	<,001	600,80	56,2160	457,4096	744,1904

Nota. Elaboración propia

### Segunda hipótesis específica

El diagrama de Spaghetti reducirá el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

### Pruebas de normalidad

- Muestra Pre-Test y Post-Test

Ante lo descrito en el punto 4.2, se consideró una muestra de 41 máquinas vibroapisonadores, donde se recolectó información durante seis semanas desde el 6 de marzo hasta el 15 de abril sobre la cantidad de metros que recorre el personal para desplazarse. Finalizada la implementación del diagrama de Spaguetti, se recopiló nuevamente cantidad de metros que recorre el personal para desplazarse durante las siguientes 6 semanas.

En la tabla 30 se muestra la información obtenida sobre la cantidad de metros de recorrido, donde en cada semana se promedió las muestras pre-test y post-test.

**Tabla 30:**

*Muestras pre test y post test de la segunda variable dependiente*

	Semana	Cantidad de metros que recorre el personal para desplazarse
<b>Pre-Test</b>	1	181,03
	2	184,03
	3	180,03
	4	183,60
	5	180,30
	6	179,70
<b>Post-Test</b>	19	67,03
	20	65,27
	21	72,40
	22	62,03
	23	58,60
	24	57,83

*Nota.* Elaboración propia

- **Estadístico descriptivo**

En la tabla 31 se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test de la variable dependiente 2 para ser analizados por tendencia central o dispersión.

**Tabla 31:***Estadísticos descriptivos de la segunda hipótesis*

Variable dependiente	Muestra	Estadístico	Error estándar
Cantidad de metros que recorre el personal para desplazarse		Media	181,4483
		Mediana	180,6650
	Pre-Test	Varianza	3,571
		Desviación estándar	1,8898
		Media	63,8600
		Mediana	63,6500
	Post-Test	Varianza	30,469
		Desviación estándar	5,5198

*Nota.* Elaboración propia**- Prueba de normalidad**

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics, versión 29, para aplicar la prueba de normalidad, ver tabla 32, para los datos pre-test y post-test de la variable dependiente 2.

**Tabla 32:***Prueba de normalidad de la segunda hipótesis*

Cantidad de metros que recorre el personal para desplazarse	Muestra	Klmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	Pre-Test	0,254	6	0,200	0,830	6	<b>0,108</b>
	Post- Test	0,163	6	0,200	0,948	6	<b>0,728</b>

*Nota.* IBM SPSS Versión 29

Como se obtuvo 12 datos entre las muestras pre-test y post-test, se utilizó el test de Shapiro-Wilk ya que el número de datos fue menor a 50.

Los valores de la Sig. de las muestras pre-test y post-test, son mayores que 0,05, es decir, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ). Por lo tanto, la distribución de los datos sí son normales.

### - Prueba de hipótesis

- $H_0$ : El diagrama de Spaghetti no reducirá el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.
- $H_1$ : El diagrama de Spaghetti sí reducirá el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

### Prueba de significancia

Los datos de las muestras pre-test y post-test no son relacionadas, ya que no son los mismos elementos. Además, ambas muestras provienen de una distribución normal, por ende, se utilizó la prueba de T de Student para las muestras independientes, previamente se analizó la hipótesis con la prueba de Levene para poder identificar si existía alguna igualdad entre las varianzas de las muestras pre-test y post-test.

### - Prueba de Levene

Para la prueba de Levene se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

$H_0$ : Hipótesis Nula, SÍ se asumen varianzas iguales.

$H_1$ : Hipótesis Alternativa, NO se asumen varianzas iguales.

Donde Sig. = 0,05

### Regla de decisión

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig.  $\geq$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).  
→ Por lo tanto: SÍ se asumen varianzas iguales
- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig.  $<$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).  
→ Por lo tanto: NO se asumen varianzas iguales

En la tabla 33, se muestra la prueba de Levene donde la Sig. tiene el valor de 0,037, lo cual es menor que 0,05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y no se asumen varianzas iguales.

### Tabla 33:

*Prueba de Levene del segundo objetivo*

Prueba de Levene de  
igualdad de varianzas

		F	Sig.
Cantidad de metros que recorre el personal para desplazarse	Se asumen varianzas iguales	5,788	0,037
	No se asumen varianzas iguales		

Nota. IBM SPSS Versión 29

### - T de Student de muestras independientes

En la tabla 34 se observa que la Sig. es 0,001 es menor que 0,05, en consecuencia, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), en otras palabras, se acepta la hipótesis del investigador.

Por lo tanto:

→El diagrama de Spaghetti sí reducirá el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.

### Tabla 34:

Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la segunda hipótesis

		t	gl	Significación P de dos factores	Diferencias de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
Tiempo realizado en mantenimiento (minutos)	Se asumen varianzas iguales	49,368	10	<,001	117,5883	2,3819	112,2811	122,8955
	No se asumen varianzas iguales	49,368	6,156	<,001	117,5883	2,3819	111,7957	123,3810

Nota. IBM SPSS Versión 29

### Tercera hipótesis específica

Si se aplica el TPM mejorará la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

### Pruebas de normalidad

#### - Muestra Pre-Test y Post-Test

Ante lo descrito en el punto 4.2, se consideró una muestra de 41 máquinas vibroapisonadores, donde se recolectó información durante seis semanas desde el 6 de marzo hasta el 15 de abril sobre la disponibilidad de máquinas operativas. Finalizada la implementación del TPM, se recopiló nuevamente la disponibilidad de máquinas operativas durante las siguientes 6 semanas.

En la tabla 35 se muestra la información obtenida sobre la disponibilidad de máquinas operativas, donde en cada semana se promedió las muestras pre-test y post-test.

**Tabla 35:**

*Muestra pre test y post test de la tercera variable dependiente*

	Semana	% Disponibilidad de máquinas operativas
<b>Pre-Test</b>	1	88,4691
	2	89,3595
	3	89,5067
	4	87,8909
	5	88,5341
	6	89,0007
<b>Post-Test</b>	19	98,2798
	20	97,8365
	21	97,4063
	22	98,0833
	23	98,0744
	24	98,1458

*Nota.* Elaboración propia

#### - Estadístico descriptivo

En la tabla 36 se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test de la variable dependiente 3 para ser analizados por tendencia central o dispersión.

**Tabla 36:**

*Estadísticos descriptivos de la tercera hipótesis*

Variable dependiente	Muestra	Estadístico	Error estándar
----------------------	---------	-------------	----------------

*Nota.* IBM SPSS Versión 29

% Disponibilidad de máquinas operativas	Pre-Test	Media	88,7935%	0,2489%
		Mediana	88,7674%	
		Varianza	0,372	
		Desviación estándar	0,6097%	
	Post-Test	Media	97,9710%	0,1273%
		Mediana	98,0789%	
		Varianza	0,097%	
		Desviación estándar	0,3118%	

#### - Prueba de normalidad

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics, versión 29, para aplicar la prueba de normalidad, ver tabla 37, para los datos pre-test y post-test de la variable dependiente 3.

#### Tabla 37:

*Prueba de normalidad de la tercera hipótesis*

% Disponibilidad de máquinas operativas	Muestra	Klmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	Pre-Test	0,165	6	0,200	0,951	6	<b>0,752</b>
	Post- Test	0,297	6	0,108	0,867	6	<b>0,214</b>

*Nota.* IBM SPSS Versión 29

Como se obtuvo 12 datos entre las muestras pre-test y post-test, se utilizó el test de Shapiro-Wilk ya que el número de datos fue menor a 50.

Los valores de la Sig. de las muestras pre-test y post-test, son mayores que 0,05, es decir, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, la distribución de los datos sí son normales.

#### - Prueba de hipótesis

- H<sub>0</sub>: Si se aplica el TPM, entonces no mejorará la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

- $H_1$ : Si se aplica el TPM, entonces sí mejorará la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

### **Prueba de significancia**

Los datos de las muestras pre-test y post-test no son relacionadas, ya que no son los mismos elementos. Además, ambas muestras provienen de una distribución normal, por ende se utilizó la prueba de T de Student para las muestras independientes, previamente se analizó la hipótesis con la prueba de Levene para poder identificar si existía alguna igualdad entre las varianzas de las muestras pre-test y post-test.

### **- Prueba de Levene**

Para la prueba de Levene se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

$H_0$ : Hipótesis Nula  $\rightarrow$  SÍ se asumen varianzas iguales.

$H_1$ : Hipótesis Alternativa  $\rightarrow$  NO se asumen varianzas iguales.

Donde Sig. = 0,05

### **Regla de decisión**

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig.  $\geq$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).

$\rightarrow$  Por lo tanto: SÍ se asumen varianzas iguales

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig.  $<$  0,05), entonces, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

$\rightarrow$  Por lo tanto: NO se asumen varianzas iguales

En la tabla 38, se muestra la prueba de Levene donde la Sig. tiene el valor de 0,081, lo cual es mayor que 0,05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y sí se asumen varianzas iguales.

### **Tabla 38:**

*Prueba de Levene del tercer objetivo*

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

		F	Sig.
% Disponibilidad de máquinas operativas	Se asumen varianzas iguales	3,780	0,081
	No se asumen varianzas iguales		

Nota. IBM SPSS Versión 29

**- T de Student de muestras independiente**

En la tabla 39 se observa que la Sig. es 0,001 es menor que 0,05, en consecuencia, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), en otras palabras, se acepta la hipótesis del investigador. Por lo tanto:

→ Si se aplica el TPM, entonces sí mejorará la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.

**Tabla 39:**

*Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la tercera hipótesis*

		Significación			95% de intervalo de confianza de la diferencia			
		t	gl	P de dos factores	Diferencias de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
% Disponibilidad de máquinas operativas	Se asumen varianzas iguales	-32,823	10	<,001	-9,1775%	0,2796%	9,8005%	8,5545%
	No se asumen varianzas iguales	-32,823	7,4 48	<,001	-9,1775%	0,2796%	9,8307%	8,5243%

Nota. IBM SPSS Versión 29

**Análisis económico**

Se realizó un análisis de costo para cada variable independiente.

En la tabla 40 se visualiza los minutos de reparación por falla de la muestra pre-test y post-test. Seguidamente, se realizó el cálculo del ahorro semanal por hora, donde el costo por hora hombre es de S/9.43. Por último, se calculó el ahorro total de la implementación, obteniendo un valor de S/566.55.

**Tabla 40:**

*Ahorro total de la implementación 5S*

PRE -TEST		POST – TEST		Ahorro semanal por hora	Costo H- H	Ahorro total
Semana	Minutos de reparación por falla	Semana	Minutos de reparación por falla			
<b>1</b>	624.00	<b>19</b>	115.60	8.47	S/ 9.43	S/ 79.90
<b>2</b>	833.00	<b>20</b>	158.00	11.25	S/ 9.43	S/ 106.90
<b>3</b>	667.60	<b>21</b>	149.4	8.64	S/ 9.43	S/ 81.44
<b>4</b>	970.20	<b>22</b>	128.8	14.02	S/ 9.43	S/ 132.24
<b>5</b>	671.20	<b>23</b>	129.4	9.03	S/ 9.43	S/ 85.15
<b>6</b>	647.20	<b>24</b>	127.2	8.67	S/ 9.43	S/ 81.73
<b>Total de ahorro por implementación 5S</b>						<b>S/ 566.55</b>

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 41 se visualiza el tiempo total de recorrido en minutos de la muestra pre-test y post-test. Seguidamente, se realizó el cálculo del ahorro del tiempo total en horas, donde el costo por hora hombre es de S/9.43. Por último, se calculó el ahorro total de la implementación, obteniendo un valor de S/2.06.

**Tabla 41:***Ahorro total de la implementación del diagrama Spaguetti*

<b>PRE -TEST</b>		<b>POST – TEST</b>		<b>Ahorro semanal por hora</b>	<b>Costo H-H</b>	<b>Ahorro total</b>
<b>Semana</b>	<b>Tiempo total de recorrido en minutos</b>	<b>Semana</b>	<b>Tiempo total de recorrido en minutos</b>			
<b>1</b>	5.87	<b>19</b>	3.80	0.03	S/ 9.43	S/ 0.33
<b>2</b>	5.98	<b>20</b>	3.67	0.04	S/ 9.43	S/ 0.36
<b>3</b>	5.85	<b>21</b>	3.62	0.04	S/ 9.43	S/ 0.35
<b>4</b>	5.97	<b>22</b>	3.73	0.04	S/ 9.43	S/ 0.35
<b>5</b>	5.85	<b>23</b>	3.81	0.03	S/ 9.43	S/ 0.32
<b>6</b>	5.84	<b>24</b>	3.62	0.04	S/ 9.43	S/ 0.35
<b>Total de ahorro por implementación de Diagrama Spaguetti</b>						<b>S/ 2.06</b>

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 42 se visualiza la disponibilidad de máquinas de la muestra pre-test y post-test. Asimismo, el precio por máquina disponible al 100% semanal. Seguidamente, se realizó el cálculo del precio por máquina según el porcentaje de disponibilidad semanal. Por último, se calculó la ganancia por incremento de porcentaje de disponibilidad de máquina semanal.

**Tabla 42:***Ahorro total de la implementación del Mantenimiento Productivo Total*

PRE -TEST				POST – TEST				Ahorro semanal por hora
Semana	Disponibilidad	Precio por máquina disponible al 100% semanal	Precio por máquina según el % disponibilidad semanal	Semana	Disponibilidad	Precio por máquina disponible al 100% semanal	Precio por máquina según el % disponibilidad semanal	
1	88.47%	S/ 350.00	<b>S/ 309.64</b>	19	<b>98.28%</b>	S/ 350.00	<b>S/ 343.98</b>	<b>S/ 34.34</b>
2	89.36%	S/ 350.00	<b>S/ 312.76</b>	20	<b>97.84%</b>	S/ 350.00	<b>S/ 342.43</b>	<b>S/ 29.67</b>
3	89.51%	S/ 350.00	<b>S/ 313.27</b>	21	<b>97.41%</b>	S/ 350.00	<b>S/ 340.92</b>	<b>S/ 27.65</b>
4	87.89%	S/ 350.00	<b>S/ 307.62</b>	22	<b>98.08%</b>	S/ 350.00	<b>S/ 343.29</b>	<b>S/ 35.67</b>
5	88.53%	S/ 350.00	<b>S/ 309.87</b>	23	<b>98.07%</b>	S/ 350.00	<b>S/ 343.26</b>	<b>S/ 33.39</b>
6	89.00%	S/ 350.00	<b>S/ 311.50</b>	24	<b>98.15%</b>	S/ 350.00	<b>S/ 343.51</b>	<b>S/ 32.01</b>
<b>Total de ahorro por implementación del Mantenimiento Productivo Total</b>								<b>S/192.73</b>

*Nota. Elaboración propia*

## CONCLUSIONES

1. Con la implementación de las 5S se logró reducir el tiempo de mantenimiento de las máquinas vibroapisonadoras de 735,53 a 134,73 minutos, lo cual generó que se incrementara la productividad del personal en 81,68%. Esto se debe a que se realizó un cronograma de orden, limpieza, capacitaciones y auditorías internas dentro del área de mantenimiento.
2. Mediante la aplicación del diagrama de Spaguetti se logró reducir la cantidad de metros que requería el personal para desplazarse y ejecutar el trabajo de mantenimiento hacia las máquinas vibroapisonadoras de 181,45 a 63,86 metros, lo cual redujo el recorrido en un 64,81%. Esto se debe a que se agrupó las máquinas según el tipo de familia.
3. Por medio de la implementación del TPM se logró aumentar el porcentaje de disponibilidad de máquinas operativas en 10,34%, siendo inicialmente un 88,7935% y posteriormente un 97,9710%. Esto se debe a que se realizó capacitaciones, planificación y estandarización de trabajo, lo cual logró reducir tiempos de averías y paradas innecesarias.

## **RECOMENDACIONES**

1. A fin de continuar con el orden y limpieza dentro del área de mantenimiento, se debe respetar el cronograma de actividades, la tabla de asignaciones de limpieza y la capacitación periódica para continuar aumentando la productividad del personal al momento de realizar un mantenimiento hacia los equipos.
2. A fin de mantener un menor recorrido dentro el área de mantenimiento, se debe invertir en la infraestructura y en colocación de carteles según el tipo de familia de maquinaria, debido a que permite la ubicación fácil y rápida al momento de ejecutar el trabajo.
3. A fin de aumentar más el porcentaje de disponibilidad de las máquinas vibroapisonadora, se recomienda invertir en nuevas tecnologías como un software que permita enfatizar un control automatizado para así obtener los mantenimientos organizados de manera periódica de acuerdo a su uso y necesidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*.  
<https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Arnoletto, E. (2000). *Administración de la producción como ventaja*.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Administraci%C3%B3n\\_de\\_la\\_producci%C3%B3n\\_como\\_v/ldnOKZ0bF2cC?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Administraci%C3%B3n_de_la_producci%C3%B3n_como_v/ldnOKZ0bF2cC?hl=es&gbpv=0)
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*.  
[http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)
- Bernal, A. y Tipian, C. (2022). *Implementación de Lean Manufacturing para aumentar la productividad en el Operador Logístico Torres S.A.C* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú].  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6087>
- Bernal, César A. (2010). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (3ra ed.). Colombia: Pearson Editorial.
- Calvo, J., Pelegrín, A. & Gil, María. (2018). *Enfoques teóricos para la evaluación de la eficiencia y eficacia en el primer nivel de atención médica de los servicios de salud del sector público. Retos de la Dirección*, 12(1), 96-118.
- Cardona, R. (2020). *Diseño de una propuesta metodológica para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en la Cadena de Abastecimiento del sector textil-confecciones de la ciudad de Medellín* [Tesis de magister, Universidad EAN, Bogotá, Colombia].  
<https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10362/CardonaReinaldo2020.pdf?sequence=1>
- Céspedes, A. (1952). *Principios de mantenimiento*. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Principios\\_de\\_Mantenimiento/DYE2jPk6WYAC?hl=es&gbpv=1&dq=mantenimiento+correctivo+y+preventivo&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Principios_de_Mantenimiento/DYE2jPk6WYAC?hl=es&gbpv=1&dq=mantenimiento+correctivo+y+preventivo&printsec=frontcover)

- Cisneros, A., Guevara, A., Garcés, J. y Urdánigo, J. (2022). *Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia*. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/8383508.pdf>
- Colmenares, A. y Piñero, M. (2008). *Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas*. *Revista Laurus*, 14(27), 96-114.
- Condezo, G. (2019). *Implementación de la metodología TPM para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construcción con la empresa COSAPI S.A.* Lima 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte Lima, Perú]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23482>
- Cortés, M. & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. <https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:VA6C2:d062fa1f-b342-46eb-bbfa-56bb67f43841>
- Cruz, J. (2010). *Manual para la implementación sostenible de las 5S* (2da ed.). Santo Domingo: INFOTEP. [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/manual\\_5s.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/manual_5s.pdf)
- Cuatrecasas, L. y Torrell, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. Barcelona: Profit Editorial.
- Gaspar, E. y Ayala, J. (2021). *Implementación del TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Tecnología Fabricación Mantenimiento SAC* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Lima, Perú]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82394>
- Gómez, C. (2010). *Mantenimiento productivo total. Una visión global*. [https://books.google.com.pe/books?id=IPTzAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=IPTzAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Grajales, D., Sánchez, Y. y Pizón, M. (2006). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento*.
- Guiñazú, G. (2004). *Capacitación efectiva en la empresa*. *Revista Invenio*, 7(12), 103-116.

- Hernández, J. y Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación*.  
[https://www.academia.edu/51040853/\\_Lean\\_manufacturing\\_Conceptos\\_t%C3%A9cnicas\\_e\\_implantaci%C3%B3n\\_autor\\_Juan\\_Carlos\\_Hern%C3%A1ndez\\_Mat%C3%ADas\\_y\\_Antonio\\_Viz%C3%A1n\\_Idoip](https://www.academia.edu/51040853/_Lean_manufacturing_Conceptos_t%C3%A9cnicas_e_implantaci%C3%B3n_autor_Juan_Carlos_Hern%C3%A1ndez_Mat%C3%ADas_y_Antonio_Viz%C3%A1n_Idoip)
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*.  
<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Methodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Mahiques, J., Pellicer, S., Prades, R. & Verdoy, P. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones*. Castellón de la Plana: Universidad Jaume I.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Manual\\_de\\_control\\_estad%C3%ADstico\\_de\\_calida/kWGWTiZXLkUC?hl=es&gbpv=1&dq=diagrama+de+pareto&pg=PA207&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Manual_de_control_estad%C3%ADstico_de_calida/kWGWTiZXLkUC?hl=es&gbpv=1&dq=diagrama+de+pareto&pg=PA207&printsec=frontcover)
- Martínez, C. (2012). *Administración y planificación del tiempo*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Administraci%C3%B3n\\_y\\_planificaci%C3%B3n\\_del\\_tie/nrw2Mi7CPt4C?hl=es&gbpv=1&dq=planificacion&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Administraci%C3%B3n_y_planificaci%C3%B3n_del_tie/nrw2Mi7CPt4C?hl=es&gbpv=1&dq=planificacion&printsec=frontcover)
- Moreira, O. (2022). *Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Guayaquil, Ecuador].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22961/1/UPS-GT003900.pdf>
- Núñez, M., Mercado, P. y Garduño, K. (2021). *Validez de un instrumento para medir capital intelectual en empresas*. *Revista Conversus*, 50(128), 1-20.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*.  
<http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf>

- Pérez, J. (2010). *Gestión por procesos* (4ta ed.). Madrid: ECI Editorial.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Gesti%C3%B3n\\_por\\_procesos/iGrY7tW178IC?hl=es&gbpv=1&dq=proceso+definicion&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Gesti%C3%B3n_por_procesos/iGrY7tW178IC?hl=es&gbpv=1&dq=proceso+definicion&printsec=frontcover)
- Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*.  
[https://www.academia.edu/28685140/Lean\\_Manufacturing\\_La\\_Evidencia\\_de\\_Una\\_Necesidad](https://www.academia.edu/28685140/Lean_Manufacturing_La_Evidencia_de_Una_Necesidad)
- Ramírez, R. (2017). *Introducción teórica y práctica a la investigación histórica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Introducci%C3%B3n\\_te%C3%B3rica\\_y\\_pr%C3%A1ctica\\_a\\_la/N5xh2u9pO7EC?hl=es&gbpv=1&dq=Introducci%C3%B3n+te%C3%B3rica+y+pr%C3%A1ctica+a+la+investigaci%C3%B3n+hist%C3%B3rica&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Introducci%C3%B3n_te%C3%B3rica_y_pr%C3%A1ctica_a_la/N5xh2u9pO7EC?hl=es&gbpv=1&dq=Introducci%C3%B3n+te%C3%B3rica+y+pr%C3%A1ctica+a+la+investigaci%C3%B3n+hist%C3%B3rica&printsec=frontcover)
- Rey, F. (2001). *Mantenimiento total de la producción (TPM): Proceso de implantación y desarrollo*. Madrid: Fundación Confemetal Editorial.
- Rubio, M. (2005). *El análisis documental: indización y resumen en base de datos especializados*.  
[http://eprints.rclis.org/6015/1/An%C3%A1lisis\\_documental\\_indizaci%C3%B3n\\_y\\_resumen.pdf](http://eprints.rclis.org/6015/1/An%C3%A1lisis_documental_indizaci%C3%B3n_y_resumen.pdf)
- Sacristán, F. (2014). *Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo*.  
<https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/98/3064/a3064.pdf>
- Sladogna, M. (2017). *Productividad - definiciones y perspectivas para la negociación colectiva*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4830901.pdf>
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*.  
<https://books.google.co.cr/books?id=rjyeDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Sosa, D. (2004). *Conceptos y herramientas para la mejora continua* (2da ed.). México: Editorial Limusa.
- Tokutaro Suzuki. (1995). *TPM en industrias del proceso*. Madrid: Productivity Press.

- UNIMAQ. (2023). *Vibroapisonadores*. <https://www.unimaq.com.pe/producto/bs60-2i/?parent=8307>
- Williams, D. y Gracey, A. (1996). *Mantenimiento y funcionamiento de silos*. [https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento\\_y\\_funcionamiento\\_de\\_silos/kJ1q-leaxg8C?hl=es&gbpv=1&dq=mantenimiento+definicion&pg=PA3&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento_y_funcionamiento_de_silos/kJ1q-leaxg8C?hl=es&gbpv=1&dq=mantenimiento+definicion&pg=PA3&printsec=frontcover)
- Yepes, V. (2021). *Diagramas de proceso de operaciones como herramienta en el estudio de métodos*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/06/07/diagramas-de-proceso/>
- Zamora, A. y Polar, Luis. (2022). *Análisis del sector construcción en el Perú para el periodo 2012-2021 y el impacto que tuvo por el Covid-19, los casos de corrupción, entre otros* [Tesis de master, Escuela de dirección Universidad de Piura, Lima, Perú].

## ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia

### Aplicación del Lean Manufacturing para mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
<p>¿En qué medida mediante la aplicación del Lean Manufacturing se podrá mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción?</p>	<p>Objetivo general Aplicar Lean Manufacturing para mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción.</p>	<p>Hipótesis general Si se aplica Lean Manufacturing mejorará el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción.</p>	<p>Lean Manufacturing</p>	<p>VI</p>	<p>Mantenimiento de máquinas</p>	<p>VD</p>

<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>				
¿Cómo mejorar la productividad del personal del área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción?	Aplicar la metodología 5'S para mejorar la productividad del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.	Si se aplica la metodología 5'S mejorará la productividad del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.	Metodología 5S	Si / No	Productividad del personal	Tiempo en realizar el mantenimiento
¿Cómo reducir el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción?	Aplicar el diagrama de Spaghetti para reducir el recorrido del personal en el área de	El diagrama de Spaghetti reducirá el recorrido del personal en el área de mantenimiento en una empresa del	Diagrama de Spaghetti	Si/No	Recorrido en el área de mantenimiento	Cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en el área de trabajo

	mantenimiento en una empresa del rubro de la construcción.	rubro de la construcción.				
	Aplicar el TPM para mejorar la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.	Si se aplica el TPM mejorará la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción.	TPM	Si / No	Disponibilidad de las máquinas	% Disponibilidad de máquinas operativas
¿Cómo mejorar la disponibilidad de las máquinas en una empresa del rubro de la construcción?						

*Nota.* Elaboración propia

Anexo B: Matriz de operacionalización

<b>Variables Independientes</b>	<b>Indicador</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>
Metodología 5S	Si / No	Para Rodríguez (2010), Las 5S es una metodología práctica para que el lugar de trabajo se encuentre organizado, ordenado y limpio con el fin de tener una mejor seguridad, calidad en el trabajo.	Aplicación de los 5S, donde se clasifica, se ordena u organiza, limpia, estandariza y se busca seguir mejorando.
Diagrama de Spaghetti	Si / No	Según Gunnsteinsson (2011), El Diagrama de Spaghetti busca coleccionar información de todas las actividades de una persona durante el proceso. La información que se obtendrá será la distancia recorrida.	Se ejecuta para obtener un orden y reducir el tiempo de desplazamiento, obteniendo toma de la distancia de inicio a fin por cada actividad.
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Si / No	Según Cuatrecasas y Torrell (2010), es entorno del mantenimiento donde involucra la participación de cada integrante de la empresa, eficacia total y el sistema total de gestión de mantenimiento de equipos, partiendo desde su diseño, incluso la corrección, y además la prevención.	Se aplica para lograr cero fallos, cero incidencias y cero defectos, con lo que se podrá mejorar la productividad.

<b>Variables Dependientes</b>	<b>Indicador</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>
Productividad del personal	Tiempo en realizar el mantenimiento	Según Lopez (2013), la productividad implica lograr la rapidez con la que se ejecuta cualquier actividad, quehacer o trabajo.	Medido en base al tiempo empleado para ejecutar el trabajo de inicio a fin del mantenimiento preventivo y predictivo.
Recorrido en el área de mantenimiento	Cantidad de metros que requiere el personal para desplazarse en cada área de trabajo	Según la revista Six Sigma Material (2019), identificar la cantidad de metros ayuda a determinar dónde ocurre un flujo inusual para buscar oportunidades junto con el apoyo de herramientas organizativas.	Se representa con un diagrama el recorrido empleado por el personal para ejecutar las actividades en cada área de trabajo, representado en metros.
Disponibilidad de las máquinas	% Disponibilidad de máquinas operativas	Según Mesa, D., Sánchez, Y. y Pizón, M. (2006), La disponibilidad se define como la confianza en el que un componente o sistema ejerce su función satisfactoriamente en un tiempo establecido, apto para operar o producir.	Es el porcentaje de disponibilidad de las máquinas operativas que ofrece la empresa a disposición de los clientes.

*Nota.* Elaboración propia

## Anexo C: Autorización de consentimiento al realizar la investigación

### PERMISO DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA

Lima, 02 de mayo de 2023.

Sr. **Cristhian Oswaldo Maldonado Allca**, director del Área de Mantenimiento y Activos de la empresa P.A. PERU S.A.C. Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para expresarle un cordial saludo, en ocasión de solicitarle que los bachilleres de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Ricardo Palma.

Apellidos y Nombres	Nº DNI	Correo electrónico	Celular
Chavez Cabanillas Dhayanis Luz	74380518	dhayanis.chavez@urp.edu.pe	912 960 616
La Torre Alejos Maria Gracia	72274299	Maria.latorrea@urp.edu.pe	987 833 620

Podamos tener el debido permiso para realizar actividades relacionadas con la investigación titulada *Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar el proceso de mantenimiento de máquinas en una empresa del rubro de la construcción* con fines de obtener información que nos permita desarrollar la Tesis para optar el Título Profesional en Ingeniería Industrial.

Es importante señalar que esta actividad no conlleva ningún gasto para su institución y que se tomarán los resguardos necesarios para no interferir con el normal funcionamiento de las actividades propias del centro. Todos los datos obtenidos serán utilizados con fines académicos.

Sin otro particular, reciba nuestro más sincero agradecimiento por su tiempo.

#### PERMISO:

- La empresa P.A. PERU S.A.C. con R.U.C. N.º 20549011196 se compromete a brindar la información solicitada para el desarrollo del trabajo arriba mencionado, la misma que solo puede ser utilizada para fines estrictamente académicos vinculados al trabajo. Declaramos conocer que la Tesis será de público conocimiento a través del repositorio institucional de la universidad.

Cordialmente,

Nombres y apellidos del representante de la institución: Cristhian Oswaldo Maldonado Allca  
Cargo que ocupa: Director del Área de Mantenimiento y Activos  
D.N.I: 42203699

Firma y sello

  
*Angela Ma. Perdomo*  
Angela María Perdomo Bonilla  
CEP. GENERAL

*Nota.* Empresa P.A. PERU S.A.C.

Anexo D: Compromiso por parte de la alta dirección

## CARTA DE COMPROMISO

Lima, 17 de abril de 2023.

Yo, **Cristhian Oswaldo Maldonado Alca** con DNI N° 42203699, director del Área de Mantenimiento y Activos de la empresa **P.A. PERU S.A.C.** con R.U.C. N.º 20549011196, me comprometo antes mis trabajadores a:

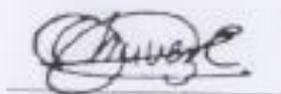
- Cumplir con mis responsabilidades como parte de la implementación del programa de 5S.
- Respetar y colaborar con las funciones designadas durante la implementación del programa de 5S.
- Mantener el orden y limpieza en el área de mantenimiento y activos.



Director del Área

Nombres y apellidos: Cristhian Oswaldo Maldonado Alca

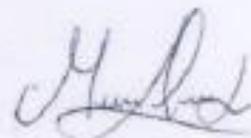
DNI: 42203699



Bachiller

Nombres y apellidos: Chavez Cabanillas  
Dhayanis Luz

DNI: 74380518



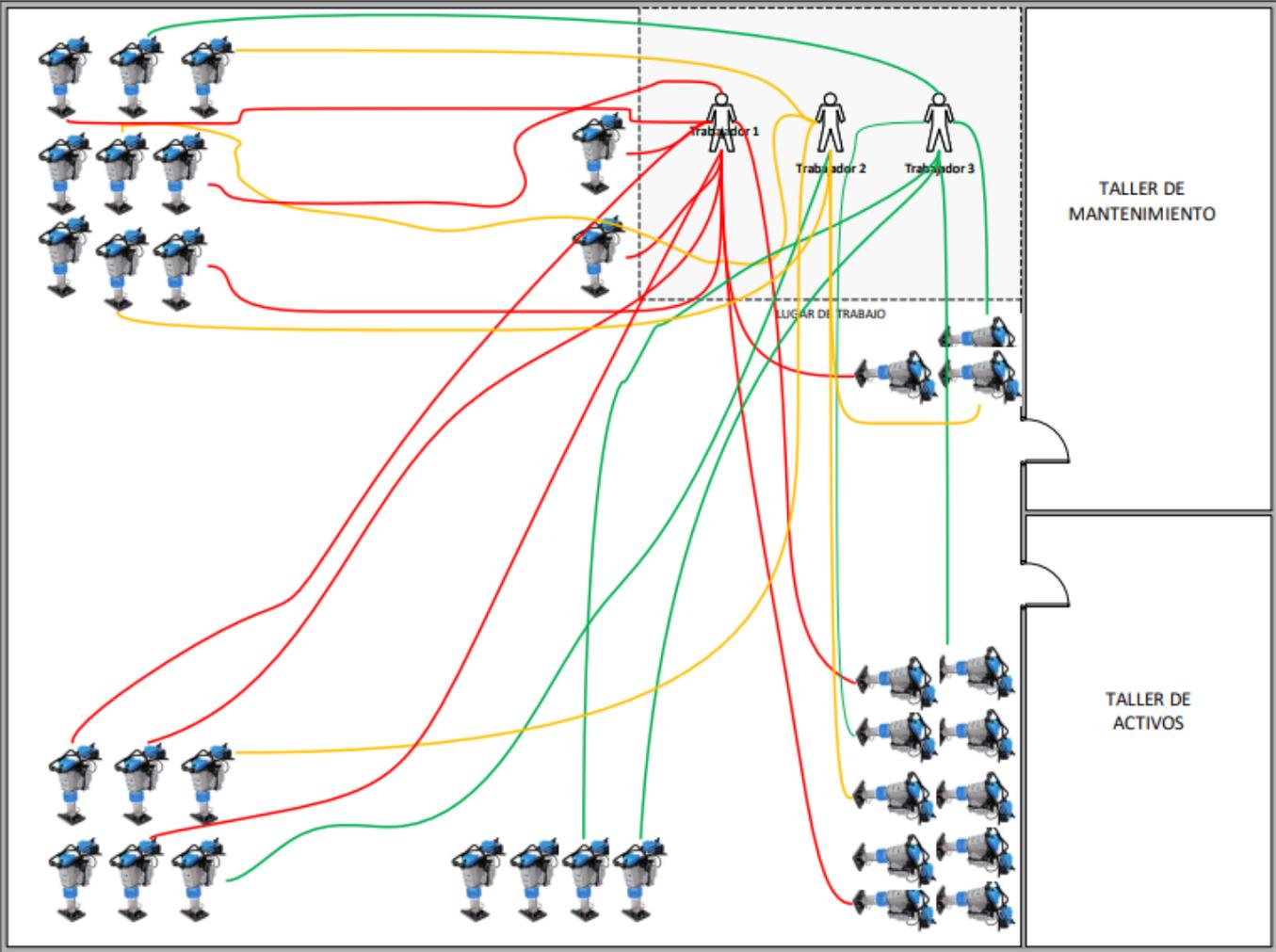
Bachiller

Nombres y apellidos: La Torre Alejos  
Maria Gracia

DNI: 72274299

*Nota.* Elaboración propia

Anexo E: Diagrama de recorrido pre



Nota. Elaboración propia