

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE
LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS
DE MANUFACTURA DE LA FIME-UNAC”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO**

AUTOR: JOSEPH JESÚS PASCUAL OROPEZA VIDALÓN

ASESOR: DR. ING. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ

TESIS DE JOSEPH OROPEZA

10%
Textos sospechosos



10% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
3% entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS DE JOSEPH OROPEZA.pdf
ID del documento: 68512a4906406df88332b5860d7e239b17be3009
Tamaño del documento original: 4,69 MB

Depositante: FIME PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 26/2/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 26/2/2024

Número de palabras: 21.471
Número de caracteres: 165.700

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	dspace.esPOCH.edu.ec http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13545/3/25T00368.pdf.txt 6 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (367 palabras)
2	www.doi.org https://www.doi.org/10.4067/S0718-13372003000100009 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (354 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5717/1/AC-MEC-ESPE-033881.pdf 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (286 palabras)
4	definicion.edu.lat Mantenimiento Correctivo - Concepto, ventajas y desventajas https://definicion.edu.lat/concepto/mantenimiento-correctivo.html#:~:text=El mantenimiento correct... 4 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (268 palabras)
5	repositorio.uta.edu.ec https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30012/1/Tesis I. M. 542 - Freire Perez Fernando ...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (261 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upt.edu.pe https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2109/Heredia-Asqui-Velasquez-Limac...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
2	INFORME FINAL JOSE LUIS REYES DORIA...pdf INFORME FINAL JOSE LUIS... #c795e9 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
3	repositorio.unac.edu.pe Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad ... https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4397?locale-attribute=en	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
4	1library.co PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LO... https://1library.co/document/y96erejy-mantenimiento-mejorar-disponibilidad-maquinas-laboratorio...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
5	repositorio.uncp.edu.pe https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1148/mit2.pdf?sequence=1	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/157836.pdf
2	https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/593297/DI
3	http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5582
4	https://krear3d.com/blog/noticias/laboratorios-procesos-de-manufactura
5	https://docplayer.es/62603218-Metodologia-de-investigacion

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD
DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS
DE MANUFACTURA DE LA FIME-UNAC**

AUTOR: JOSEPH JESÚS PASCUAL OROPEZA VIDALÓN

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-8005-4417

DNI: 47859945

ASESOR: DR. ING. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-0072-1102

DNI: 08434246

**LUGAR DE EJECUCIÓN: LABORATORIO DE PROCESOS DE
MANUFACTURA DE LA FIME-UNAC**

UNIDAD DE ANÁLISIS: MÁQUINAS-HERRAMIENTAS

TIPO: TECNOLÓGICO

ENFOQUE: CUANTITATIVO

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: APLICADO

TEMA OCDE: INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

ACTA N° 001-2024 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

LIBRO 001, FOLIO N° 313, ACTA N° 001-2024 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

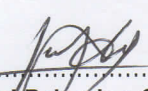
A los 15 días del mes marzo del año 2024, siendo las 12:25 horas, se reunieron, en el Auditorio Ausberto Rojas Saldaña de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía el **JURADO EVALUADOR DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**, designado por Resolución N° 058-2023-D-FIME del 08.06.2023, para la obtención del título profesional de **Ingeniero Mecánico**, conformado por los siguientes docentes:

- **Presidente:** Dr. Juan Manuel Palomino Correa
- **Secretario:** Mg. Alfonso Santiago Caldas Basauri
- **Vocal:** Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly
- **Asesor:** Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán


Se dio inicio a la **sustentación de la Tesis** del bachiller **JOSEPH JESÚS PASCUAL OROPEZA VIDALON**, quien ha cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, expone la Tesis Final titulada "**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA FIME-UNAC**", cumpliendo con el acto público, de manera presencial.

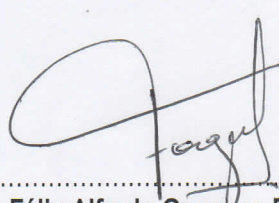
Con el quórum reglamentario de ley y de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la sustentación y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Por UNANIMIDAD, dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa de BUENO y calificación cuantitativa (14) CATORCE la presente sustentación, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio del 2023.

Se dio por cerrada la Sesión siendo las 12:45 horas del 15 del mes de MARZO y año en curso.


.....
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente


.....
Mg. Alfonso Santiago Caldas Basauri
Secretario


.....
Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly
Vocal


.....
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán
Asesor

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN
JURADO EXAMINADOR Y ASESOR DE TESIS

Presidente: Dr. Juan Palomino Correa

Secretario: Mg. Alfonso Caldas Basauri

Miembro: Mg. Jorge Ilquimiche Melly

Asesor: Dr. Ing. Félix Alfredo Guerrero Roldán

N° de libro de acta de sustentación: 001

N° de acta de sustentación: 001-2024

Fecha de aprobación de la tesis: 15 de marzo de 2024

DEDICATORIA:

A mi familia, que es mi gran motivo de salir adelante y ser profesional con buenos valores que me inculcaron desde pequeño.

A los estudiantes de la FIME-UNAC, que les pueda ser guía para llevar a cabo un apropiado mantenimiento a las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por ser mi guía por el camino correcto y cuidarme de todo peligro en mi vida diaria.

A mi madre Rosa María Vidalón Moscoso por brindarme sus buenos consejos para ser una persona de bien.

A mi compañera de vida Camila por estar en los buenos y malos momentos de mi vida y brindarme su apoyo en el desarrollo de esta tesis.

A mi asesor Dr. Ing. Félix Alfredo Guerrero Roldán por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE CUADROS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN.....	13
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción de la realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	14
1.2.1. Problema general	14
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Justificación.....	15
1.4.1. Justificación legal	15
1.4.2. Justificación teórica	16
1.4.3. Justificación económica	16
1.4.4. Justificación práctica	17
1.5. Delimitantes de la investigación.....	17
1.5.1. Delimitante teórica.....	17
1.5.2. Delimitante temporal	17
1.5.3. Delimitante espacial	17
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.2. Bases teóricas:	29
2.2.1. Historia del mantenimiento	29
2.2.2. Mantenimiento	30
2.2.3. Finalidad de Mantenimiento.....	31

2.2.4.	Plan de mantenimiento	32
2.2.5.	Fases en la elaboración del plan de mantenimiento	32
2.2.6.	Tipos de Mantenimiento	33
2.3.	Marco conceptual	38
2.3.1.	Mantenimiento de las máquinas-herramientas	38
2.3.2.	Principios básicos del mantenimiento	39
2.3.3.	Elaboración de un Plan de mantenimiento	40
2.3.4.	Inventario de máquinas-herramientas	41
2.3.5.	Histórico de mantenimiento de una máquina-herramienta	42
2.3.6.	Diagnóstico de una máquina-herramienta	42
2.3.7.	Análisis de Criticidad de una máquina	42
2.3.8.	Laboratorio de Procesos de Manufactura	44
2.3.9.	Ciclo de vida útil de una máquina-herramienta	44
2.3.10.	Protocolo de mantenimiento	44
2.3.11.	Dossier de materiales	44
2.3.12.	Análisis FODA del mantenimiento	45
2.3.13.	Indicadores de Plan de Mantenimiento	45
2.4.	Definición de términos básicos	47
2.4.1.	Procesos de Manufactura	47
2.4.2.	Mantenimiento	47
2.4.3.	Plan de mantenimiento	47
2.4.4.	Máquina-Herramienta	48
2.4.5.	Torno	48
2.4.6.	Fresadora	48
2.4.7.	Cepilladora	48
2.4.8.	Taladradora	49
2.4.9.	Seguridad	49
2.4.10.	Disponibilidad	49
2.4.11.	Falla	49
2.4.12.	Avería	49
2.4.13.	Ficha técnica	49
2.4.14.	Inventario	49
2.4.15.	Operatividad	49
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	50
3.1.	Hipótesis	50
3.1.1.	Hipótesis general	50
3.1.2.	Hipótesis específicas	50
3.2.	Operacionalización de las variables	51

3.3.	Variables de Investigación.....	52
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	52
4.1.	Diseño metodológico	52
4.2.	Método de investigación	52
4.3.	Población y muestra.....	53
4.4.	Lugar de estudio.....	53
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	53
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	54
4.6.1.	Fichas técnicas de las máquinas-herramientas	54
4.6.2.	Tiempo de paradas de las máquinas-herramientas	59
4.6.3.	Análisis de Criticidad de las máquinas-herramientas	61
4.6.4.	Propuesta del Plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas	66
4.6.5.	Cálculo de la disponibilidad de las máquinas-herramientas.....	87
4.7.	Aspectos éticos en la investigación.....	97
4.8.	Relación costo-beneficio	97
	RESULTADOS.....	98
➤	Resultados descriptivos.....	98
➤	Resultados inferenciales	102
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103
5.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	103
5.1.1.	Con referencia a la hipótesis general.....	103
5.1.2.	Con referencia a las hipótesis específicas	103
5.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	104
5.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	105
VI.	CONCLUSIONES.....	106
VII.	RECOMENDACIONES	106
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
	ANEXOS 114	
➤	Matriz de consistencia	114
➤	Consentimiento informado.....	115
➤	Carta de autorización.....	117
➤	Juicio de expertos.....	118
➤	Diagrama de Gantt	119
➤	Costo de mantenimiento semestral	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	¿Qué es mantenimiento?	31
Figura 2.2	Mantenimiento preventivo	34
Figura 2.3	Tipos de mantenimiento preventivo	35
Figura 2.4	Mantenimiento correctivo.....	37
Figura 2.5	Aspectos fundamentales de la fiabilidad operacional.....	43
Figura 4.1	Puntos de lubricación – Torno E-200.....	67
Figura 4.2	Puntos de lubricación – Torno E-400.....	69
Figura 4.3	Puntos de lubricación – Torno E-630.....	71
Figura 4.4	Puntos de lubricación – Cepilladora Strigon	73
Figura 4.5	Puntos de lubricación – Cepillo de codo Sanches Blanes.....	75
Figura 4.6	Puntos de lubricación – Cepillo mecánico Heinemann	77
Figura 4.7	Puntos de lubricación – Fresadora Universal ME-1000.....	79
Figura 4.8	Puntos de lubricación – Fresadora Universal ME-250.....	81
Figura 4.9	Puntos de lubricación – Taladradora de banco T-100	83
Figura 4.10	Puntos de lubricación – Taladradora radial RF-22	86
Figura 4.11	Torno E-200 del Laboratorio de Procesos de Manufactura.....	87
Figura 4.12	Torno E-400 del Laboratorio de Procesos de Manufactura.....	88
Figura 4.13	Torno E-630 del Laboratorio de Procesos de Manufactura.....	89
Figura 4.14	Cepilladora Strigon del Laboratorio de Procesos de Manufactura	90
Figura 4.15	Cepillo de codo del Laboratorio de Procesos de Manufactura 91	
Figura 4.16	Cepillo mecánico Heinemann del Laboratorio de Procesos de Manufactura	92
Figura 4.17	Fresadora Universal ME-1000 del Laboratorio de Procesos de Manufactura	93
Figura 4.18	Fresadora Universal ME-250 del Laboratorio de Procesos de Manufactura	94
Figura 4.19	Taladradora de banco T-100 del Laboratorio de Procesos de	

Manufactura	95
Figura 4.20 Taladradora radial RF-22 del Laboratorio de Procesos de	
Manufactura	96

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Análisis FODA.....	45
Cuadro 4.1	Técnicas e instrumentos de la investigación	53
Cuadro 4.2	Ficha Técnica de Torno E-200	54
Cuadro 4.3	Ficha Técnica de Torno E-400	55
Cuadro 4.4	Ficha Técnica de Torno E-630	55
Cuadro 4.5	Ficha Técnica de Cepilladora Strigon	56
Cuadro 4.6	Ficha Técnica de Cepillo de codo Sanches Blanes	56
Cuadro 4.7	Ficha Técnica de Cepillo mecánico Heinemann.....	57
Cuadro 4.8	Ficha Técnica de Fresadora Universal ME-1000	58
Cuadro 4.9	Ficha Técnica de Fresadora Universal ME-250	58
Cuadro 4.10	Ficha Técnica de Taladradora de banco T-100.....	59
Cuadro 4.11	Ficha Técnica de Taladradora radial RF-22	59
Cuadro 4.12	Análisis de Criticidad Total.....	64
Cuadro 4.13	Determinación de máquinas-herramientas críticas	65
Cuadro 4.14	Puntos de Lubricación del Torno E-200.....	66
Cuadro 4.15	Puntos de Lubricación del Torno E-400.....	68
Cuadro 4.16	Puntos de Lubricación del Torno E-630.....	70
Cuadro 4.17	Puntos de Lubricación de la Cepilladora Strigon.....	72
Cuadro 4.18	Puntos de Lubricación de Cepillo de codo Sanches Blanes.	74
Cuadro 4.19	Puntos de Lubricación del Cepillo mecánico Heinemann	76
Cuadro 4.20	Puntos de Lubricación de Fresadora Universal ME-1000.....	78
Cuadro 4.21	Puntos de Lubricación de Fresadora Universal ME-250.....	80
Cuadro 4.22	Puntos de Lubricación de Taladradora de banco T-100	82
Cuadro 4.23	Puntos de Lubricación de Taladradora radial RF-22.....	84
Cuadro 4.24	Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento del Torno E-200.....	87
Cuadro 4.25	Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento del Torno E-200.....	87

Cuadro 4.26 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento del Torno E-400.....	88
Cuadro 4.27 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento del Torno E-400.....	88
Cuadro 4.28 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento del Torno E-630.....	89
Cuadro 4.29 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento del Torno E-630.....	89
Cuadro 4.30 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Cepilladora Strigon.....	90
Cuadro 4.31 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Cepilladora Strigon.....	90
Cuadro 4.32 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Cepillo de codo.....	91
Cuadro 4.33 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Cepillo de codo.....	91
Cuadro 4.34 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Cepillo mecánico Heinemann.....	92
Cuadro 4.35 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Cepillo mecánico Heinemann.....	92
Cuadro 4.36 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Fresadora Universal ME-1000.....	93
Cuadro 4.37 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Fresadora Universal ME-1000.....	93
Cuadro 4.38 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Fresadora Universal ME-250.....	94
Cuadro 4.39 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Fresadora Universal ME-250.....	94
Cuadro 4.40 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Taladradora de banco T-100.....	95
Cuadro 4.41 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Taladradora de banco T-100.....	95

Cuadro 4.42 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Taladradora radial RF-22.....	96
Cuadro 4.43 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Taladradora radial RF-22.....	96
Cuadro 4.44 Disponibilidad de las máquinas-herramientas sin Plan de Mantenimiento	98
Cuadro 4.45 Disponibilidad de las máquinas-herramientas con Plan de Mantenimiento	100
Cuadro 4.46 Comparación de la disponibilidad de las máquinas-herramientas sin plan y con plan de mantenimiento	101
Cuadro 4.47 Diferencia de la disponibilidad de las máquinas-herramientas sin y con plan de mantenimiento en porcentaje (%).....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1	Tiempo de parada de Torno E-200.....	60
Tabla 4.2	Tiempo de parada de Torno E-400.....	60
Tabla 4.3	Tiempo de parada de Torno E-630.....	60
Tabla 4.4	Tiempo de parada de Cepilladora Strigon	60
Tabla 4.5	Tiempo de parada de Cepillo de codo Sanches Blanes.....	60
Tabla 4.6	Tiempo de parada de Cepillo mecánico Heinemann	60
Tabla 4.7	Tiempo de parada de Fresadora Universal ME-1000.....	61
Tabla 4.8	Tiempo de parada de Fresadora Universal ME-250.....	61
Tabla 4.9	Tiempo de parada de Taladradora de banco T-100	61
Tabla 4.10	Tiempo de parada de Taladradora radial RF-22.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Disponibilidad de las máquinas-herramientas sin Plan de Mantenimiento	99
Gráfico 4.2 Disponibilidad de las máquinas-herramientas con Plan de Mantenimiento	100
Gráfico 4.3 Comparación de la disponibilidad de las máquinas-herramientas sin plan y con plan de mantenimiento	101

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo elaborar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, con la finalidad de tener operativas las mismas, en el momento que se les requiera. Para ello, se recolectó los datos de las horas programadas y del estado de cada una de ellas, con la información obtenida por los encargados de dicho laboratorio. El diseño y método aplicado en esta investigación es de nivel tecnológico, tipo aplicada, correlacional y sistémico, teniendo como muestra 10 unidades de máquinas-herramientas (torno E-200, torno E-400, torno E-630, cepilladora Strigon, cepillo de codo Sanches Blanes, cepillo mecánico Heinemann, fresadora universal ME-1000, fresadora universal ME-250, taladradora de banco T-100 y taladradora radial RF-22). El trabajo de investigación fue elaborado durante los años 2021 y 2022. El instrumento empleado en la investigación fue la observación directa de cada una de las máquinas-herramientas y la aplicación de plan de mantenimiento propuesto. Como resultado se logró que la disponibilidad de ellas se incrementara significativamente en 17.36% gracias a la ejecución del plan de mantenimiento representado en las tarjetas maestras. De esta manera, se logró alcanzar el objetivo de mejorar y obtener mayor disponibilidad de las máquinas-herramientas. Finalmente, se exponen las conclusiones, siendo la principal que se logró elaborar un plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas, obteniendo un aumento de la disponibilidad.

PALABRAS CLAVES: plan de mantenimiento, disponibilidad, máquinas-herramientas.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to elaborate a maintenance plan to improve the availability of the machine-tools of the Manufacturing Processes Laboratory of the FIME-UNAC, in order to have them operative when required. For this purpose, data was collected on the scheduled hours and the status of each one of them, with the information obtained by the people in charge of the laboratory. The design and method applied in this research is of technological level, applied, correlational and systemic type, having as sample 10 units of machine-tools (E-200 lathe, E-400 lathe, E-630 lathe, Strigon planer, Sanches Blanes elbow planer, Heinemann mechanical planer, ME-1000 universal milling machine, ME-250 universal milling machine, T-100 bench drill and RF-22 radial drill). The research work was carried out during the years 2021 and 2022. The instrument used in the research was the direct observation of each of the machine tools and the application of the proposed maintenance plan. As a result, their availability was significantly increased by 17.36% thanks to the execution of the maintenance plan represented in the master cards. In this way, it was possible to achieve the objective of improving and obtaining greater availability of the machine tools. Finally, the conclusions are presented, the main one being that a maintenance plan for the machine tools was developed, obtaining an increase in availability.

KEY WORDS: maintenance plan, availability, machine tools.

INTRODUCCIÓN

En los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, una parte de las máquinas y equipos se encuentran inoperativas para el manejo de los docentes y estudiantes cuando lo requieren. El laboratorio de Procesos de Manufactura no es la excepción; en el cual, la mayoría de sus máquinas-herramientas son de fabricación de los años 70 en adelante, y éstas al no recibir el mantenimiento adecuado y necesario, han estado presentando constantemente averías y fallas. El plan de mantenimiento a proponer trata de cumplir un papel importante para conservar y prolongar la vida útil de las máquinas-herramientas.

El propósito de la investigación es mejorar la disponibilidad de estas máquinas (tornos, fresadoras, cepilladoras y taladradoras). El plan de mantenimiento a desarrollar permite que estas máquinas-herramientas estén disponibles cuando se les requieran; por ello, es importante realizar la programación de este plan de mantenimiento y, sobre todo se puedan obtener resultados confiables y precisos, así mejorando también su calidad de aprendizaje.

La presente tesis de acuerdo con la Resolución Rectoral N° 319-2022-R. Callao, 22 de abril de 2022 normatividad actual de la UNAC contiene: planteamiento del problema (problemas generales y específicos, objetivos generales y específicos, justificación y delimitantes), marco teórico (antecedentes nacionales e internacionales, bases teóricas, marco conceptual y definiciones de términos básicos), hipótesis y variables (hipótesis general y específicas, cuadro de operacionalización de las variables donde se muestra las variables dependiente e independiente, definiciones conceptuales de cada una de ellas, las dimensiones y los indicadores), metodología del proyecto (diseño metodológico, método de investigación, población y muestra, lugar de estudio, técnicas e instrumentos para la recolección de la información, análisis y procesamiento de datos y aspectos éticos en la investigación), resultados (descriptivos e inferenciales), discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas (mediante la norma ISO 690) y anexos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial, las universidades para el proceso de enseñanza y aprendizaje, sobre todo en las carreras de ciencias, como son las de ingeniería, incorporan laboratorios que disponen de máquinas que son manipuladas por docentes y estudiantes universitarios con la finalidad experimentar los fundamentos teóricos para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Las máquinas deben estar operativas en el momento que se las requieran; por ello, deben contar con el mantenimiento adecuado.

En nuestro país, las máquinas de los laboratorios de las universidades nacionales, debido a una serie de factores como el bajo presupuesto, antigüedad de las máquinas, entre otras; en muchas de ellas presentan una baja disponibilidad.

En la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, específicamente en el laboratorio de Procesos de Manufactura, las máquinas-herramientas en su mayoría fueron adquiridas en la década del 70 y en la actualidad, carecen de un plan de mantenimiento adecuado, lo cual trae como consecuencia una baja disponibilidad de las mismas, teniendo máquinas inoperativas por un inadecuado mantenimiento y otras con una falta total de mantenimiento. Por consiguiente, se hace necesario elaborar un plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas con la finalidad de que incrementen su disponibilidad dando motivo e importancia a la presente tesis.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME - UNAC?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo elaborar un historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, para mejorar la disponibilidad?
- ¿Cómo determinar la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, para obtener la mayor disponibilidad?
- ¿Cómo analizar la criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de manufactura de la FIME-UNAC, para tener la mayor disponibilidad?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Elaborar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC.

1.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar un historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC para mejorar la disponibilidad.
- Determinar la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC para obtener la mayor disponibilidad.
- Analizar la criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC para tener la mayor disponibilidad.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación legal

La realización de un Plan de Mantenimiento de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura se

sustenta en diversidad de normas, reglamentos y leyes como la Ley Universitaria N° 30220, específicamente en el Art. 1, señala mejorar la calidad en educación superior, por lo que las máquinas necesitan un Plan de Mantenimiento para que estén disponibles cuando los estudiantes requieran utilizar, con la finalidad de obtener resultados verídicos, confiables y precisos para su aprendizaje.

La universidad está obligada a entregar una educación de calidad; motivo por el cual, periódicamente es evaluada por la Superintendencia Nacional de la Educación Universitaria (SUNEDU) para obtener el re-licenciamiento institucional.

Uno de los factores que la SUNEDU evalúa, está referido al estado en el cual se encuentran los equipos y las máquinas de los diversos laboratorios.

1.4.2. Justificación teórica

Para la mejor comprensión de los conocimientos en la carrera profesional de Ingeniería Mecánica existen varias asignaturas que necesitan contar con laboratorios. Uno de los laboratorios más importantes es el de Procesos de Manufactura, el cual tiene como finalidad que los estudiantes conozcan los principales métodos de elaboración de productos; para lo cual, hacen utilización de las máquinas-herramientas para comprender los procesos con arranque de viruta.

Estas máquinas-herramientas deben estar operativas en el momento que se les requiere, por lo que deben de contar con un plan de mantenimiento adecuado.

1.4.3. Justificación económica

De no contar con máquinas-herramientas en condiciones de operatividad; es decir, con un adecuado plan de mantenimiento, la universidad se vería obligada a alquilar las mismas a otras universidades o empresas. Siendo estas máquinas muy costosas, implicaría un fuerte desembolso de su presupuesto; motivo por el cual, se hace necesario elaborar un plan de

mantenimiento de las máquinas para mejorar su disponibilidad.

1.4.4. Justificación práctica

El trabajo de investigación trata de resolver el problema que las máquinas-herramientas estén disponibles en el laboratorio de Procesos de Manufactura para que los docentes y estudiantes puedan realizar sus prácticas cuando lo requieran.

Es importante la tesis porque ejecutar el plan de mantenimiento propuesto permite que las máquinas-herramientas obtengan resultados adecuados y confiables para los requerimientos necesarios.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante teórica

La investigación utiliza conceptos de teoría de planificación e ingeniería de mantenimiento, de la cual, se elaboró un adecuado plan de mantenimiento de las máquinas-herramientas, con la finalidad de mejorar la disponibilidad de éstas en el laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME–UNAC.

1.5.2. Delimitante temporal

Esta investigación sobre la elaboración de un Plan de Mantenimiento de máquinas-herramientas se desarrolló en tiempos de pandemia caracterizado por el COVID–19 durante los dos semestres del año 2022.

1.5.3. Delimitante espacial

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Procesos de Manufactura de la Universidad Nacional del Callao en la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía en la Provincia Constitucional del Callao, Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

a) En la tesis presentada en la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI), titulada “Propuesta de diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas flejadoras verticales R10 OMS del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó” presentado por Corchuelo Bolaños, Forero Méndez y Graterol González (2021) para optar la especialización en Gerencia de Mantenimiento, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivo diagnosticar el estado actual y aplicación del mantenimiento de los equipos para lograr identificar las posibles debilidades y fortalezas respecto a las indicaciones del fabricante y requerimientos de la empresa; además, tiene el propósito de investigar y analizar la información de normativa nacional e internacional sobre planes de mantenimiento aplicados a maquinarias de la industria cerámica que sean eficaces y que permitan establecer una correcta estrategia, así como definir el plan de mantenimiento a proponer en los equipos. Por otro lado, busca realizar una propuesta de mantenimiento eficiente, seleccionando la mejor metodología para la empresa buscando mejorar el desempeño de las máquinas flejadoras, que aumente la disponibilidad de las máquinas de empaque y se reduzca las averías presentadas. Los resultados en la tesis presentada fueron la aplicación de un modelo de 8 fases para mejorar la eficacia, la eficiencia y la retroalimentación del sistema: fase 1 (definición de objetivos, estrategias y responsabilidades), fase 2 (jerarquización de los equipos de acuerdo con la importancia de su función), fase 3 (análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto), fase 4 (diseño de planos de mantenimiento

preventivo y de los recursos necesarios), fase 5 (programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos), fase 6 (evaluación y control de la ejecución del mantenimiento), fase 7 (análisis de ciclo de vida y de la posible renovación de los equipos) y fase 8 (implementación del proceso de mejora continua y adopción de nuevas tecnologías). Los autores concluyeron que la implementación de técnicas predictivas permite mejorar los resultados en el plan de mantenimiento interviniendo oportunamente los equipos para evitar paradas no programadas.

- b) En la tesis presentada en la Universidad Autónoma de Occidente de Colombia, titulada “Plan de mantenimiento preventivo para la máquina industrial de la empresa Fluoroplásticos S.A.S.” presentado por Guaitarilla Soto (2019) para optar el título de Ingeniero Mecánico, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivo diseñar y estructurar un plan de mantenimiento preventivo correspondiente a toda la maquinaria (tornos, fresas, sierra sin fin, compresor, prensas, bomba de vacío, cepilladora) de la empresa Fluoroplásticos S.A.S. Como resultado, se obtuvo la elaboración de los procedimientos e instructivos integrados en un solo documento (se contempló todas las intervenciones de mantenimiento por máquina y con ayuda visual de fotos y señalizaciones que se tuvo en cuenta el nivel de detalle requerido en cada una de las intervenciones) de la empresa. El autor concluye que la implementación de un histórico de mantenimiento (con base en la identificación y relación de los recibos correspondientes a los servicios de mantenimiento correctivos), información técnica de cada una de las 7 máquinas (a partir de manuales, instructivos de operación disponibles e información recolectada a través de

comunicación con los fabricantes) y la incorporación de un programa de rutinas de lubricación se obtuvo un plan de mantenimiento preventivo para alargar la vida útil de cada máquina de la empresa Fluoroplásticos S.A.S.

- c) En la tesis presentada en la Universidad Autónoma del Caribe en Barranquilla-Colombia, titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L” presentado por Buelvas Díaz y Martínez Figueroa (2014) para optar el título de Ingeniero Mecánico, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivo elaborar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la flota de vehículos tracto camiones para mejorar su desempeño operacional (disponibilidad) mediante la caracterización de la gestión existente del mantenimiento (identificación de fortalezas y debilidades), la implementación del método RCM (con el fin del aumento de probabilidad de la disponibilidad de la maquinaria) y la realización de un sistema de información (incluyendo los indicadores de gestión) para la efectividad y el control del plan de mantenimiento preventivo. Con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo se obtuvo como resultado la ganancia del trabajo alrededor de 14 días, debido a que los repuestos se encuentran con la disponibilidad inmediata y los tiempos de operación se observó un incremento al no forzar los repuestos hasta el momento que la maquinaria falle (es decir que al cambiar los repuestos oportunamente se puede trabajar más días, evitando que presente fallas y perjudique la disponibilidad de dicha maquinaria). Los autores concluyeron que la creación de formatos de orden de servicio, listas de chequeos, fichas técnicas, indicadores propuestos de disponibilidad, entre otros; aseguran un trabajo sistemático y controlado que permitió un incremento del 9% en un

promedio de tres meses con relación a la disponibilidad de la maquinaria pesada de la empresa L&L.

- d) En la tesis presentada en la Universidad Técnica de Ambato, titulada “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo mediante la distribución de Weibull para las inyectoras horizontales de polímeros en la empresa Ingeniería Diseño de Suelas” presentado por Freire Pérez (2019) para optar el título de Ingeniero Mecánico, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivo disminuir los tiempos de reparación producidos por las fallas ocasionadas en los componentes de las máquinas y así poder evitar los paros innecesarios en la producción y en el inyectado de las suelas de zapatos. Para el desarrollo del plan se tomó datos estadísticos de actividades de mantenimiento realizados con anterioridad, los cuales le permitió identificar mediante una matriz AMFE, los componentes más críticos o los más propensos a sufrir fallos. Posteriormente con los datos recolectados se procedió a realizar el análisis estadístico mediante la distribución de WEIBULL de cada máquina inyectora, tanto el modelo matemático como el modelo gráfico, calculando la confiabilidad de los datos que poseen un 95% de veracidad, debido a que el método WEIBULL permite dar un criterio más relevante sobre en qué posición de la curva de la bañera se encuentran las máquinas y las acciones pertinentes que se deben realizar para evitar los fallos. El autor concluye que mediante el trabajo realizado se pudo identificar, a partir de una matriz AMFE, el estado actual de las máquinas inyectoras de polímero en la empresa, las cuales, según la matriz y el respectivo análisis realizado, se encuentran en un nivel aceptable de rendimiento debido a que el NPR es menor de 125, según los criterios de gravedad, ocurrencia y fallo que se determinaron para cada

uno de los componentes de las máquinas inyectoras utilizando la NTP 679. En general de las inyectoras se tuvo un promedio del NPR de 49, esto quiere decir que todo componente con un NPR mayor a este valor se encuentra en zona de criticidad por lo que se debe tomar las respectivas acciones de control para disminuir la probabilidad de fallo.

- e) En la tesis presentada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, titulada “Plan de mantenimiento preventivo para las áreas: pediatría, traumatología, casa de máquinas y piso técnico del Hospital General Riobamba IESS aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud” presentado por Yerbabuena Huebla y Ashqui Ashqui (2019) para optar el grado académico de Ingeniero de Mantenimiento, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivo evaluar la gestión existente del mantenimiento en las áreas de Pediatría, Traumatología, Casa de Máquinas y Piso Técnico; además, elaborar un plan de mantenimiento preventivo y capacitar al personal de mantenimiento. Como resultado, para cumplir con la primera etapa del proyecto técnico, se efectuó la evaluación de la gestión existente del mantenimiento, mediante la herramienta desarrollada por el grupo de investigación “Organización de Mantenimiento ESPOCH”, la cual se utilizó para comparar la gestión del año 2018 y 2019 dentro del hospital, encontrándose puntos de mejora en el criterio “Planificación, programación y control” demostrando la necesidad de seguir desarrollado el plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y equipos de las áreas restantes. Como segunda etapa se desarrolló el plan de mantenimiento que inició con la actualización del inventario y la codificación de: 58 equipos médicos y 42 máquinas industriales. Luego se realizó el análisis de

criticidad; para los equipos médicos se utilizó los estándares de la OMS y para las máquinas/equipos industriales el método cualitativo, estos análisis se utilizaron para seleccionar los modelos de mantenimiento. Posteriormente se aplicó la metodología del RCM abreviado que se basa en los análisis de los fallos y modos de fallos, obteniéndose 156 tareas de mantenimiento para equipos médicos y 562 tareas para equipos industriales con sus respectivas frecuencias. Los autores concluyen que al desarrollar el plan de mantenimiento preventivo de equipos médicos e industriales fue necesario realizar la actualización del inventario y codificación de los activos de las áreas de Pediatría, Traumatología, Casa de Máquinas y Piso Técnico. Luego, por medio de la metodología del RCM se analizaron las fallas y modos de fallos quedando programadas 156 tareas de mantenimiento para equipos médicos y 562 para equipos industriales con sus respectivas frecuencias, donde se logra incrementar la disponibilidad de las máquinas y equipos brindando una atención adecuada y de calidad hacia los pacientes del hospital. Además, al realizar capacitaciones al personal de mantenimiento en herramientas informáticas y gestión de mantenimiento ayuda a la modernización de la gestión del mantenimiento dentro del Hospital General Riobamba IESS.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- a) En la tesis presentada en la Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, titulada “Plan de mantenimiento preventivo para prolongar la operatividad de las máquinas y equipos del laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao” presentado por Mancco Pérez (2019) para optar el

grado académico de Maestro en Gerencia del Mantenimiento, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivo diseñar un plan para llevar a cabo un mantenimiento preventivo a las máquinas y equipos del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la FIME-UNAC. Además, realizar análisis de criticidad para que contribuya la continuidad de funcionamiento de los equipos y máquinas del laboratorio de Mecánica de Materiales de la FIME-UNAC. Esta tesis presentó resultados: con respecto a la codificación de equipos, se determinó luego de analizar los diversos tipos de codificación sistemática. Con respecto al Inventario, se logró como resultado un listado codificado de diez máquinas y equipos tanto a nivel individual como a nivel general permitiendo la debida gestión técnica. Con respecto a las fichas técnicas, se redactó diez fichas de cada máquina y equipo con la debida información técnica necesaria describiendo sus partes principales, datos de origen y su forma física. Con respecto al diagnóstico, se recolectó información sobre el tiempo de utilización de cada máquina y equipo de LM donde resultó que la máquina universal tiene mayor tiempo de utilización acumulando 72 horas de trabajo durante el semestre académico, son en total diez máquinas de LM y por los resultados del diagnóstico solo dos: el horno eléctrico y el cilindro con pared gruesa necesitaban mantenimiento correctivo mientras que las demás máquinas y equipos requieren mantenimiento preventivo con una frecuencia de atención semestral, también se llegó a obtener la criticidad de los equipos de LM y fue por ello que según la priorización que se realizó para cada máquina y equipo se logró determinar un alto nivel de criticidad para la máquina universal el cual se utiliza para pruebas mecánicas. Con respecto a las tareas de mantenimiento, se llegó a

elaborar las matrices de limpieza, inspección y mantenimiento confeccionadas. En cuanto a la elaboración del proyecto de mantenimiento, se propuso un programa de mantenimiento para los equipos del LM donde se detalla una serie de tareas para materializar el mantenimiento y su respectivo cronograma utilizando como soporte las matrices del mantenimiento. El autor concluye que el plan de mantenimiento preventivo debe ser anual; por ello, elaboró las matrices de limpieza, inspección y mantenimiento donde se detalla las actividades y ciclos de mantenimiento de cada máquina y equipo para el laboratorio de materiales de la FIME; además, se analizó el estado actual de equipos y máquinas del laboratorio, obteniendo por resultado la cantidad de diez equipos y máquinas, de los cuales sólo ocho se encuentran operativos; sin embargo, se aplicó el mantenimiento según el plan propuesto para minimizar el número de máquinas inoperativas. Se realizó análisis de criticidad estableciendo equipos y máquinas críticos que necesitaban ser priorizados para que se pudiesen formular el respectivo mantenimiento preventivo.

- b) En la tesis presentada en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica, titulada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la perforadora Diamantina Superdrill H600 de la empresa MAQPOWER S.A.C.” presentado por Osorio Esteban (2016) para optar el título de Ingeniero Mecánico, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivo calcular la disponibilidad de la máquina perforadora Superdrill H600 antes y después de la ejecución de un plan de mantenimiento, así como incrementar la disponibilidad en un porcentaje favorable de la máquina. El autor realizó un diagrama de causa y efecto con el propósito de identificar las posibles causas que afectan la

disponibilidad de las máquinas. Se presenta como resultado las distintas causas de la indisponibilidad de la perforadora, no sólo son problemas mecánicos sino también intervino el factor humano para que la perforadora este mucho tiempo parada sin poder operar. El autor concluyó que reduciendo las horas paradas de la perforadora se pudo incrementar en forma porcentual la disponibilidad de la perforadora de 86.86% a 93.14%, superando la meta que tenía el autor de 92%. El autor mencionó que el diseño de plan de mantenimiento preventivo mejoró el proceso de mantenimiento; por lo tanto, se apreció una reducción de las horas de parada del equipo, se llegó a implementar formato de mantenimiento a las diferentes horas de mantenimiento, así como su respectiva lista de respuestas.

- c) En la tesis presentada en la Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, titulada “Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos y máquinas del laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Térmicas de la FIME-UNAC 2018” presentado por Gutiérrez Hervias y Tena Jacinto (2019) para optar el grado académico de Maestro en Gerencia del Mantenimiento, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvieron como objetivo obtener el historial y diagnóstico, la operatividad y la criticidad de los equipos y máquinas del laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Térmicas de la FIME-UNAC para tener mayor disponibilidad. Esta tesis presentó como resultado un incremento de disponibilidad del 68.75% en los siguientes equipos de dicho laboratorio: intercambiador de calor (67%), banco hidráulico (75%), generador de vapor (71%), banco de manómetro de peso muerto (58%), banco de bomba centrífuga (75%), ventilador centrífugo (76%), viscosímetro Engler (58%) y bomba

calorimétrica de Junker (70%) debido a la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo. Los autores concluyen que para alcanzar la mayor disponibilidad en los equipos del laboratorio se debe realizar un plan de mantenimiento de forma periódica y continua.

- d) En la tesis presentada en la Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, titulada “Implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en TPM para aumentar la confiabilidad en las máquinas de la empresa Comercial Molinera San Luis SAC” presentado por García Fernández (2018) para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivo proponer e implementar un plan de gestión de mantenimiento para aumentar la confiabilidad en las máquinas que intervienen en su proceso productivo de pilado de arroz. Como resultado, se inició calculando los porcentajes de funcionamiento y paradas. Se tiene que, en promedio, las máquinas tienen un porcentaje de funcionamiento del 72.72%, y el restante 27.28% de paradas, este dato porcentual es la cuantificación del problema planteado, ya que es un porcentaje elevado y poco deseado para la planta. Este porcentaje se obtuvo mediante el diseño del experimento de números aleatorios, en el cual se realizaron observaciones (recorridos de planta) a horas calculadas (con números aleatorios). Con el fin de verificar si las máquinas se encontraban en funcionamiento o paradas por alguna falla, se aplicó los formatos de Lista de cotejo para determinar cuáles fueron las documentaciones con las que contó la empresa, así como otras condiciones de las dos principales áreas críticas (Pilado y Embolsado). De estos cotejos se obtuvo que las tres áreas no estaban acondicionadas para que recibieran

personal de mantenimiento en ejercicio de sus funciones, debido que no había espacios para herramientas ni señalizaciones de áreas adecuadas para realizar estas labores. De igual manera, no hubo un plano visible de las máquinas y algunas de ellas no contaban con guardias de seguridad. Por otro lado, se realizó un inventario de herramientas en el área de mantenimiento y las existencias fueron encontradas en desorden. Así mismo, no hubo control de estas herramientas y fueron usadas en general por quien las necesitaba. La autora concluye que desde un principio al elaborar e implementar un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en TPM se encontró cierta resistencia al cambio y a las implementaciones, esto debido a la realización de labores de gestión y reportes causando sobrecarga de trabajo. Sin embargo, al final de la implementación de esta investigación dio resultados positivos respecto a los indicadores calculados como diagnóstico de la situación inicial reduciendo el 8% en observaciones de máquinas paradas, también aumentó el TMEF de 42 a 62 minutos. Con la incidencia en realizar mantenimientos preventivos ahora el 30% de las horas hombre del área de mantenimiento se dedica a este tipo de labores. Finalmente, el indicador OEE evolucionó de 0.64 a 0.79 producto del aumento del porcentaje de disponibilidad y rendimiento viéndose reflejado en una reducción de 4 a 2 días de paradas no programadas y su respectiva valorización calculada en aproximadamente S/. 2000 mensuales desde la implementación que resulta en una evaluación beneficio costo positiva (2.75).

- e) En la tesis presentada en la Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, titulada "Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos de sostenimiento

Bolter 88” presentado por Escarcena Peña y Carrillo Arenas (2019) para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico, de cuyo trabajo de investigación se obtiene lo siguiente: tuvo como objetivos identificar los sistemas críticos del equipo mediante un análisis de criticidad, determinar los modos y efectos de falla del equipo en determinadas condiciones de operación; y, por último, reducir la cantidad de mantenimientos correctivos en el equipo. Luego de 6 meses de elaboración de un plan de mantenimiento mediante la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad se obtuvo los siguientes resultados: 6 subsistemas y 1 sistema de alta criticidad, a los cual se le aplicó la metodología RCM para planificar las actividades de mantenimiento. Por otro lado, se determinó 13 fallas funcionales, 44 modos y efectos de fallas. Se determinó finalmente con 44 actividades de mantenimiento de las cuales 2 son predictivas, 34 preventivas y 8 correctivas. Los autores concluyeron que al implementar un plan de mantenimiento para la máquina Bolter 88, se permitió seleccionar las actividades de mantenimiento adecuadas incrementando la disponibilidad mecánica en 6.68% y la confiabilidad en 10.88%. Se realizó un análisis de criticidad, obteniendo como resultado los siguientes subsistemas críticos: sistema de lubricación diésel, sistema de combustible (inyección) diésel, sistema de admisión diésel, power pack, bomba de agua y compresor de aire y un sistema crítico: sistema de perforación.

2.2. Bases teóricas:

Para la sustentación de la investigación se relacionaron ciertos aspectos teóricos que a continuación se desarrollan:

2.2.1. Historia del mantenimiento

Se describe la historia del mantenimiento de la siguiente

manera:

El concepto de mantenimiento ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos al momento de fallar, hasta la concepción actual que contempla las funciones de prevenir, inspeccionar y modelar los equipos, a fin de optimizar su disponibilidad y disminuir su costo global. La historia del mantenimiento se dividió en cuatro periodos:

1ra Generación: a mediados del siglo XVIII, el mantenimiento se encargó sólo de arreglar las averías de las máquinas; por ello, a eso se le denominó *mantenimiento correctivo*.

2da Generación: entre las décadas del 50 al 70, se comenzó a realizar sustituciones preventivas de los equipos y máquinas, a esto se le denominó *mantenimiento preventivo*.

3ra Generación: desde principios de los años 80, se comenzó a detectar los fallos de las máquinas de producción, con esto se realizaron estudios de causa-efecto para averiguar el origen de los fallos de dichas máquinas, a esto se le denominó *mantenimiento predictivo*.

4ta Generación: desde la década de los 90, el mantenimiento se contempló como una parte del concepto de calidad total, con el fin de aumentar la disponibilidad y disminuir los costos de las máquinas de producción de las empresas. (Morales, 2017).

2.2.2. Mantenimiento

El mantenimiento es todo acto o conjunto de actividades a desarrollar para conservar o mantener aquello que está en ejecución para un fin y de esta manera su vida útil perdure por un largo periodo de tiempo para ser usada (Pérez y Gardey, 2018).

Figura 2.1 ¿Qué es mantenimiento?



2.2.3. Finalidad de Mantenimiento

La finalidad radica en la habilidad para hacer interactuar correctamente los conocimientos financieros, administrativos y técnicos con el propósito de lograr los siguientes objetivos:

- Asegurar las condiciones de utilización de los equipos y máquinas.
- Integrar programas de mantenimiento previamente establecidos para reducir tiempos ociosos y trabajos poco productivos.
- Ahorrar en gastos que pueden ocasionarse por una mala aplicación de mantenimiento.
- Garantizar la seguridad del personal que está encargado del mantenimiento.
- Prolongar la vida útil de las máquinas para apoyar al laboratorio.
- Contribuir con el retorno óptimo del capital invertido en los equipos y máquinas durante su funcionamiento.

(Díaz, 2015).

2.2.4. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se define como un conjunto de actividades consecutivas a realizar en una instalación con el fin de ejecutar objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de mantenibilidad y cuya finalidad es prolongar al máximo la vida útil de la instalación. Hay tres formas básicas de elaborar un plan de mantenimiento de una instalación:

- Basarse del manual de los fabricantes de los equipos diversos.
- Basarse en los protocolos de mantenimiento por cada equipo.
- Basarse en el análisis de fallos potenciales de la instalación de los equipos.

(García, 2020).

2.2.5. Fases en la elaboración del plan de mantenimiento

Las fases para elaborar un plan de mantenimiento basado en el manual de fabricantes de las maquinarias son las siguientes:

- Elaboración del listado de sistemas que componen el lugar donde se encuentra las maquinarias.
- Determinación del formato homogenizado que se va a ejecutar.
- Identificación de todas las maquinarias del laboratorio que componen cada sistema.
- Recolección de manuales de operación y mantenimiento de las maquinarias seleccionadas.
- Análisis de los manuales y extracción de las actividades de mantenimiento y las frecuencias de realización.
- Determinación del mantenimiento legal e inclusión en el plan de las actividades que se desprenden de la normativa legal de aplicación.
- Recopilación del plan que se obtiene.

(García, 2020).

2.2.6. Tipos de Mantenimiento

El mantenimiento se clasifica en:

a) Mantenimiento Predictivo

➤ Definición de mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo consiste en efectuar una serie de mediciones o ensayos no destructivos con equipos sofisticados a todas aquellas partes de la maquinaria susceptibles de deterioro, pudiendo con ello anticiparse a la falla catastrófica. La mayoría de estas mediciones se efectúan con el equipo en marcha y sin interrumpir la producción. Debido a que cada día la producción es mayor, se implementa un tipo de mantenimiento en el cual no se vea afectada de ningún modo la producción, es por esto que se establece una nueva manera de desarrollar el mantenimiento en las industrias y es el mantenimiento predictivo, el cual sin invadir la maquinaria que se está evaluando, prevé el fallo de la maquinaria, mediante el seguimiento del funcionamiento de la maquinaria, cuando se presenta algún tipo de cambio o variación en dicha maquina se entra a evaluar con el fin de evitar el fallo, basado en las condiciones de los equipos (Sánchez, 2017).

El mantenimiento predictivo se basa en la predicción de las averías; es decir, en la evaluación del estado actual de un equipo para determinar qué tan probable es que se produzca una avería o qué tan necesaria sería una rutina de mantenimiento preventivo. Se trata de un ejercicio de diagnóstico, de evaluación o control (Editorial Etecé, 2021).

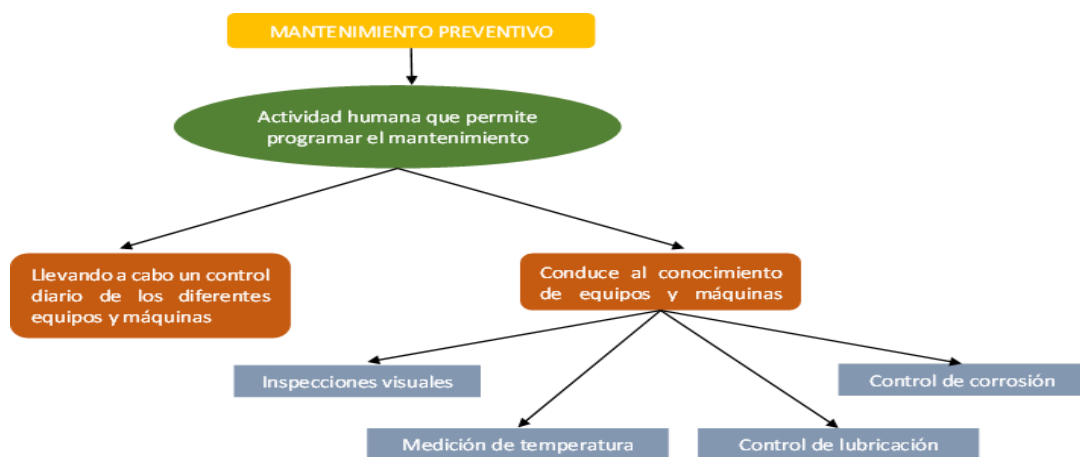
b) Mantenimiento Preventivo

➤ Definición de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo busca prevenir la aparición

de desperfectos antes de que sucedan; y, por lo tanto, alargar la vida útil normal de los equipos; es decir, es la forma de mantenimiento que posterga la necesidad del mantenimiento correctivo, y generalmente consiste en tareas de limpieza, afinación, engrasado, balanceo o reemplazo de piezas desgastadas en los aparatos. Tiene la virtud de poder planificarse y de que generalmente no impide mucho tiempo el uso de los equipos o herramientas (Editorial Etecé, 2021).

Figura 2.2 Mantenimiento preventivo



Fuente: Maldonado Villavicencio H. y Sigüenza Maldonado L., 2012

➤ Tipos de mantenimiento preventivo

En la siguiente figura muestra los siguientes tipos de mantenimiento preventivo. (Ver Figura 2.3)

Figura 2.3 Tipos de mantenimiento preventivo



Fuente: Maldonado Villavicencio H. y Sigüenza Maldonado L., 2012

➤ **Ventajas del mantenimiento preventivo**

Las ventajas del mantenimiento preventivo son las siguientes:

- Disminuir el número de paradas realizando varias reparaciones en un solo paro de la máquina.
- Aprovechar el momento más oportuno sin interferir en el proceso de producción para realizar mantenimiento.
- Preparar implementos y repuestos disminuyendo la indisponibilidad de la máquina.
- Evitar averías mayores producidas por pequeños fallos provocados con el paso del tiempo.

(Maldonado y Sigüenza, 2012).

c) Mantenimiento Correctivo

➤ **Definición de mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo, tal como su nombre lo indica, repara fallas no previstas y que suceden en un momento inesperado siendo estas notadas en principio por el

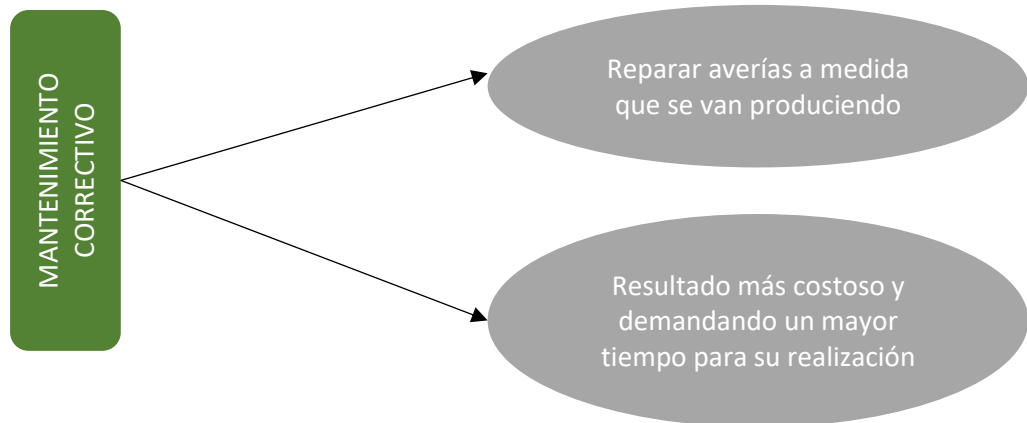
operador de las máquinas. Exige para su eficacia, una buena y rápida reacción de la reparación (recursos humanos asignados, herramienta, repuestos, elementos de transporte, etc.). La reparación propiamente es rápida y sencilla, de igual manera su control y puesta en marcha (García, 2018).

El mantenimiento correctivo es aquel que busca reparar los errores, desperfectos o averías que un equipo o herramienta pueda presentar, sin importar si continúa funcionando o no. Puede entenderse el mantenimiento correctivo como la simple reparación de algo averiado. Dada su naturaleza, su necesidad es imposible de predecir y planificar en el tiempo, de modo que suele implementarse en escenarios de urgencia o incluso de catástrofe, y suele implicar el cambio de piezas y repuestos del equipo, así como la asistencia de personal especializado. El mantenimiento correctivo puede darse incluso cuando un equipo continúa funcionando; es decir, no siempre debe esperarse al colapso total, y tomando eso en cuenta se suele distinguir entre:

- El mantenimiento correctivo urgente o no planificado: se lleva a cabo bajo un estado de urgencia o emergencia; es decir, como respuesta a un daño o desperfecto que ocurre de improviso y requiera solución inmediata.
- El mantenimiento correctivo no urgente o planificado: implica sólo los casos en que la falla o el desperfecto es descubierto, pero el equipo o la herramienta puede continuar trabajando (generalmente con menor efectividad o con mayores márgenes de riesgo) de modo que la reparación puede realizarse posteriormente.

(Editorial Etecé, 2021).

Figura 2.4 Mantenimiento correctivo



➤ **Ventajas del mantenimiento correctivo**

Las ventajas del mantenimiento correctivo son las siguientes:

- Permite que la maquinaria continúe funcionando sin necesidad de reemplazarla por otra nueva.
- En la mayoría de los casos hay una solución concreta (de tenerla) que radica en la reparación o reemplazo de un componente dañado de la maquinaria.
- Permite evitar un gasto extra mientras la falla no se produzca en las maquinarias del laboratorio.
- No se requiere de una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.

(Osorio, 2016; Editorial Etecé, 2021).

➤ **Desventajas del mantenimiento correctivo**

Las desventajas del mantenimiento correctivo son las siguientes:

- Las averías o fallas se presentan de forma imprevista perjudicando la disponibilidad de la maquinaria en el laboratorio.
- En algunos casos, algunas componentes dañadas de forma permanente son difíciles de conseguir el reemplazo correspondiente.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia

del poco tiempo disponible para reparar.
(Osorio, 2016).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Mantenimiento de las máquinas-herramientas

Es una actividad técnica relacionada con la conservación de la máquina-herramienta para que opere con eficiencia y la producción será óptima, segura y confiable.

- **¿Cómo hacer un mantenimiento preventivo a una máquina-herramienta?**

Para poder evitar fallos y averías en una máquina-herramienta es fundamental que el personal encargado del laboratorio de procesos de manufactura realice inspecciones de control. Con estas inspecciones se verificarán que cada máquina-herramienta esté operando de acuerdo a las indicaciones del fabricante, ya que uno de los principales errores es hacer el uso inadecuado de éstas.

Con estas inspecciones cada cierto periodo de tiempo, el personal encargado deberá controlar el estado de las instalaciones (que esté cada máquina-herramienta en condiciones de operatividad) para que así pueda permitir que las máquinas-herramientas estén disponibles. Con esto se permitirá alargar la vida útil de estas máquinas-herramientas (tornos, fresadoras, cepilladoras, taladradoras, entre otros) así evitando fallos en un futuro (Ferrotall, 2022).

- **¿Cómo hacer un mantenimiento predictivo a una máquina-herramienta?**

Es importante hacer este tipo de mantenimiento a una máquina-herramienta del laboratorio de Procesos de Manufactura para así adelantarse a posibles fallos que perjudique la disponibilidad de éstas.

El personal del laboratorio o un especialista deberá conocer estas técnicas de mantenimiento predictivo las cuales son:

- a) Análisis y detección de vibraciones: esto permite

analizar máquinas-herramientas rotativas.

- b) Termografía infrarroja: con esto se podrá inspeccionar aislamientos, purgadores de vapor o fallos del estator como lo de un motor eléctrico en caso lo posea.
- c) Análisis de lubricantes: permite detectar deterioros por sustancias contaminantes y partículas de desgaste.
- d) Análisis de ultrasonidos: se podrá verificar parámetros de estanqueidad, funcionamiento de válvulas o detección de fugas de fluidos.

(Preditec Grupo Álava, 2014)

- **¿Cómo hacer un mantenimiento correctivo a una máquina- herramienta?**

Mediante este tipo de mantenimiento, se podrá restablecer la operatividad de una máquina-herramienta del laboratorio de Procesos de Manufactura. El personal encargado o especialista deberá seguir los siguientes pasos:

- a) Estar pendiente a un mal funcionamiento detectado en la máquina-herramienta.
- b) Localizar el defecto o falla de la máquina-herramienta del laboratorio.
- c) Diagnosticar el problema que presente el componente específico de la máquina-herramienta.
- d) Reparar o reemplazar (en caso sea necesario) la pieza o elemento dañado de la máquina-herramienta.
- e) Alinear y calibrar la pieza reparada (o nueva).
- f) Limpiar y lubricar la máquina-herramienta como debería ser.
- g) Comprobar el rendimiento de la máquina-herramienta si ha alcanzado su estado especificado.

(Sicma21, 2021)

2.3.2. Principios básicos del mantenimiento

Existe 9 principios básicos de mantenimiento a una máquina-herramienta:

- **Principio N° 1:** Aceptar fallas en una máquina-herramienta.
- **Principio N° 2:** En general de las fallas en una máquina-herramienta es independiente de la edad que tenga.
- **Principio N° 3:** El valor de importancia de algunas fallas son más importantes que otras.
- **Principio N° 4:** Se puede cambiar algunas piezas o elementos, pero no todo la máquina-herramienta.
- **Principio N° 5:** Se deben conocer las fallas ocultas que presenta la máquina-herramienta.
- **Principio N° 6:** No necesariamente equipos iguales tendrán el mismo mantenimiento.
- **Principio N° 7:** El mantenimiento no puede aumentar la confiabilidad inherente en una máquina-herramienta.
- **Principio N° 8:** Los buenos planes de mantenimiento no malgastan sus recursos.
- **Principio N° 9:** Los buenos planes de mantenimiento se mejoran periódicamente.

(Hupjé, 2020)

2.3.3. Elaboración de un Plan de mantenimiento

Con la finalidad de evitar fallos en la máquina-herramienta, a continuación, se mencionan 5 pasos que se debe seguir de forma ordenada para una elaboración de un plan de mantenimiento para el laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC:

- 1. Establecer objetivos:** la finalidad es minimizar las horas paradas de las máquinas-herramientas. Se debe considerar objetivos como incrementar la disponibilidad de éstas.
- 2. Definir indicadores claves de desempeño:** estas claves de desempeño miden los resultados con el objetivo de conocer el rendimiento del plan de mantenimiento de la máquina-herramienta. La estrategia debe ser detallada, alcanzable, relevante y temporal.
- 3. Realizar un inventario de las máquinas-herramientas:** se

debe trazar un mapa de las máquinas-herramientas con lo que cuenta el laboratorio de Procesos de Manufactura y clasificarlos.

Cada máquina-herramienta del laboratorio se debe contabilizar lo siguiente:

- Marca/Fabricante
- Recomendaciones del fabricante
- Datos de los últimos controles para verificar el estado de estas máquinas-herramientas.
- Datos de reparaciones anteriormente realizadas.
- Plazos de garantía de la máquina-herramienta
- Análisis de criticidad de la máquina-herramienta.
- Requisitos legales

4. Establecer un presupuesto: es vital importancia que debe contener un plan de mantenimiento de las máquinas-herramientas del laboratorio. Se debe analizar los recursos con los que cuenta el laboratorio y los costos estimados.

5. Analizar la tecnología disponible: se debe analizar la información de las máquinas-herramientas y ponerlos en un software, con lo que permitirá tener la información digitalizada y será más accesible y brindará resultados automáticos en base al plan de mantenimiento que se va a elaborar.

(Fractal, 2022)

2.3.4. Inventario de máquinas-herramientas

Es un listado de forma detallada y ordenada con la finalidad de obtener un control de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC. En este listado debe contener el ID de la máquina-herramienta, tipo de máquina-herramienta, área de instalación, fecha de compra, fecha de garantía y el estado que se encuentra la máquina-herramienta (Ospino, 2017).

2.3.5. Histórico de mantenimiento de una máquina-herramienta

Es un documento en escrito o digital donde se menciona todas las actividades de mantenimiento que se realizan de una máquina-herramienta. Con este documento se podrá monitorizar y controlar los procesos y actividades que el personal encargado del laboratorio realiza.

- **¿Por qué es importante el histórico de mantenimiento?**
 1. Maximiza el rol de las máquinas-herramientas.
 2. Controla y mide la eficiencia del mantenimiento que se realiza.
 3. Mejora la estrategia del mantenimiento
 4. Aumenta la formación del personal encargado de laboratorio.
 5. Aumenta la seguridad al momento de que opera una máquina-herramienta.

(González, 2021)

2.3.6. Diagnóstico de una máquina-herramienta

La finalidad del diagnóstico de máquinas-herramientas es ejecutar un mantenimiento o reparación orientado a las necesidades; y con ello, reducir los periodos de reparación o paralización de una máquina-herramienta. Si se detecta a tiempo los daños o averías de las máquinas-herramientas, esto permitirá aumentar la eficacia general de ésta. El diagnóstico reduce el costo de uso de la máquina-herramienta porque permite planificar la reparación y evitar que los fallos pasen a otro nivel (Gunt Hamburg, 2022).

2.3.7. Análisis de Criticidad de una máquina

El análisis de criticidad es una metodología que permite realizar la jerarquía o prioridades de máquinas-herramientas, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, donde la vital importancia es mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual. Esta mejora está

asociada con cuatro aspectos fundamentales (Prat, 2014). (Ver Figura 2.5)

Figura 2.5 Aspectos fundamentales de la fiabilidad operacional



Fuente: Prat Planas M., 2014

○ **¿Cuáles son los pasos a seguir para realizar un análisis de criticidad?**

Se divide en 5 pasos a seguir para realizar un análisis de criticidad:

1. Realizar un listado de las máquinas-herramientas y evaluar los estados de éstas.
2. Escoger al personal especialista en el mantenimiento que se realizará.
3. Realizar una matriz de criticidad (Definir los criterios de evaluación y combinar las dimensiones para crear esta matriz).
4. Jerarquizar las máquinas-herramientas de acuerdo a la gravedad de la avería o fallo.
5. Programar el plan de mantenimiento adecuado para las máquinas-herramientas de acuerdo a lo jerarquizado; es decir, dar prioridad a las que conllevan un riesgo importante o elevado.

(Prat, 2014)

2.3.8. Laboratorio de Procesos de Manufactura

El Laboratorio de Procesos de Manufactura es un espacio donde se encuentran las máquinas-herramientas (tornos, fresadoras, cepilladoras, taladradoras, entre otros) donde se estudian la diversidad de procesos de elaboración de piezas (generalmente metálicas). Los estudiantes en este laboratorio pueden fabricar componentes finales que serán utilizados en procesos más complejos. Las principales áreas son: maquinadas, fundición, forja, rectificado, entre otros (Espinoza, 2019).

2.3.9. Ciclo de vida útil de una máquina-herramienta

Es el periodo de tiempo en que una máquina-herramienta ejerce su función de manera eficaz y productiva en el laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC (Rethinking the Future, 2022).

2.3.10. Protocolo de mantenimiento

Es un listado de actividades a realizar en una máquina-herramienta. Éste debe contener al menos la siguiente información para cada actividad incluida:

- a) Especialidad del trabajo
- b) Frecuencia con la que debe realizarse.
- c) Duración estimada de la realización de la actividad.
- d) Necesidad de un permiso de trabajo especial.
- e) La máquina-herramienta debe estar funcional o no para la realización de la actividad.

(García, 2020)

2.3.11. Dossier de materiales

Se define como un conjunto de documentos, planes, procedimientos, informe, registros, entre otros, que tenga que ver con el mantenimiento de las máquinas-herramientas en el laboratorio de Procesos de Manufactura (PDCA Home, 2014).

2.3.12. Análisis FODA del mantenimiento

FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) es un método de planificación que muestra con claridad los aspectos positivos y negativos del mantenimiento que se aplica en una máquina-herramienta. Si presenta aspectos negativos, mediante este análisis se busca solucionarlos (Rincón, 2017). En el cuadro 2.1 se muestra el análisis FODA del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC.

Cuadro 2.1 Análisis FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se cuenta con docentes con experiencia en el manejo de las máquinas-herramientas en el laboratorio. ➤ Programación horaria definida. ➤ Se cuenta con herramientas básicas para elaborar el plan de mantenimiento a las máquinas-herramientas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implementación de nuevas tecnologías en convenio con el gobierno Regional. ➤ Las autoridades de la UNAC estarían dispuestos a considerar un presupuesto para el programa del plan de mantenimiento. ➤ Los conocimientos de los egresados para elaborar el plan de mantenimiento de las máquinas-herramientas.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ No se cuenta con técnico especializado para el mantenimiento de las máquinas-herramientas. ➤ No se cuenta con un plan de mantenimiento. ➤ Las máquinas-herramientas cuentan con baja disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La universidad no tiene en el presupuesto un recurso económico para realizar el plan de mantenimiento a las máquinas-herramientas. ➤ Los egresados en el mercado laboral no serán competentes.

2.3.13. Indicadores de Plan de Mantenimiento

a) Disponibilidad

La disponibilidad se define como la probabilidad de que una

máquina-herramienta esté lista para usarse en el tiempo que se requiera, esto quiere decir, que no esté parada por averías o fallas (Avendaño y Barrera, 2015).

Cálculo de la Disponibilidad:

La disponibilidad se calcula por medio del cociente de la diferencia entre las horas totales con las horas parada debido al mantenimiento, entre las horas totales que se tiene programado para la máquina-herramienta:

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

Fuente: García Garrido S., 2020

Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado.

Las horas de parada por mantenimiento son las horas debidas a paradas originadas por mantenimiento programado como el no programado (García, 2020).

b) Fiabilidad

Es la probabilidad de que una máquina-herramienta desempeñe adecuadamente las funciones para lo cual se ha creado, durante el periodo de tiempo o especificado y con las condiciones de operaciones dadas. El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas, para ello se utiliza lo que denominamos la tasa de falla, por tanto, el tiempo medio entre fallas (MTBF) caracteriza la fiabilidad de la máquina-herramienta. El MTBF mide el tiempo promedio que es capaz de operar la máquina-herramienta a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio (Osorio, 2016).

Tiempo medio entre fallas (MTBF):

$$MTBF = \frac{HROP}{\Sigma NTFALLAS}$$

Donde:

HROP = Horas de Operación

Σ NTFALLAS = Número de fallas detectadas

Fuente: Osorio Esteban R., 2016

c) **Mantenibilidad**

Es la probabilidad de que una máquina-herramienta en estado de fallo, pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, y usando unos recursos determinados. Por lo tanto, la media de tiempo de reparación (MTTR) caracteriza la mantenibilidad del equipo (Osorio, 2016).

Tiempo medio para reparar (MTTR):

$$MTTR = \frac{TTF}{\Sigma NTFALLAS}$$

Donde:

TTF = Tiempo Total de fallas.

Σ NTFALLAS = Número de fallas detectadas.

Fuente: Osorio Esteban R., 2016

2.4. **Definición de términos básicos**

2.4.1. **Procesos de Manufactura**

Los procesos de manufactura son una serie de actividades llevadas por especialistas que tienen conocimientos técnicos en el manejo y cuidado de las maquinarias. Estas actividades deben ser receptivas a diversidad de necesidades y posibles cambios.

2.4.2. **Mantenimiento**

Es la elaboración de una serie de actividades a seguir para evitar fallos futuros de los equipos, máquinas o activos, con el propósito de que no afecte el rendimiento de éstos con el transcurso del tiempo.

2.4.3. **Plan de mantenimiento**

Conjunto de diversas intervenciones y operaciones preventivas que se realiza en los equipos, máquinas o activos en un lugar adecuado dado de acuerdo con los protocolos de

mantenimiento de cada tipo mencionado con un fin de lograr confiabilidad, fiabilidad y disponibilidad de los equipos o activos con el propósito de alargar la vida útil de éstos.

2.4.4. Máquina-Herramienta

Es un modelo de maquinaria que se usa en la fabricación de piezas partiendo generalmente de materiales metálicos. Esta maquinaria dispone de distintos elementos de corte, fresado, torneado, cepillado, taladrado, entre otros, con los que se puede moldear o dar forma a las piezas que se fabrica.

2.4.5. Torno

Es una máquina-herramienta que permite darle una forma geométrica a las piezas ya sea cilíndrica o cónica. Este tipo de maquinaria se encarga de girar las piezas a una determinada revolución y con la herramienta de corte se le va moldeando hasta obtener la forma de pieza deseada. El residuo de pieza que se va expulsando durante el torneado se le denomina viruta.

2.4.6. Fresadora

Es una máquina-herramienta que consta de un elemento de corte llamado fresa. Esto al girar con unas determinadas revoluciones de manera horizontal o vertical, permite darle forma a una pieza sólida (metálicos, plásticos, maderas, etc.) estática (no se mueve). Por otro lado, la fresadora también puede hacer el papel de “torno” si se intercambian; esto quiere decir, si en lugar de que gire el elemento de corte, gira la pieza sólida.

2.4.7. Cepilladora

Es una máquina-herramienta que realiza la operación mecánica de cepillado por una herramienta de corte llamado buril (tanto la herramienta de corte como la pieza pueden estar en movimiento) mediante el desprendimiento de viruta, permite elaborar principalmente superficies planas a las piezas. Otras operaciones que realiza es el ranurado y rebajado.

2.4.8. Taladradora

Es una máquina-herramienta que mediante la broca (de diferentes tamaños) permite hacer agujeros de forma cilíndrica o cónica a una pieza sólida (generalmente es de tipo metálico) por la técnica de arranque de viruta. Esto es posible debido a los dos movimientos que se realiza que son: rotación (la broca va girando a una determinada revolución) y penetración (el eje de la misma taladradora va empujando a un determinado ritmo).

2.4.9. Seguridad

Es una condición de mantener seguro y fiable a un cierto elemento con el fin de evitar riesgos o peligros.

2.4.10. Disponibilidad

Viene a ser la disposición de un elemento que se encuentra en un estado operativo bajo ciertas condiciones en un momento determinado.

2.4.11. Falla

Es un estado desfavorable que hace que el elemento no realice su función para la cual existe.

2.4.12. Avería

Es un daño que afecta el funcionamiento de un elemento.

2.4.13. Ficha técnica

Es un documento básico y fundamental que se detalla las características de cada equipo o máquina, datos operativos, componentes y contiene información como: tipo de máquina, datos específicos (modelo, tipo, año de fabricación, dimensiones, peso, etc.).

2.4.14. Inventario

Es una lista ordenada y clasificada de los bienes que necesita una persona o una empresa para llevar el control de sus ganancias sobre compra y venta.

2.4.15. Operatividad

Es la cualidad o característica que indica el buen

funcionamiento de la máquina-herramienta.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Si se elabora un plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se mejorará la disponibilidad.

3.1.2. Hipótesis específicas

- a) Si se elabora el historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se mejorará la disponibilidad.
- b) Si se determina la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de manufactura de la FIME-UNAC, se obtendrá mayor disponibilidad.
- c) Si se analiza la criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de manufactura de la FIME-UNAC, se tendrá mayor disponibilidad.

3.2. Operacionalización de las variables

“Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC”

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA	MÉTODO
X = Plan de mantenimiento	Son aquellas intervenciones o tareas de mantenimiento programadas que sean necesarias para evitar fallos en los equipos o activos.	Historial diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas.	1. Vida útil 2. Disponibilidad 3. Ficha técnica	Del 1 al 3	Ficha técnica	Sistémico
		Operatividad de las máquinas-herramientas.	4. Tiempo programado de parada 5. Frecuencia de fallas	Del 4 al 6	Tiempo de paradas	
		Análisis de la criticidad de las máquinas-herramientas.	6. Valoración de máquinas-herramientas	7	Valoración estimada con puntaje	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA	MÉTODO
Y= Disponibilidad de las máquinas-herramientas	Es el periodo de tiempo en que el equipo, máquina-herramienta debe estar operativo o listo para su uso.	Disponibilidad Fiabilidad Mantenibilidad	8. Tiempo medio entre fallas (MTBF). 9. Tiempo medio de reparación (MTTR)	Del 8 al 9	Recopilación de información y tarjeta maestra	Sistémico

3.3. Variables de Investigación

Variable X = Variable Independiente:

Plan de Mantenimiento

Variable Y = Variable Dependiente:

Disponibilidad de las máquinas-herramientas

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

El diseño de la investigación fue de tipo tecnológico (se aplicó método científico para la solución de los problemas que se presentaron en las máquinas-herramientas) y nivel aplicado (se aplicó los resultados de la investigación experimental para elaborar el plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas).

También fue de tipo correlacional ya que siguió un protocolo basado en el método científico relacionando entre las dos variables: independiente y dependiente de esta investigación

En el presente diseño se ha considerado lo siguiente:

X = Plan de mantenimiento (variable independiente).

Y = Disponibilidad de máquinas-herramientas (variable dependiente).

El autor Espinoza (2014), menciona dos tipos de investigación: básica (descriptiva y explicativa) y tecnológica (experimental y aplicada). La presente investigación es tecnológica y de nivel aplicada ya que tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas de la sociedad.

4.2. Método de investigación

El método de la presente investigación fue de tipo sistémico, ya que se estudió al objeto mediante la determinación de los elementos, relaciones y límites para observar la estructura y la dinámica del funcionamiento. Según el autor Espinoza (2014), propone estudiar y observar su estructura y funcionamiento del objeto de estudio. Por otro lado, para identificar un objeto de investigación, no se debe dejar de lado las entradas y salidas del sistema, ya que estos le relacionan con otros sistemas.

4.3. Población y muestra

La población estuvo conformada por todas las máquinas-herramientas existentes en el laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC. La muestra fue de diez máquinas-herramientas: torno E-200, torno E-400, torno E-630, cepilladora Strigon, cepillo de codo, cepillo mecánico Heinemann, fresadora universal ME-1000, fresadora universal ME-250, taladradora de banco T-100 y taladradora radial RF-22.

4.4. Lugar de estudio

El lugar de estudio de la presente investigación se realizó en el laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, ubicado en la avenida Juan Pablo II 306, distrito de Bellavista, Provincia Constitucional del Callao.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Se realizó la observación directa del fenómeno en estudio que consiste en observar las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura que se encuentran en funcionamiento, con la finalidad de identificar cada uno de los procedimientos de mantenimiento y lograr conocer su estado actual, lo cual nos sirve para determinar y mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas.

A continuación, se muestra el siguiente cuadro (ver Cuadro 4.1) que explica las técnicas e instrumentos que se aplicó en esta investigación.

Cuadro 4.1 Técnicas e instrumentos de la investigación

N°	TÉCNICA	INSTRUMENTO	OBSERVACIÓN
1	Historial de la máquina-herramienta	Lista del historial	Informe de los datos técnicos de la máquina-herramienta.
2	Diagnóstico de la máquina-herramienta	Inspección	Análisis del tipo y magnitud de desgaste de las partes de las máquinas-herramientas.
3	Observación Directa	Ficha de registro	Datos mecánicos de la máquina-herramienta.
4	Análisis de Criticidad	Registro de datos del estado de las máquinas-herramientas	Se busca la prioridad de las máquinas-herramientas que están sin operar.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

La investigación utilizó la recolección de datos del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, mediante la aplicación de técnicas e instrumentos indicado en el cuadro 4.1. El historial y diagnóstico, ficha de registro y los datos mecánicos para tener en conocimiento los problemas detallados que presentan las máquinas-herramientas por el cual no están dispuestas para su utilización, se aplicó las siguientes técnicas de procesamiento de datos:

- Ordenamiento y clasificación: Se conoce las causas que ocasiona la baja disponibilidad de las máquinas-herramientas.
- Programa Microsoft Excel: Sirve para realizar tablas y diversos cálculos numéricos y estadísticos necesarios para la investigación.

4.6.1. Fichas técnicas de las máquinas-herramientas

Para el historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se elaboró una ficha técnica para cada máquina-herramienta para mejorar su disponibilidad.

Cuadro 4.2 Ficha Técnica de Torno E-200

Máquina-herramienta	Torno E-200	Ficha N° 1
	Tipo: EMU-200-R	Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura - FIME N° de fabricación: 3843 Año de fabricación: 1974 Peso de la M-H: 454 kg Dimensiones: 1500x600x450 mm
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Bancada	Soporta a toda la máquina	Regular
Cabezal móvil	Soporte del material entre centros	Regular
Caja Norton	Regula las velocidades	Malo
Cabezal fijo	Dispositivo de ubicación por partes	Regular
Carro portaherramientas	Dispositivo de las cuchillas	Regular
Plato universal	Soporte de los materiales	Regular
Plato de garras	Soporte de las piezas de trabajo	Regular
Luneta fija	Centra al material	Regular
Luneta móvil	Desplaza al material	Regular
Contrapunta	Elemento móvil de acople	Regular

Portaherramientas	Dispositivo de posición de herramienta	Regular
Carro auxiliar	Ubicación de la herramienta	Regular
Husillo principal	Conecta a la caja Norton por plato	Regular
Potencia de motor	1.8 Kw	Regular

Cuadro 4.3 Ficha Técnica de Torno E-400

Torno E-400		Ficha N° 2
Máquina-herramienta	Tipo: E-400/1500	Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura - FIME
	Marca: Budapest	N° de fabricación: 750089 Año de fabricación: 1974 Peso de la M-H: 1550 kg Dimensiones: 2720x967x1350 mm
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Bancada	Soporte del carro principal	Regular
Cabezal fijo	Caja de ruedas dentadas	Regular
Caja de pasos	Soporte de caja de velocidades	Regular
Torreta portaherramientas	Torre universal	Regular
Contrapunta	Cabezal fijo y móvil	Regular
Plato universal	Soporte de los materiales	Regular
Árbol de cilindrar	Soporte de ejes cilindrar	Regular
Luneta fija	Sujeta piezas largas	Regular
Luneta móvil	Dispositivo de soporte de ejes	Regular
Carcasa	Cubierta de árboles y ruedas	Regular
Husillo principal	Soporte del cabezal móvil	Regular
Mecanismo de ruedas	Cambio pasos y avances	Regular
Caja de ruedas	Cambio de velocidades	Regular
Potencia de motor	5.5 Kw	Regular

Cuadro 4.4 Ficha Técnica de Torno E-630

Torno E-630		Ficha N°3
Máquina-herramienta	Tipo: E-630-01	Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura - FIME
		Año de fabricación: 1974 Peso de la M-H: 2100 kg Dimensiones: 2780x1780x1855 mm
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Bancada	Soporte y funda del torno	Regular
Caja de cambio	Sistema de pasos y avances	Regular
Palanca de cambio	Cambio de movimiento	Regular
Palanca de transmisión	Cambio del árbol	Regular

Cabezal móvil	Gira a diversas velocidades	Regular
Mesa o carro	Produce pasos y avances	Regular
Carro transversal	Movimiento manual graduado	Regular
Torreta	Portaherramientas	Regular
Portaherramientas	Fijación de herramientas	Regular
Mecanismo	Velocidad de avance y paso	Regular
Movimientos varios	Trabajo de la herramienta	Regular
Inversor de movimiento	Cambio de movimiento	Regular
Tren de ruedas	Rueda de segundos por movimiento	Regular
Potencia de motor	16.2 kW	Regular

Cuadro 4.5 Ficha Técnica de Cepilladora Strigon

Cepillo Strigon		Ficha N°4
Máquina-herramienta	Tipo: GH 400117	Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura - FIME N° de fabricación: 2022 Año de fabricación: 1974 Peso de la M-H: 1150 kg Dimensiones: 1815x1110x1380 mm
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Carnero	Elemento móvil de máquina	Regular
Mesa-mandil	Soporte de la máquina	Regular
Palanca de cambio	Cambios de velocidad	Regular
Charnela	Soporte de la herramienta	Regular
Cabezal	Ubicación de herramienta	Regular
Prensa	Soporte de la herramienta	Regular
Mecanismo	Biela y corona-carrera	Regular
Bancada	Soporte de la máquina	Regular
Cruceta	Mecanismo para subir	Regular
Base	Soporte de la máquina	Regular
Motor	Elemento del movimiento	Regular
Tornillo de banca	Elemento para subir mesa	Regular
Volante	Subida y bajada de carro	Regular
Potencia de motor	2.4 kW	Regular

Cuadro 4.6 Ficha Técnica de Cepillo de codo Sanches Blanes

Cepilladora de codo Sanches Blanes		Ficha N°5
Máquina-herramienta	Tipo: PL-400 Marca: Sanches	Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura - FIME Año de fabricación: 1980 Peso de la M-H: 285 kg Dimensiones de mesa: 190x170 mm

Blanes		
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Base cepilladora	Soporte de la estructura	Regular
Bastidor	Base de mesa	Regular
Mesa principal	Desplazamiento variado	Regular
Charnela	Dispositivo para herramienta	Regular
Carnero	Cabezal superior de trabajo	Regular
Manivela	Desplazamiento de la herramienta	Regular
Llave de control	Herramienta desplazable	Regular
Carro principal	Desplazamiento básico	Regular
Mesa	Abertura al frente y fondo	Regular
Mandil	Escalón de conexión básico	Regular
Corredera	Acceso al movimiento cruzado	Malo
Cepillado	Superficie arrancada de circuito	Regular
Caja rectangular	Fracturador del material	Regular
Potencia de motor	3.7 kW	Regular

Cuadro 4.7 Ficha Técnica de Cepillo mecánico Heinemann

Máquina-herramienta	Cepillo mecánico	Ficha N°6
	Heinemann	Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura – FIME
	Tipo: H300	Año de fabricación: 1992
		Espacio necesario aprox: 0.6x0.5x0.8 m
		Peso de la M-H: 1620 kg
		Dimensiones: 300x100x100 mm
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Bancada	Elemento de soporte de la máquina	Regular
Guías-base	Está provista de guías bases	Regular
Mesa	Sobre las guías horizontales	Regular
Carro vertical	Desplazamiento vertical-horizontal	Regular
Carnero	Deslizamiento sobre guías	Regular
Mecanismos	Accionamiento del carnero	Regular
Palanca	Oscilante de accionamiento	Regular
Cabezal de giro	Sujeto al carro principal	Regular
Manivela	Del avance superior e inferior	Regular
Árbol roscado	Sirve de desplazamiento	Regular
Tornillo	Regulador de carrera del carnero	Regular
Tuerca segura	Regulador de la carrera	Regular
Moleteado	Ranuras especiales de chaveta	Regular
Potencia de motor	1.5 kW	Regular

Cuadro 4.8 Ficha Técnica de Fresadora Universal ME-1000

Máquina-herramienta	Fresadora Universal ME-1000	Ficha N°7
		Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura – FIME N°de fabricación: 3143 Año de fabricación: 1974 Peso de la M-H: 2750 kg Dimensiones: 1000x450x210 mm
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Mesa máxima 1000	Recorrido máximo 1000	Regular
Transversal máxima	320 mm de recorrido	Regular
Recorrido máximo	Transversal 410 mm	Regular
Pieza de trabajo	Máximo 500 mm	Regular
Husillo principal	Recorrido longitudinal 660	Regular
Giro del cabezal	En +45°	Regular
Gama de velocidad	36 a 1800 rpm	Regular
Número de velocidad	Vertical 18 velocidades	Regular
Tamaño mesa	1000 a 250 mm	Regular
Recorrido transversal	250 x 250 mm	Regular
Recorrido longitudinal	1000 x 1000 mm	Regular
Tamaño de mesa	320 x 1000	Regular
Velocidades de husillo	12 velocidades	Regular
Potencia de motor	2.2 kW	Regular

Cuadro 4.9 Ficha Técnica de Fresadora Universal ME-250

Máquina-herramienta	Fresadora Universal ME-250	Ficha N°8
		Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura - FIME Peso de la M-H: 1820 kg
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Mesa longitudinal	Movimiento sobre el eje x	Regular
Base-columna	Soporte de los dispositivos	Regular
Volante mesa	Movimiento de columna	Regular
Manivela fresa	Subir y bajar el cabezal	Regular
Husillo principal	Ubicación para herramientas	Regular
Carnero-fresa	Posiciona las herramientas	Regular
Carro de velocidad	Avance, corte y movimiento	Regular

Velocidad de avance	Movimiento de herramienta	Regular
Operación fresada	Tiene más de 15 operaciones	Regular
Corte operativo	Propias del corte de herramienta	Regular
Tallado de ruedas	Construcción de engranajes-ruedas	Regular
Fresado	Helicoidal y de levas	Regular
Fresado	Roscas cilíndricas	Regular
Potencia de motor	3.3 kW	Regular

Cuadro 4.10 Ficha Técnica de Taladradora de banco T-100

Máquina-herramienta	Taladradora de banco T-100	Ficha N°9 Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura - FIME Año de fabricación: 1974
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Columna	Soporte de la máquina	Regular
Cabezal	Eje principal-motor	Regular
Mesa	Superficie de taladrar	Regular
Eje principal	Transporte del conjunto	Regular
Motor principal	Monofásico	Regular
Potencia de motor	0.75 kW	Regular

Cuadro 4.11 Ficha Técnica de Taladradora radial RF-22

Máquina-herramienta	Taladradora radial RF-22	Ficha N°10 Ubicación: Lab. Procesos de Manufactura - FIME Año de fabricación: 1974
COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	ESTADO
Velocidad husillo	16-1250 rpm	Regular
Elevación de brazo	1000 mm brazo	Regular
Avance husillo	0.04-3.2 mm/r	Regular
Husillo-trabajo	450 mm de agrieta	Regular
Potencia de motor	7.5 kW	Regular

4.6.2. Tiempo de paradas de las máquinas-herramientas

Para determinar la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se estableció el tiempo de paradas mediante una programación

de grupos horarios distribuido en los ciclos 2021-A y 2021-B para cada una de las 10 máquinas-herramientas para obtener mayor disponibilidad.

Tabla 4.1 Tiempo de parada de Torno E-200

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
3H	4H	4H	4H	3H	3H	3H	3H

Tabla 4.2 Tiempo de parada de Torno E-400

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
4H	4H	4H	3H	3H	3H	3H	3H

Tabla 4.3 Tiempo de parada de Torno E-630

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
4H	4H	4H	4H	3H	3H	4H	3H

Tabla 4.4 Tiempo de parada de Cepilladora Strigon

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
4H	4H	4H	3H	4H	3H	3H	3H

Tabla 4.5 Tiempo de parada de Cepillo de codo Sanches Blanes

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
3H	4H	3H	3H	3H	3H	3H	4H

Tabla 4.6 Tiempo de parada de Cepillo mecánico Heinemann

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
4H	4H	4H	3H	3H	4H	4H	4H

Tabla 4.7 Tiempo de parada de Fresadora Universal ME-1000

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
3H	3H	3H	3H	3H	3H	3H	3H

Tabla 4.8 Tiempo de parada de Fresadora Universal ME-250

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
4H	4H	4H	4H	4H	4H	4H	4H

Tabla 4.9 Tiempo de parada de Taladradora de banco T-100

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
3H	3H	3H	3H	3H	3H	3H	3H

Tabla 4.10 Tiempo de parada de Taladradora radial RF-22

2021-A				2021-B			
1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
5H	4H	4H	5H	5H	5H	4H	4H

4.6.3. Análisis de Criticidad de las máquinas-herramientas

Para analizar la criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC se realizó una valoración estimada para obtener un puntaje y finalmente tener una mayor disponibilidad.

○ **Función de la máquina-herramienta (A):**

La labor de la máquina-herramienta en el funcionamiento de su instalación.

FUNCIÓN DE LA MÁQUINA-HERRAMIENTA	A
Importante	(7 a 9)
Medianamente importante	(5 a 6)
Normal	(3 a 4)

- **Requisitos del mantenimiento (B):**

Los requisitos del mantenimiento varían con el tipo de máquina-herramienta.

REQUISITOS DEL MANTENIMIENTO	B
Extensivo	5
Medio	3
Mínimo	1

- **Histórico de reparaciones (C):**

Tomando en consideración el histórico de fallos disponibles de las máquinas-herramientas, se puede llevar a cabo un estudio de tendencias. De esta manera que, si hay máquinas-herramientas que no están inventariados, pero que tienen una historia de reparación importante, se deduce la necesidad de registrarlos.

HISTÓRICO DE REPARACIONES	C
Demanda de calibración	1
Llamada repetida por correctivo	3
Costo de mantenimiento (5% costo adquisición)	5

- **Condiciones de explotación (D):**

Se evalúa a partir de la observación y se refiere a la utilización en exceso comparado con máquinas-herramientas similares de la Universidad Nacional del Callao o a las condiciones en donde se encuentra ubicado (áreas húmedas u otras zonas agresivas).

CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN	D
Utilización normal	0
Sobre utilización	(1-2)
Condiciones severas del entorno	(3-5)

○ **Redundancia (E):**

Se evalúa a partir de la observación y se refiere a la disponibilidad de máquinas-herramientas que son redundantes (que realicen la misma función) para poder ser empleados en caso de que falle la máquina-herramienta en su uso.

REDUNDANCIA	E
No existe duplicado	(7-9)
1 o 2 equipos más disponibles	(3-5)
Más de 2 equipos disponibles	1

○ **Impacto en la seguridad personal (F):**

Se evalúa a partir de la observación y de datos extrapolados de otras máquinas-herramientas iguales o similares, y se refiere a la posibilidad de daño o accidente personal, estando la máquina-herramienta en funcionamiento.

IMPACTO EN LA SEGURIDAD PERSONAL	F
Impacto grave	(7-9)
Impacto leve	(3-5)
Impacto nulo	(0-1)

○ **Impacto ambiental (G):**

Se evalúa a partir de datos obtenidos y se refiere a la cantidad de contaminación ambiental, estando la máquina-herramienta en funcionamiento.

IMPACTO AMBIENTAL	G
Impacto grave	(7-9)
Impacto pequeño	(3-5)
Impacto inexistente	(0-1)

Cuadro 4.12 Análisis de Criticidad Total

Se define: ***Criticidad Total*** = ***A + B + C + D + E + F + G***

CRITICIDAD TOTAL	PUNTAJE
Muy crítico	(40-51)
Moderadamente crítico	(21-39)
Poco crítico	(6-20)

Fuente: Guerrero Roldán F., 2015

Cuadro 4.13 Determinación de máquinas-herramientas críticas

MÁQUINAS-HERRAMIENTAS	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL	CRITICIDAD
Torno E-200	8	4	4	2	8	6	3	35	Moderadamente crítico
Torno E-400	8	4	4	2	8	6	3	35	Moderadamente crítico
Torno E-630	5	3	3	0	7	6	3	27	Moderadamente crítico
Cepilladora Strigon	7	3	3	1	6	3	3	26	Moderadamente crítico
Cepillo de codo Sanches Blanes	7	3	3	1	6	3	3	26	Moderadamente crítico
Cepillo mecánico Heinemann	5	3	3	0	3	3	3	20	Poco crítico
Fresadora Universal ME-1000	8	3	3	1	6	3	3	27	Moderadamente crítico
Fresadora Universal ME-250	8	3	3	1	6	3	3	27	Moderadamente crítico
Taladradora de banco	8	4	4	2	8	5	3	34	Moderadamente crítico
Taladradora radial RF-22	5	2	3	0	3	4	3	20	Poco crítico

4.6.4. Propuesta del Plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas

La propuesta del plan de mantenimiento está destinado a la conservación de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, ya que dicho mantenimiento es el mejor aliado a la calidad de servicio por tener procesos anticipativos como: revisión, limpieza, lubricación y engrase, con la finalidad de garantizar su buen funcionamiento para lograr obtener mayor disponibilidad de servicio en el laboratorio mencionado; por ello, se elaboró las tarjetas maestras de cada máquina-herramienta.

- **Tarjeta maestra del Torno E-200**

Máquina: “Torno de precisión universal”

Modelo: EMU-200

Instalación Eléctrica: Corriente alterna 300/200V

Cuadro 4.14 Puntos de Lubricación del Torno E-200

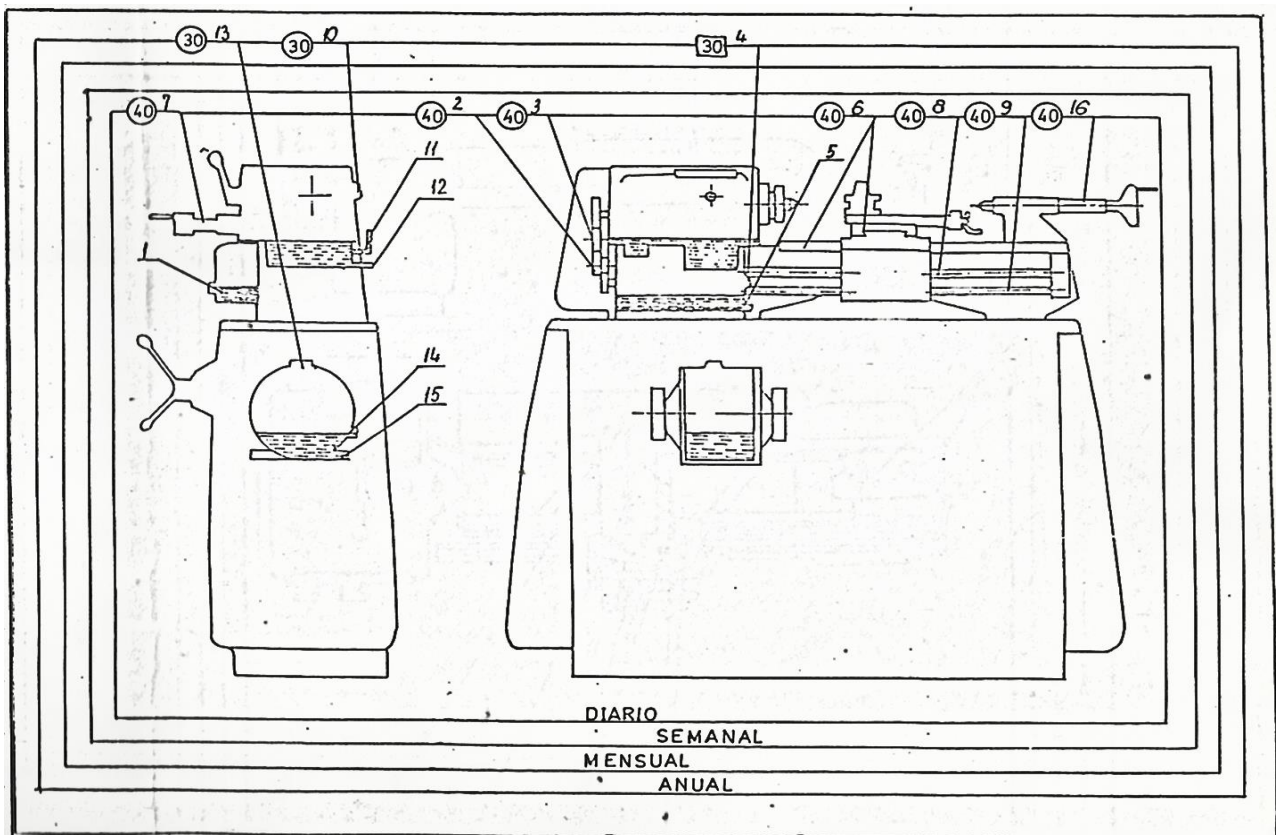
N° DE REF.	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA DE REVISIÓN	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICANTE
1	Indicador del nivel de aceite en la caja de roscas	Anual	Anual	T-30
2	Perno de rueda de cambio	Semanal	Diario	T-40
3	Perno de rueda de cambio	Semanal	Diario	T-40
4	Abertura de llenado Caja de roscas	Anual	Anual	T-30
5	Drenaje de caja de roscas	Anual	Anual	T-30
6	Prisma	Semanal	Diario	T-40
7	Husillo del cono transversal	Semanal	Diario	T-40
8	Husillo de mando	Semanal	Diario	T-40
9	Husillo de tracción	Semanal	Diario	T-40
10	Abertura de llenado de la caja de husillo	Anual	Anual	T-30
11	Indicador de nivel de la caja de husillo	Anual	Anual	T-30
12	Drenaje de la caja de husillo	Anual	Anual	T-30
13	Abertura de llenado de la caja de cambio	Anual	Anual	T-30

14	Indicador de nivel en la caja de cambio	Anual	Anual	T-30
15	Drenaje de la caja de cambio	Anual	Anual	T-30
16	Vaina de contrapunta	Anual	Diario	T-40

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
T-30	Tellus hidráulico – 30
T-40	Tellus hidráulico – 40

Figura 4.1 Puntos de lubricación – Torno E-200



○ **Tarjeta maestra del Torno E-400**

Máquina: "Torno de precisión universal"

Modelo: EMU-400

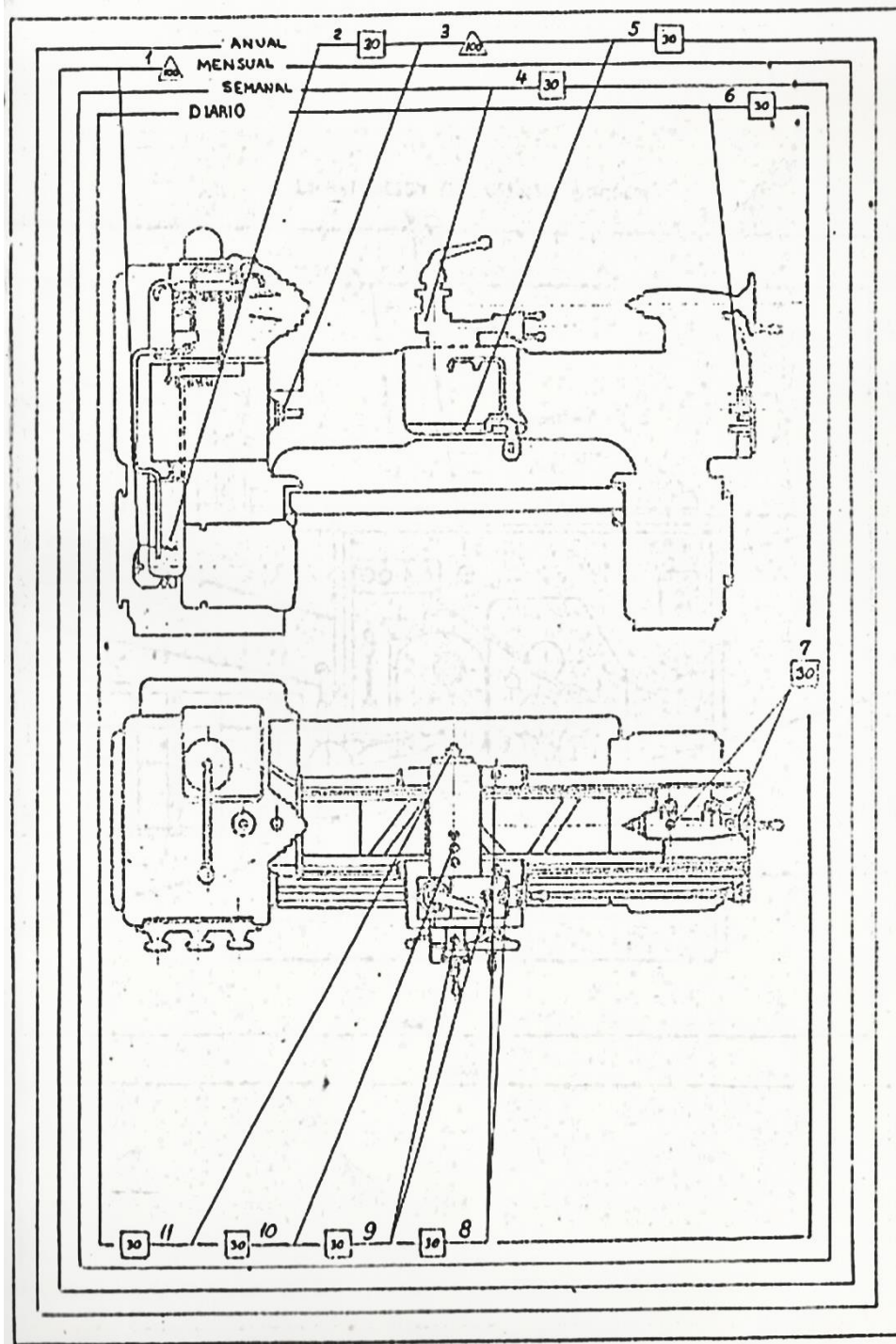
Cuadro 4.15 Puntos de Lubricación del Torno E-400

N° DE REF.	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA DE REVISIÓN	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICACIÓN
1	Eje de salida motor	Anual	Mensual	R2-100
2	Distribuidor central Caja de husillo, avance y rosca y caja de cambio	Anual	Anual	R2-100
3	Tornillo patrón	Semanal	Anual	R2-100
4	Guía de desplazamiento del carro porta-útil	Anual	Diario	T-30, 40
5	Distribuidor de aceite del carro horizontal	Anual	Anual	T-30
6	Cojinete de eje de avance y tornillo patrón	Anual	Diario	T-30
7	Puntos de lubricación del carro	Anual	Diario	T-30
8-9 10- 11	Puntos de lubricación del carro vertical (transversal)	Anual	Diario	T-30

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
R2-100	Tipo de grasa
T-30	Tellus hidráulico - 30
T-40	Tellus hidráulico - 40

Figura 4.2 Puntos de lubricación – Torno E-400



LEYENDA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
○	Aceite
△	Grasa

○ **Tarjeta maestra del Torno E-630**

Máquina: "Torno Universal E-630"

Tensión: 220V

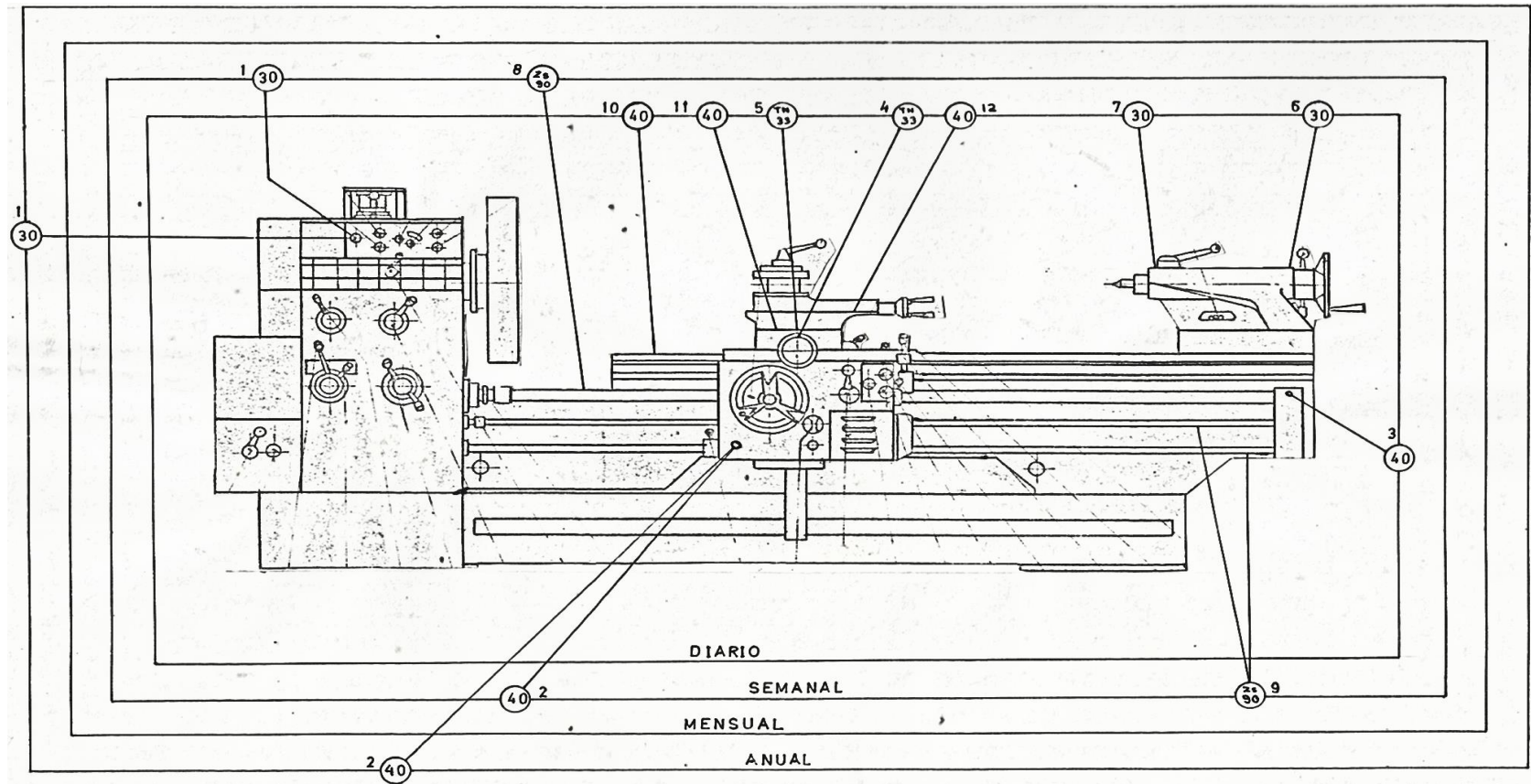
Cuadro 4.16 Puntos de Lubricación del Torno E-630

ÍTEM	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA	TIPO DE LUBRICACIÓN
1	Indicador de nivel de aceite cabezal y mecánica de avance	Cambio anual Revisión semanal	T-30
2	Indicador de nivel del aceite caja de engranajes de carro	Cambio anual Revisión semanal	T- (30-40)
3	Botón de lubricación de cojinete de ejes	Diario	T- (30-40)
4	Botón de engranaje de carro transversal	Diario	Tona 33
5	Botón de engranaje de carro porta-útil	Diario	Tona 33
6	Botón de lubricación árbol de contrapunta	Diario	T-30
7	Casquillo de contrapunta	Diario	T-30
8	Engrase eje de rosca	Semanal	Zs-90
9	Engrase de calibración	Semanal	z,90
10	Guías de deslizamiento del carro transversal	Diario	T-40
11	Guías de deslizamiento del carro transversal	Diario	T-40
12	Guía de deslizamiento de carro porta-útil	Diario	T-40

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
T-30	Tellus hidráulico - 30
T-40	Tellus hidráulico - 40
Tona 33	Tipo de grasa
Zs-90	Tipo de grasa

Figura 4.3 Puntos de lubricación – Torno E-630



○ **Tarjeta maestra de la Cepilladora Strigon**

Máquina: “Cepilladora Strigon”

Modelo: GN 400117

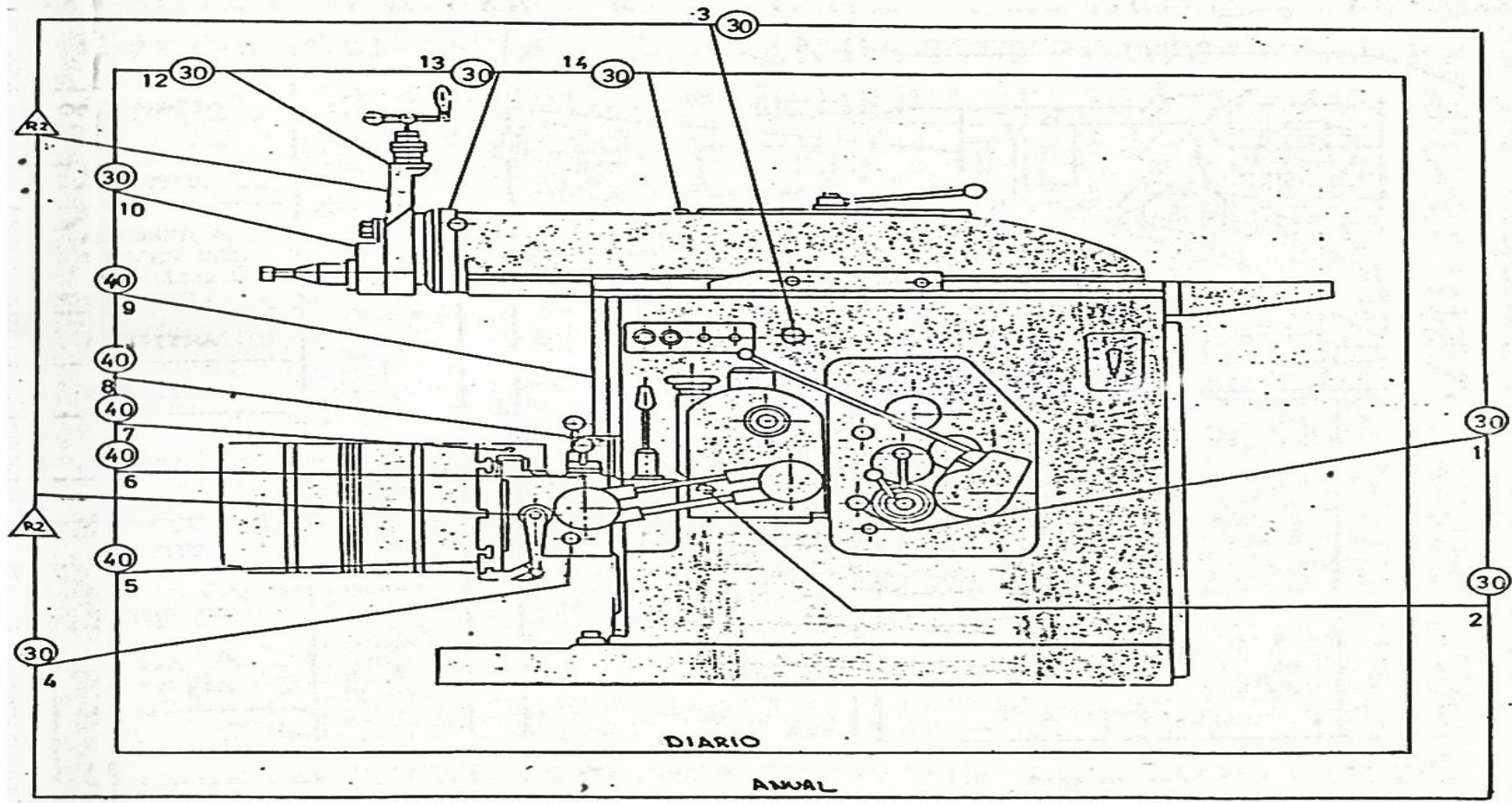
Cuadro 4.17 Puntos de Lubricación de la Cepilladora Strigon

N° DE REF.	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA DE REVISIÓN	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICACIÓN
1	Indicador de nivel de aceite – Caja de velocidades	Anual	Anual	30
2	Indicador de nivel sistema de la bomba central	Anual	Anual	30
3	Indicador de nivel-sistema de bomba central – mecánica de colisa y corredera	Anual	Anual	30
4	Indicador nivel – mecánica de corredera vertical y horizontal	Anual	Anual	30
5	Guías del desplazamiento horizontal	Diario	Diario	40
6	Punto de lubricación mecánica – corredera		Diario	30-40
7	Punto de lubricación Guías de desplazamiento		Diario	30-40
8	Punto de lubricación Guías de desplazamiento		Diario	30-40
9	Guías de desplazamiento vertical	Diario	Diario	40
10	Punto de lubricación de la charnela		Diario	30-40
11	Tornillo del carro porta-útil	Anual	Diario	90
12	Punto de lubricación de carro porta-útil		Diario	30-40
13	Punto de lubricación del soporte oscilante		Diario	30-40
14	Punto de lubricación de las guías del carnero		Diario	30-40

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
T-30	Tellus hidráulico – 30
T-40	Tellus hidráulico – 40
T-90	Tellus hidráulico-90

Figura 4.4 Puntos de lubricación – Cepilladora Strigon



○ **Tarjeta maestra de Cepillo de codo Sanches Blanes**

Máquina: “Cepilladora de codo”

Modelo: PL-400

Instalación eléctrica: Corriente alterna 440/220V

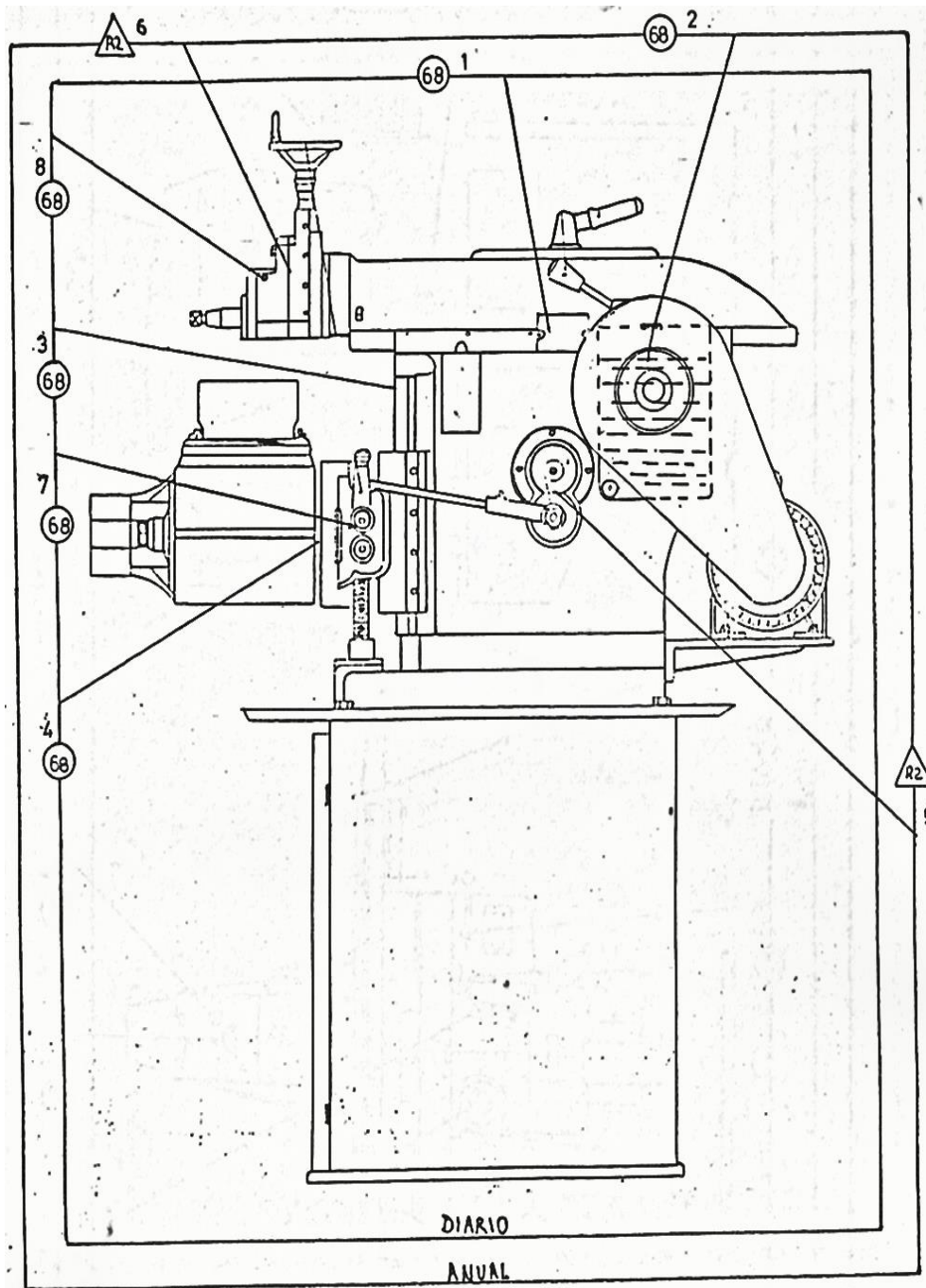
Cuadro 4.18 Puntos de Lubricación de Cepillo de codo Sanches Blanes

N° DE REF.	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Cámara de aceite	Diario	T-68	Aceitera
2	Caja de cambio	Anual	T-68	Reponer a través del tornillo de entrada
3	Guía vertical	Diario	T-68	Aceitera
4	Guía horizontal	Diario	T-68	Aceitera
5	Disco graduado para el avance	Anual	R-2	Manual
6	Soporte móvil	Anual	R-2	Manual
7	Cuerpo de triquete	Diario	T-68	Aceitera
8	Pin de soporte oscilante	Diario	T-68	Aceitera
Mecanismo interno de transmisión	Biela	Diario	T-68	Aceitera
	Corona y sin fin	Diario	T-68	Aceitera
	Partes articuladas	Diario	T-68	Aceitera

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
T-68	Tellus hidráulico - 68
R-2	Tipo de grasa

Figura 4.5 Puntos de lubricación – Cepillo de codo Sanches Blanes



LEYENDA		
SÍMBOLO		SIGNIFICADO
○		Aceite
△		Grasa

○ **Tarjeta maestra del Cepillo mecánico Heinemann**

Máquina: “Cepillo mecánico”

Tensión: 220V

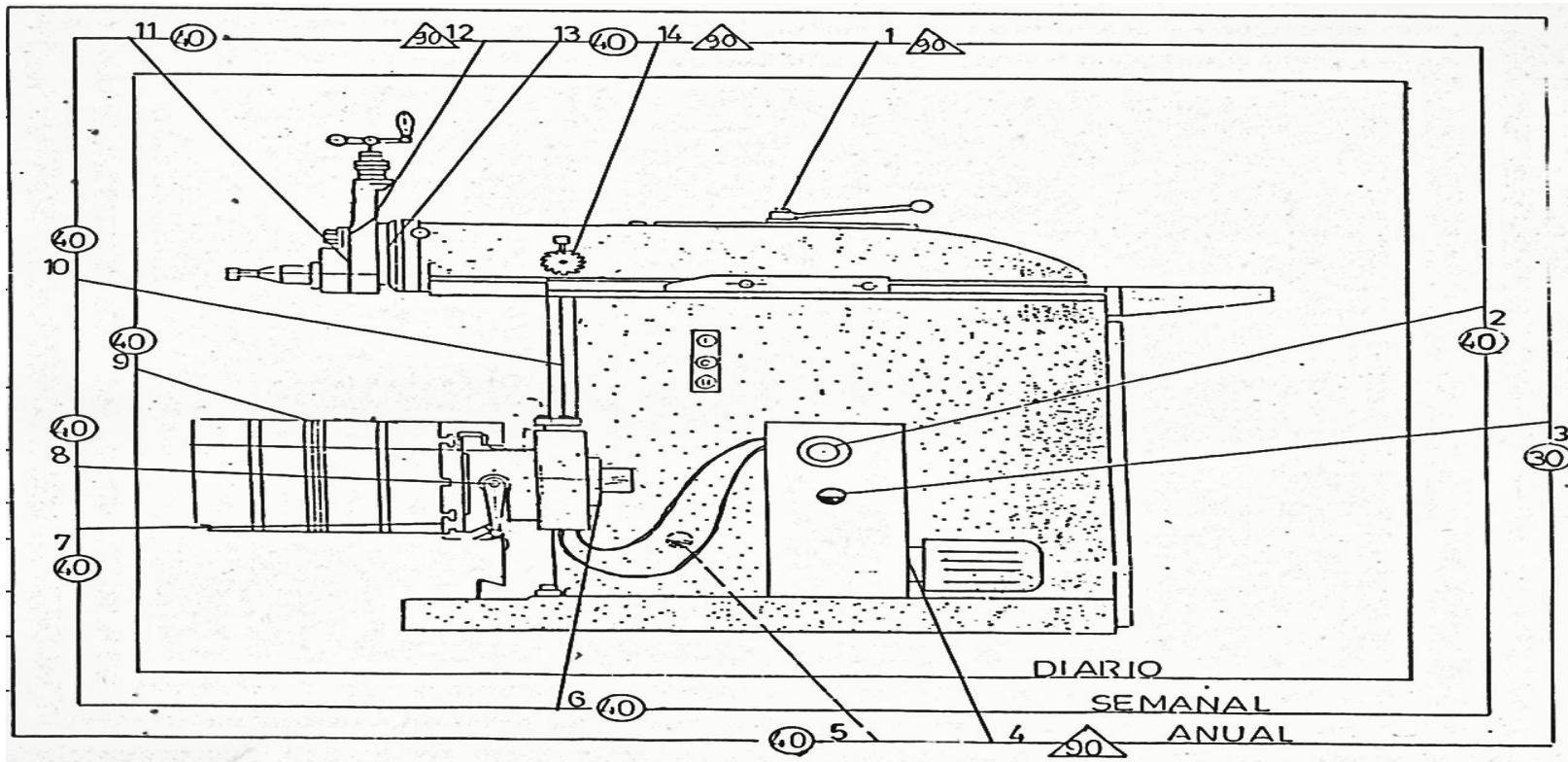
Cuadro 4.19 Puntos de Lubricación del Cepillo mecánico Heinemann

ÍTEM	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA	TIPO DE LUBRICANTE
1	Tornillo de ajuste de carrera	Semanal	Zs-90
2	Eje de embrague	Semanal	T-40
3	Nivel de aceite para caja de velocidades	Anual	T-30
4	Eje de embrague	Anual	Zs-90
5	Nivel de aceite para lubricación de bomba central colisa y corredera	Anual	T-40
6	Eje de avance automático	Semanal	T-40
7	Guía de desplazamiento transversal	Semanal	T-40
8	Tornillo de desplazamiento transversal	Semanal	T-40
9	Guías de mesa de trabajo	Diario	T-40
10	Guías de desplazamiento vertical	Semanal	T-40
11	Lubricación de charnela	Semanal	T-40
12	Tornillo de desplazamiento vertical de carro porta-útil	Semanal	Zs-90
13	Plano de desplazamiento angular de carro porta-útil	Semanal	T-40
14	Enganche mecánico de carro porta-útil	Semanal	Zs-90

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
Zs-90	Tipo de grasa
T-30	Tellus hidráulico - 30
T-40	Tellus hidráulico - 40

Figura 4.6 Puntos de lubricación – Cepillo mecánico Heinemann



LEYENDA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
○	Aceite
△	Grasa

○ **Tarjeta maestra de Fresadora Universal ME-1000**

Máquina: “Fresadora universal”

Modelo: ME-1000

Instalación eléctrica – corriente alterna: 380/220V

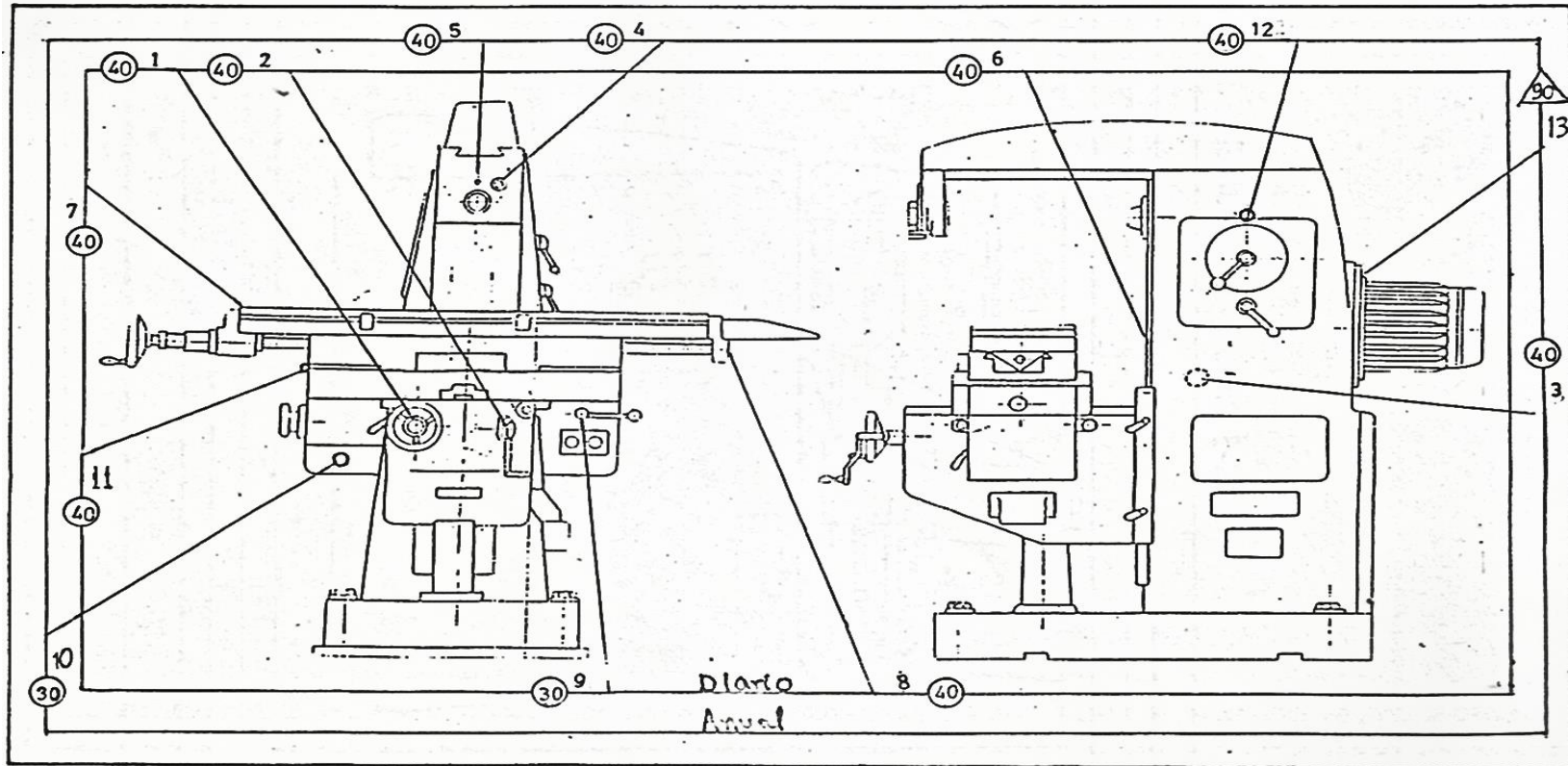
Cuadro 4.20 Puntos de Lubricación de Fresadora Universal ME-1000

N° DE REF.	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA DE REVISIÓN	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICACIÓN
1	Guía transversal de mesa	Diario	Diario	T-40
2	Codo de palanca para el movimiento vertical	Diario	Diario	T-40
3	Indicador de nivel de aceite para mecanismo de impulsión principal	Anual	Anual	T-40
4	Indicador de nivel de aceite del cojinete de empuje	Anual	Anual	T-40
5	Grifo de cierre para la lubricación de cojinete de empuje	Anual	Anual	T-40
6	Guía vertical de mesa	Diario	Diario	T-40
7	Guía longitudinal de mesa (superior)	Diario	Diario	T-40
8	Guía longitudinal de mesa (inferior)	Diario	Diario	T-4
9	Manivela de fijación transversal de mesa	Diario	Diario	T-30
10	Indicador del nivel de aceite para la caja de avance	Anual	Anual	T-30
11	Distribuidor para lubricación de mesa longitudinal transversal	Diario	Diario	T-40
12	Ventana de control para la lubricación del mecanismo de impulsión principal	Anual	Anual	T-40
13	Eje de salida del motor	Anual	Engrase anual	Zs-90

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
T-30	Tellus hidráulico - 30
T-40	Tellus hidráulico - 40
T-4	Tellus hidráulico - 4
Zs-90	Tipo de grasa

Figura 4.7 Puntos de lubricación – Fresadora Universal ME-1000



LEYENDA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
○	Aceite
△	Grasa

○ **Tarjeta maestra de Fresadora Universal ME-250**

Máquina: “Fresadora universal”

Modelo: ME-250

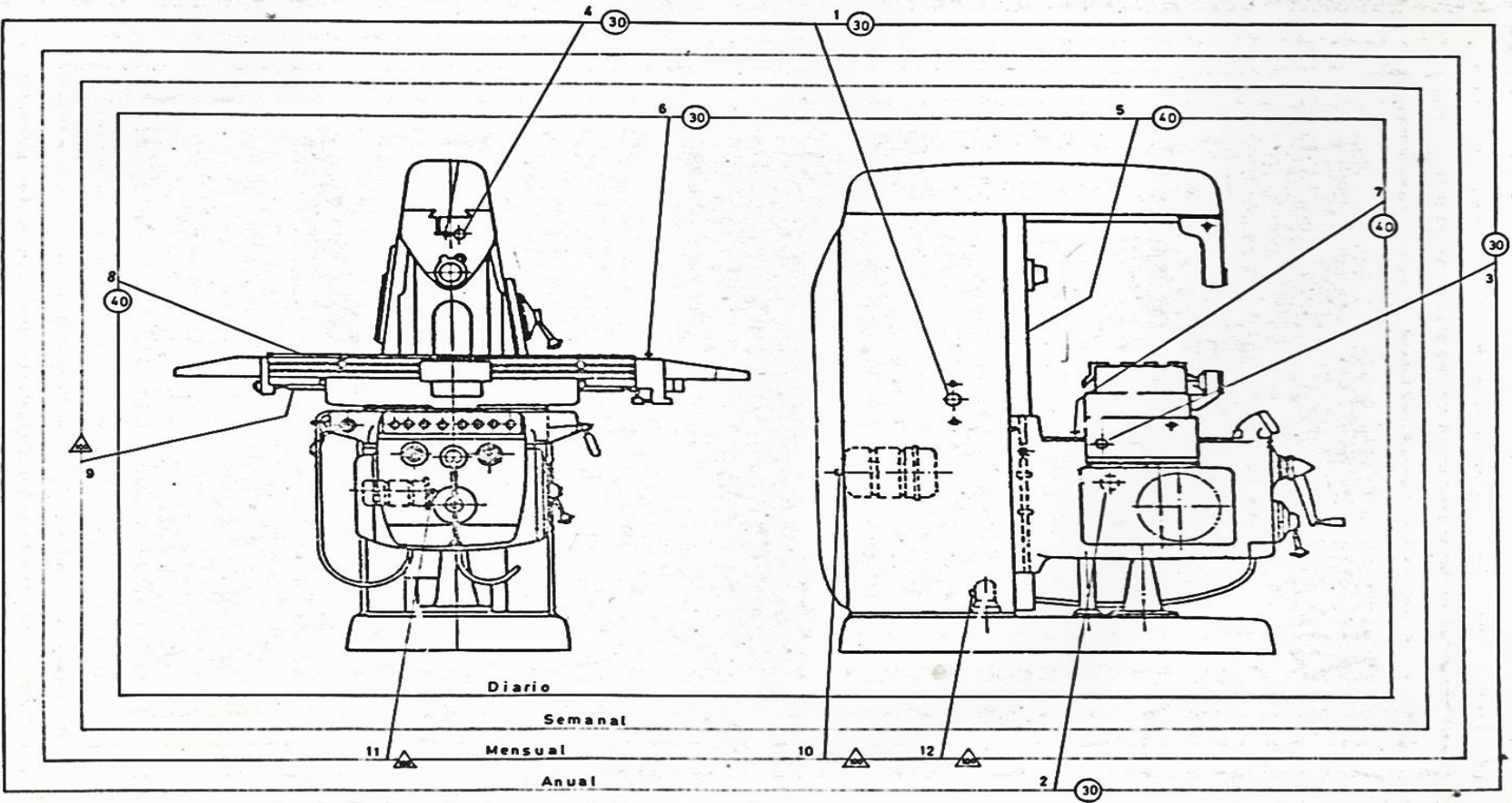
Cuadro 4.21 Puntos de Lubricación de Fresadora Universal ME-250

ÍTEM	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICANTE
1	Indicador de nivel de aceite-mecanismo de impulsión principal	Revisión permanente Cambio anual	T-30
2	Indicador del nivel de aceite de la caja de avance	Revisión permanente Cambio anual	T-30
3	Indicador del nivel de aceite del sistema carros	Revisión permanente Cambio anual	T-30
4	Indicador del nivel de aceite del cojinete de empuje		
5	Guías del desplazamiento vertical	Diario	T-40
6	Botón de aceite del desplazamiento horizontal	Diario	T-30
7	Botón de aceite para las guías	Diario	T-40
8	Superficie de mesa	Diario	T-40
9	Tornillo de desplazamiento vertical	Mensual	Zs-100
10	Eje del motor de impulsión principal	Mensual	Zs-100
11	Eje del motor de impulsión del avance	Mensual	Zs-100
12	Eje del motor de impulsión del refrigerante	Mensual	Zs-100

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
T-30	Tellus hidráulico - 30
T-40	Tellus hidráulico - 40
Zs-100	Tipo de grasa

Figura 4.8 Puntos de lubricación – Fresadora Universal ME-250



○ **Tarjeta maestra de Taladradora de banco T-100**

Máquina: “Taladradora de banco T-100”

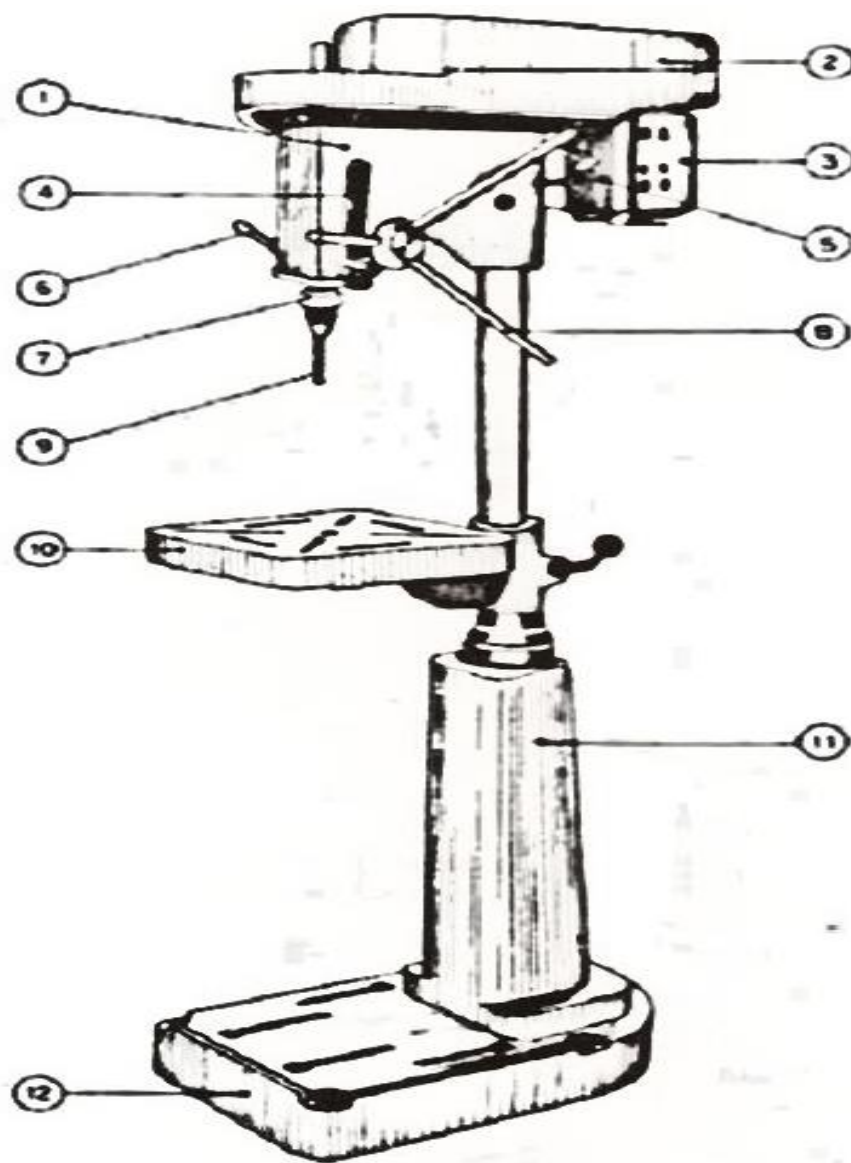
Cuadro 4.22 Puntos de Lubricación de Taladradora de banco T-100

N° DE REF.	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICANTE
1	Cabezal o cuerpo del taladro	Semanal	T-40
2	Mecanismo de velocidades compuesto por dos poleas (para cuatro velocidades) y una banda en “V”	Semanal	T-40
3	Motor de ½ HP (para trabajo mediano)	Anual	T-40
4	Tope de profundidad	Semanal	T-40
5	Tornillo de fijación del cabezal	-	-
6	Tornillo de fijación del husillo	-	-
7	Mandril porta broca o brocal (montado en el husillo)	Semanal	T-40
8	Palanca “sensitiva” (acciona el husillo verticalmente hacia arriba y hacia abajo)	Mensual	T-40
9	Broca	Semanal	T-40
10	Mesa de trabajo desplazable	Semanal	T-40
11	Columna o bastidor	Semanal	T-40
12	Base o mesa de trabajo fija	Semanal	T-40

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
T-40	Tellus hidráulico - 40

Figura 4.9 Puntos de lubricación – Taladradora de banco T-100



○ **Tarjeta maestra de Taladradora radial RF-22**

Máquina: “Taladradora radial RF-22”

Tensión: 220V

Cuadro 4.23 Puntos de Lubricación de Taladradora radial RF-22

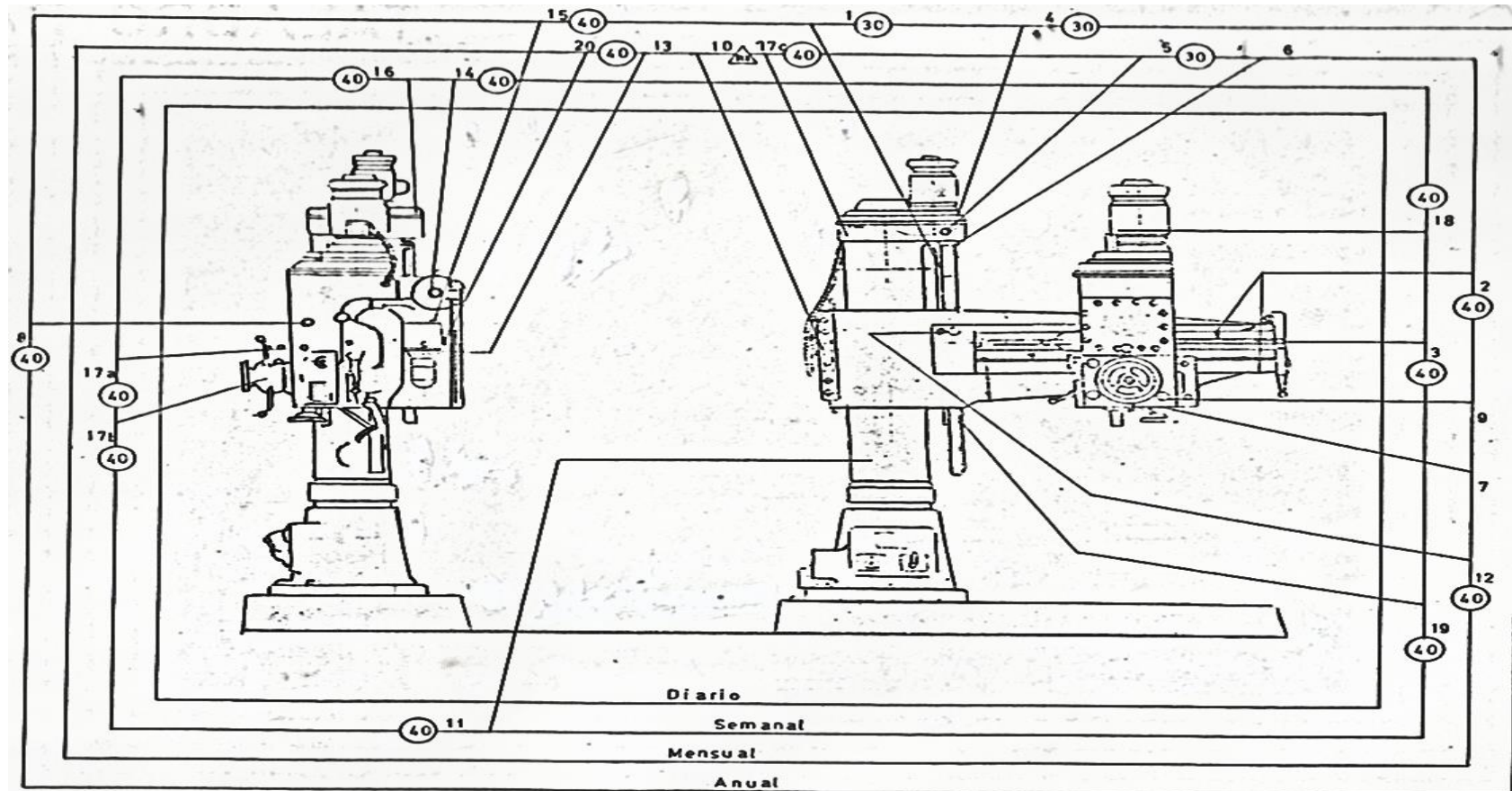
N° DE REF.	DENOMINACIÓN	FRECUENCIA	TIPO DE LUBRICANTE	COMPONENTE LUBRICADO
1	Husillo de elevación	Anual	T-30	Brazo de soporte del cono, husillo elevación
2	Superficie de deslizamiento	Mensual	T-40	Brazo de soporte del cono superficie de deslizamiento
3	Botón de lubricación	Semanal	T-40	Árbol de fijación del porta-útil
4	Caja de fundición del dispositivo de elevación	Anual	T-30	Brazo de soporte del carro dispositivo de elevación
5	Indicador del nivel de aceite	Mensual	T-30	Dispositivo de elevación del brazo de soporte del cono
6	Salida de aceite	-	-	Dispositivo de elevación del brazo de soporte del cono
7	Tornillo para pasar el aceite del carro porta-útil	-	-	
8	Orificio de admisión de aceite (2/3)	Anual	T-40	Mecanismo propulsor principal y auxiliar
9	Indicador del nivel de aceite	Mensual	-	Mecanismo propulsor principal
10	Mecanismo de fijación	Mensual	Alvania - RZ	Mecanismo de fijación del brazo
11	Superficie de deslizamiento de la columna	Semanal	T-40	Revotamiento del casquillo
12	Placa frontal brazo de soporte de la caja	Mensual	T-40	Árbol de fijación
13	Tornillo para purgar el aceite	-	-	Mecanismo de fijación central
14	Botón de lubricación 2 pzas	Semanal	T-40	Mecanismo de equilibrio para el husillo porta-útil
15	Orificio de admisión	Anual	T-40	Mecanismo de fijación central
16	Árbol	Semanal	T-40	Árbol de fijación

				para el casquillo
17	Botón de lubricación	Semanal	T-40	a) Ajuste de ruedas – tornillo sinfín
a				b) Árbol de manivela para carro
b				c) Árbol de la columna
c				
18	Botón de lubricación	Semanal	T-40	Porta superior del husillo porta-útil
19	Casquillo del husillo porta- útil	Semanal	T-40	Soporte de cojinete de husillo porta-útil
20	Indicador del nivel de aceite	Mensual	T-40	Mecanismo de elevación central

LEYENDA

TIPO DE LUBRICANTE	SIGNIFICADO
T-30	Tellus hidráulico - 30
T-40	Tellus hidráulico - 40
Alvania-RZ	Tipo de grasa

Figura 4.10 Puntos de lubricación – Taladradora radial RF-22



4.6.5. Cálculo de la disponibilidad de las máquinas-herramientas

Cuadro 4.24 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento del Torno E-200

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	15 horas	6 horas	77.3%
2021-B	84 horas	12 horas	5 horas	
Totales	168 horas	27 horas	11 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (27 + 11)}{168} \times 100\% = 77.3\%$$

Figura 4.11 Torno E-200 del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.25 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento del Torno E-200

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	5 horas	3 horas	90.4%
2022-B	84 horas	5 horas	3 horas	
Totales	168 horas	10 horas	6 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (10 + 6)}{168} \times 100\% = 90.4\%$$

Cuadro 4.26 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento del Torno E-400

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	15 horas	8 horas	75%
2021-B	84 horas	12 horas	7 horas	
Totales	168 horas	27 horas	15 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (27 + 15)}{168} \times 100\% = 75\%$$

Figura 4.12 Torno E-400 del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.27 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento del Torno E-400

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	6 horas	3 horas	89.2%
2022-B	84 horas	6 horas	3 horas	
Totales	168 horas	12 horas	6 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (12 + 6)}{168} \times 100\% = 89.2\%$$

Cuadro 4.28 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento del Torno E-630

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	16 horas	9 horas	72%
2021-B	84 horas	13 horas	9 horas	
Totales	168 horas	29 horas	18 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (29 + 18)}{168} \times 100\% = 72\%$$

Figura 4.13 Torno E-630 del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.29 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento del Torno E-630

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	5 horas	4 horas	89.2%
2022-B	84 horas	5 horas	4 horas	
Totales	168 horas	10 horas	8 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (10 + 8)}{168} \times 100\% = 89.2\%$$

Cuadro 4.30 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Cepilladora Strigon

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	15 horas	7 horas	74.4%
2021-B	84 horas	13 horas	8 horas	
Totales	168 horas	28 horas	15 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (28 + 15)}{168} \times 100\% = 74.4\%$$

Figura 4.14 Cepilladora Strigon del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.31 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Cepilladora Strigon

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	7 horas	3 horas	88%
2022-B	84 horas	7 horas	3 horas	
Totales	168 horas	14 horas	6 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (14 + 6)}{168} \times 100\% = 88\%$$

Cuadro 4.32 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Cepillo de codo

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	13 horas	10 horas	72.6%
2021-B	84 horas	13 horas	10 horas	
Totales	168 horas	26 horas	20 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (26 + 20)}{168} \times 100\% = 72.6\%$$

Figura 4.15 Cepillo de codo del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.33 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Cepillo de codo

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	6 horas	3 horas	89.2%
2022-B	84 horas	6 horas	3 horas	
Totales	168 horas	12 horas	6 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (12 + 6)}{168} \times 100\% = 89.2\%$$

Cuadro 4.34 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Cepillo mecánico
Heinemann

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	15 horas	9 horas	71.4%
2021-B	84 horas	15 horas	9 horas	
Totales	168 horas	30 horas	18 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (30 + 18)}{168} \times 100\% = 71.4\%$$

Figura 4.16 Cepillo mecánico Heinemann del Laboratorio de Procesos de
Manufactura



Cuadro 4.35 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Cepillo mecánico
Heinemann

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	6 horas	5 horas	86.9%
2022-B	84 horas	6 horas	5 horas	
Totales	168 horas	12 horas	10 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (12 + 10)}{168} \times 100\% = 86.9\%$$

Cuadro 4.36 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Fresadora Universal ME-1000

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	12 horas	9 horas	75%
2021-B	84 horas	12 horas	9 horas	
Totales	168 horas	24 horas	18 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (24 + 18)}{168} \times 100\% = 75\%$$

Figura 4.17 Fresadora Universal ME-1000 del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.37 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Fresadora Universal ME-1000

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	5 horas	3 horas	90.4%
2022-B	84 horas	5 horas	3 horas	
Totales	168 horas	10 horas	6 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (10 + 6)}{168} \times 100\% = 90.4\%$$

Cuadro 4.38 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Fresadora Universal ME-250

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	16 horas	14 horas	64.2%
2021-B	84 horas	16 horas	14 horas	
Totales	168 horas	32 horas	28 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (32 + 28)}{168} \times 100\% = 64.2\%$$

Figura 4.18 Fresadora Universal ME-250 del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.39 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Fresadora Universal ME-250

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	5 horas	3 horas	90.4%
2022-B	84 horas	5 horas	3 horas	
Totales	168 horas	10 horas	6 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (10 + 6)}{168} \times 100\% = 90.4\%$$

Cuadro 4.40 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Taladradora de banco T-100

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	12 horas	10 horas	73.8%
2021-B	84 horas	12 horas	10 horas	
Totales	168 horas	24 horas	20 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (24 + 20)}{168} \times 100\% = 73.8\%$$

Figura 4.19 Taladradora de banco T-100 del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.41 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Taladradora de banco T-100

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	7 horas	2 horas	89.2%
2022-B	84 horas	7 horas	2 horas	
Totales	168 horas	14 horas	4 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (14 + 4)}{168} \times 100\% = 89.2\%$$

Cuadro 4.42 Cálculo de la Disponibilidad sin Plan de Mantenimiento de Taladradora radial RF-22

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2021-A	84 horas	18 horas	14 horas	61.9%
2021-B	84 horas	18 horas	14 horas	
Totales	168 horas	36 horas	28 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (36 + 28)}{168} \times 100\% = 61.9\%$$

Figura 4.20 Taladradora radial RF-22 del Laboratorio de Procesos de Manufactura



Cuadro 4.43 Cálculo de la Disponibilidad con Plan de Mantenimiento de Taladradora radial RF-22

Ciclo	Horas programadas	Tiempo de falla	Tiempo de Reparación	Disponibilidad
2022-A	84 horas	10 horas	4 horas	83.3%
2022-B	84 horas	10 horas	4 horas	
Totales	168 horas	20 horas	8 horas	

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{168 - (20 + 8)}{168} \times 100\% = 83.3\%$$

4.7. Aspectos éticos en la investigación

Se consideró que cada resultado obtenido de la investigación fue de manera confidencial, verídica y confiable, dirigida a la presente investigación. Los resultados que se obtuvieron no fueron manipulados o adulterados, de forma que no se considere como plagio de otras investigaciones nacionales e internacionales.

Confidencialidad: se aseguró la protección de la identidad de la institución y de las personas que participaron como informantes de la presente investigación.

Objetividad: la investigación se basó en la realidad actual de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC.

Originalidad: Toda información solicitada de otros autores nacionales e internacionales que sirve como soporte y sustento se cita y se coloca en las referencias bibliográficas en la investigación, a fin de demostrar la inexistencia del plagio intelectual.

Veracidad: La información mostrada es verdadera basada en la realidad con el fin de mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC.

4.8. Relación costo-beneficio

Siendo la Universidad Nacional del Callao, una institución pública al servicio de la comunidad, no solamente local ni regional, sino nacional, esta investigación se considera un proyecto social de acuerdo al profesor Carlos Palomino Selem del “Curso de Especialización en Evaluación y Administración de Proyectos” de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Católica del Perú. Esto se debe a que más allá del beneficio económico, predomine el beneficio social dirigido a los estudiantes de la FIME de encontrar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura en el momento en el que se requieran para que ellos logren aprender de una manera eficaz.

RESULTADOS

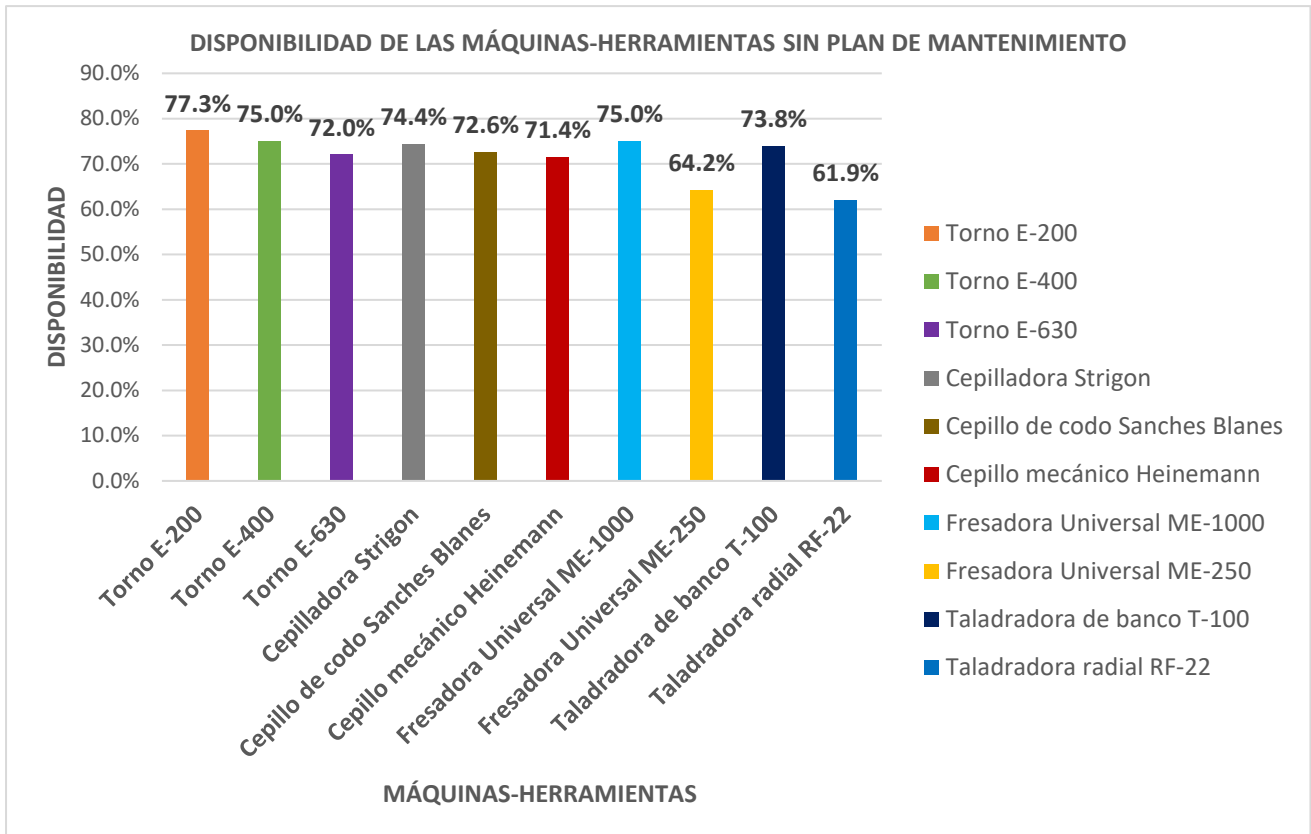
➤ Resultados descriptivos

De acuerdo con el cálculo de la disponibilidad que se realizó a cada máquina-herramienta, ya sea sin plan y con plan de mantenimiento del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se plasmó de forma resumida los resultados obtenidos y se halló su disponibilidad promedio; adicionalmente, la comparación del antes y después del plan de mantenimiento.

Cuadro 4.44 Disponibilidad de las máquinas-herramientas sin Plan de Mantenimiento

MÁQUINAS- HERRAMIENTAS	DISPONIBILIDAD SIN PLAN DE MANTENIMIENTO	DISPONIBILIDAD PROMEDIO
Torno E-200	77.3%	71.76%
Torno E-400	75%	
Torno E-630	72%	
Cepilladora Strigon	74.4%	
Cepillo de codo Sanches Blanes	72.6%	
Cepillo mecánico Heinemann	71.4%	
Fresadora Universal ME- 1000	75%	
Fresadora Universal ME- 250	64.2%	
Taladradora de banco T- 100	73.8%	
Taladradora radial RF-22	61.9%	

Gráfico 4.1 Disponibilidad de las máquinas-herramientas sin Plan de Mantenimiento

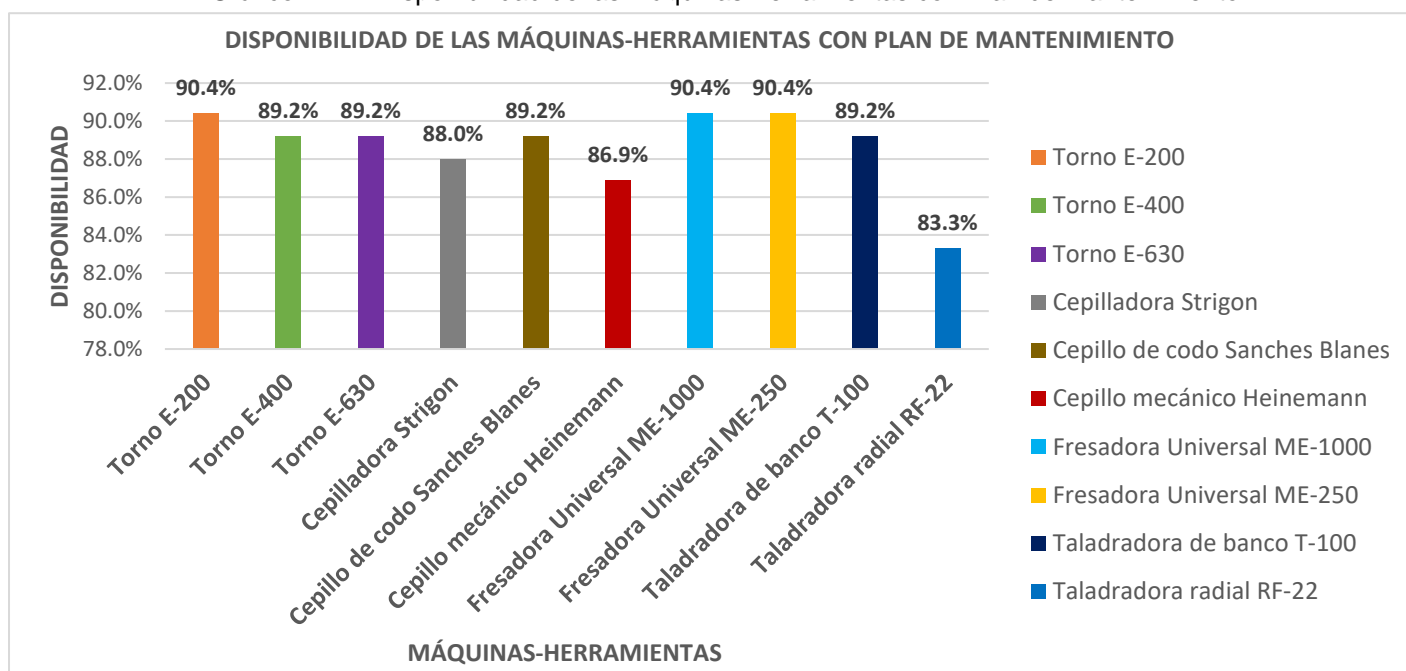


En el cuadro 4.44 y gráfico 4.1 se observa la disponibilidad de las máquinas-herramientas antes de poner en marcha el plan de mantenimiento propuesto en las tarjetas maestras. En la fresadora universal ME-250 y taladradora radial RF-22, son las máquinas-herramientas donde aprecia que hay más baja disponibilidad con 64.2% y 61.9%, respectivamente, comparadas con las otras. Por ello, se puede deducir que no se está ejecutando un mantenimiento adecuado; además, las máquinas-herramientas tienen más de 25 años de vida operativa.

Cuadro 4.45 Disponibilidad de las máquinas-herramientas con Plan de Mantenimiento

MÁQUINAS-HERRAMIENTAS	DISPONIBILIDAD CON PLAN DE MANTENIMIENTO	DISPONIBILIDAD PROMEDIO
Torno E-200	90.4%	89.12%
Torno E-400	89.2%	
Torno E-630	89.2%	
Cepilladora Strigon	88%	
Cepillo de codo Sanches Blanes	89.2%	
Cepillo mecánico Heinemann	86.9%	
Fresadora Universal ME-1000	90.4%	
Fresadora Universal ME-250	90.4%	
Taladradora de banco T-100	89.2%	
Taladradora radial RF-22	83.3%	

Gráfico 4.2 Disponibilidad de las máquinas-herramientas con Plan de Mantenimiento

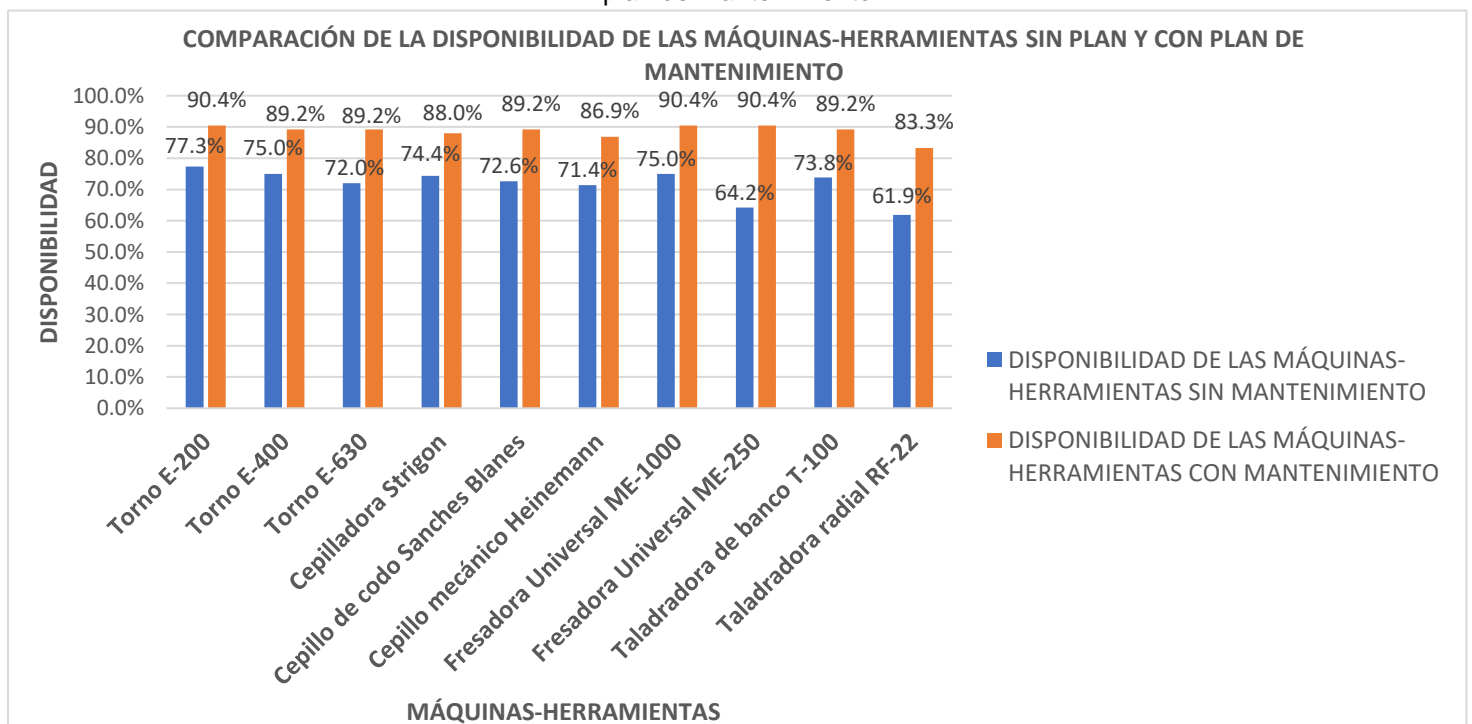


En el cuadro 4.45 y gráfico 4.2 se observa la disponibilidad de las máquinas-herramientas después de haber ejecutado el plan de mantenimiento planteado en las tarjetas maestras, donde se ha incrementado significativamente en 17.36%. Se aprecia que en todas las máquinas-herramientas logró mejorar su disponibilidad, donde el resultado mayor se encontró en el torno E-200, fresadora universal ME-1000 y fresadora universal ME-250, representado con un 90.4%.

Cuadro 4.46 Comparación de la disponibilidad de las máquinas-herramientas sin plan y con plan de mantenimiento

MÁQUINAS-HERRAMIENTAS	DISPONIBILIDAD SIN PLAN DE MANTENIMIENTO	DISPONIBILIDAD CON PLAN DE MANTENIMIENTO
Torno E-200	77.3%	90.4%
Torno E-400	75%	89.2%
Torno E-630	72%	89.2%
Cepilladora Strigon	74.4%	88%
Cepillo de codo Sanches Blanes	72.6%	89.2%
Cepillo mecánico Heinemann	71.4%	86.9%
Fresadora Universal ME-1000	75%	90.4%
Fresadora Universal ME-250	64.2%	90.4%
Taladradora de banco T-100	73.8%	89.2%
Taladradora radial RF-22	61.9%	83.3%

Gráfico 4.3 Comparación de la disponibilidad de las máquinas-herramientas sin plan y con plan de mantenimiento



En el cuadro 4.46 y gráfico 4.3 se observa la comparación de la disponibilidad de las máquinas-herramientas antes y después del plan de mantenimiento. En la fresadora universal ME-250 se aprecia que hubo una gran diferencia de incremento de 26.2% de disponibilidad con el plan de mantenimiento en contraste con las máquinas-herramientas restantes.

➤ **Resultados inferenciales**

A continuación, en el cuadro 4.47 se muestra la diferencia en porcentaje de la disponibilidad de cada máquina-herramienta sin y con plan de mantenimiento.

Cuadro 4.47 Diferencia de la disponibilidad de las máquinas-herramientas sin y con plan de mantenimiento en porcentaje (%)

MÁQUINAS-HERRAMIENTAS	SIN MANTENIMIENTO	CON MANTENIMIENTO	DIFERENCIA EN %
Torno E-200	77.3%	90.4%	13.1%
Torno E-400	75%	89.2%	14.2%
Torno E-630	72%	89.2%	17.2%
Cepilladora Strigon	74.4%	88%	13.6%
Cepillo de codo Sanches Blanes	72.6%	89.2%	16.6%
Cepillo mecánico Heinemann	71.4%	86.9%	15.5%
Fresadora Universal ME-1000	75%	90.4%	15.4%
Fresadora Universal ME-250	64.2%	90.4%	26.2%
Taladradora de banco T-100	73.8%	89.2%	15.4%
Taladradora radial RF-22	61.9%	83.3%	21.4%

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

5.1.1. Con referencia a la hipótesis general

Se plantea que: Si se elabora un plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se mejora la disponibilidad.

Al elaborar un plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, nos llevó a mejorar la disponibilidad en 13.1% del torno E-200; en 14.2% del torno E-400; en 17.2% del torno E-630; en 13.6% de la cepilladora Strigon; en 16.6% del cepillo de codo Sanches Blanes; en 15.5% del cepillo mecánico Heinemann; en 15.4% de la fresadora universal ME-1000; en 26.2% de la fresadora universal ME-250; en 15.4% de la taladradora de banco T-100 y en 21.4% de la taladradora radial RF-22. Según los resultados proyectados, en promedio se incrementa la disponibilidad de 71.76% a 89.12%.

5.1.2. Con referencia a las hipótesis específicas

H1: Si se elabora el historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se mejora la disponibilidad.

Con el historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se determinó el estado de cada componente de ellas y así nos permitió obtener y mejorar la disponibilidad mediante las fichas técnicas.

H2: Si se determina la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC se obtiene mayor disponibilidad.

Con la determinación de los tiempos de paradas de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se logró conocer a detalle la

condición que se encontraba cada máquina-herramienta de operatividad y así nos permitió obtener mayor disponibilidad.

H3: Si se analiza la criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de manufactura de la FIME–UNAC se tiene mayor disponibilidad.

Con el análisis de criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se determinó el mayor riesgo de falla de cada una para mejorar y lograr conseguir mayor disponibilidad mediante la valoración estimada con puntaje que se le dio.

5.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En la investigación de Gutiérrez y Tena (2018) encontraron que los equipos y máquinas del laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Térmicas de la FIME-UNAC no realiza ni presenta un buen mantenimiento afectando el funcionamiento de éstas. Es por ello, que elaboran un plan de mantenimiento que ayude a aumentar y mejorar su vida útil, evitando tener equipos y máquinas defectuosos que pueden ser inseguros para los estudiantes. Como resultado presentó un incremento de disponibilidad del 68.75% al 86.75% mediante la proyección del plan de mantenimiento, con una mejora de 18%.

En contraste con la presente tesis, se logró mejorar la disponibilidad en 17.36% en promedio de las diez máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura debido al buen manejo de las reducciones de las horas paradas y de las tarjetas maestras de éstas. Sin embargo, otro estudio del autor Osorio Esteban (2016), tiene la necesidad de diseñar e implementar un plan de mantenimiento que se adecuado para su equipo y permitiéndole mantener su maquinaria en estado óptimo para su proceso de producción; por ello, diseñó un plan de mantenimiento preventivo aplicado en 7 meses para calcular la disponibilidad del antes y después de su ejecución. Como resultado, obtuvo como promedio 86.86% y 93.14% el antes y después del diseño del plan de mantenimiento, respectivamente; es decir, una

diferencia de 6.28% de disponibilidad.

Con respecto a la investigación de Mancco Pérez (2019), lleva a cabo el diseño de un plan de mantenimiento preventivo a las diez máquinas y equipos, donde se realizó trabajos de campo para recolectar la información del estado actual de éstos, ya que con los datos hallados se prolongue su operatividad. Para su historial y diagnóstico, realizó fichas técnicas y consideró parámetros como: nivel de riesgo, grado de obsolescencia, requisito histórico de mantenimiento y el estado en que se encuentra en conservación y funcionamiento. Además, determinó los tiempos de utilización y el análisis de criticidad. Dado los resultados obtenidos, propone actividades diarias y plan/programa anual para un mantenimiento preventivo; sin embargo, dos de las diez máquinas y equipos necesitan de mantenimiento correctivo.

A diferencia de la presente investigación, se propone mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas mediante un plan de mantenimiento a través de las tarjetas maestras para mayor conservación. Gracias a ello, mejoró la disponibilidad a las diez máquinas-herramientas.

5.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La tesis cumplió con los requisitos de forma y fondo que brinda la Universidad Nacional del Callao a través del Departamento de Investigación. La investigación ha respetado la autoría de las fuentes utilizadas de acuerdo a la Norma ISO 690. Se precisó que los datos obtenidos fueron recopilados mediante el Manual de cada máquina-herramienta proporcionado por el laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Se logró elaborar un plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC utilizando las tarjetas maestras que determinan los puntos a mantener con el fin de mejorar la disponibilidad al 17.36%.
- 2) Al elaborar el historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se logra detectar el estado actual en que se encuentra cada componente de las máquinas-herramientas mediante el uso de la ficha técnica.
- 3) Se logró determinar la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC mediante los tiempos de paradas.
- 4) Al realizar el análisis de criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se tuvo la mayor disponibilidad logrando jerarquizar para priorizar el mantenimiento.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Gestionar la viabilidad del plan de mantenimiento propuesto para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC.
- 2) Hacer empleo de un archivo documentario donde se tome el control de mantenimiento necesario a los componentes de cada máquina-herramienta del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC; para lo cual, se contará con un historial.
- 3) El técnico a cargo del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC incorpore instrumentos digitales para lograr medir los tiempos de parada para las diez máquinas-herramientas.
- 4) Para realizar y mejorar el análisis de criticidad se recomienda utilizar el programa Excel para medir el nivel de criticidad de cada máquina-herramienta a través de los criterios propuestos en esta investigación.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVENDAÑO GALLO, Luis Andrés, BARRERA FERNÁNDEZ, Cristian Alexander. *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de mecanizado, soldadura, refrigeración y automotriz del Centro Industrial de Mantenimiento de Girón*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2015. [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/157836.pdf>

BUELVAS DÍAZ, Camilo Ernesto, MARTÍNEZ FIGUEROA, Kevin Jair. *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe, 2014. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CORCHUELO BOLAÑOS, José María, FORERO MÉNDEZ, William, GRATEROL GONZÁLEZ, César Augusto. *Propuesta de diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas flejadoras verticales R10 OMS del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó*. Tesis [Especialización en Gerencia de Mantenimiento]. Bogotá: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales, 2021. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2967/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DÍAZ CAVERO, Thaejannet Jeanneth Sennth. *Propuesta de gestión de mantenimiento para una flota de transporte terrestre*. Tesis [Ingeniera Industrial]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/593297/DI>

[AZ_C_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

EDITORIAL ETECÉ. *Mantenimiento correctivo* [en línea]. 2021. párr. 29-30. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://concepto.de/mantenimiento-correctivo/>

ESCARCENA PEÑA, César Augusto, CARRILLO ARENAS, Rodolfo. *Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos de sostenimiento Bolter 88*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Callao: Universidad Nacional del Callao, 2019. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5582>

ESPINOZA, María. *Laboratorios de Procesos de Manufactura* [en línea]. 2019. párr 4. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://krear3d.com/blog/noticias/laboratorios-procesos-de-manufactura-sector-educativo/#:~:text=Los%20Laboratorios%20de%20Manufactura%20son,forja%2C%20rectificado%2C%20entre%20otras.>

ESPINOZA MONTES, C. *Metodología de Investigación Tecnológica* [en línea]. 2da edición. Huancayo: Ciro Espinoza Montes, 2014 [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. ISBN 978-612-00-1667-1. Disponible en: <https://docplayer.es/62603218-Metodologia-de-investigacion-tecnologica.html>

FERROTALL. *¿Qué es el mantenimiento preventivo de máquinas y herramientas?* [en línea]. 2022. párr 8. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.ferrotall.com/es/mantenimiento-preventivo-de-maquinas-y-herramientas/>

FRACTTAL. *¿Cómo hacer un plan de mantenimiento en ocho pasos?* [en línea]. 2022. párr 9-29. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022].

Disponible en: <https://www.fracttal.com/es/como-hacer-un-plan-de-mantenimiento>

FREIRE PÉREZ, Fernando Isidro. *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo mediante la distribución de Weibull para las inyectoras horizontales de polímeros en la empresa Ingeniería Diseño de Suelas*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2019. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30012>

GARCÍA FERNÁNDEZ, María Alejandra. *Implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en TPM para aumentar la confiabilidad en las máquinas de la empresa Comercial Molinera San Luis SAC, 2018*. Tesis [Ingeniero Industrial]. Pimentel: Universidad de San Martín de Porres, 2018. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3953/garcia_fma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Manual del jefe de mantenimiento* [en línea]. 2020. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>

GONZÁLEZ, Concepción. *¿Qué es el histórico de mantenimiento y por qué es importante?* [en línea]. 2021. párr 2-19. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://software.aeromarine.es/que-es-el-historico-de-mantenimiento-y-por-que-es-importante/>

GUAITARILLA SOTO, José David. *Plan de mantenimiento preventivo para la máquina industrial de la empresa Fluoroplásticos S.A.S*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente de Colombia, 2019. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10883/T08482.pdf?sequence>

[=5&isAllowed=y](#)

GUERRERO ROLDÁN, Félix Alfredo. *Innovaciones Tecnológicas en el Mantenimiento de una Planta de Agregados para la Industria de la Construcción*. Tesis [Doctor en Ingeniería Civil]. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, 2015.

GUNT HAMBURG. *Diagnóstico de máquinas* [en línea]. 2022. párr 1. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://www.gunt.de/images/download/Diagnstico-de-mquinas-conocimientos-bsicos_spanish.pdf

GUTIÉRREZ HERVIAS, Esteban Antonio, TENA JACINTO, Enio Elias. *Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos y máquinas del laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Térmicas de la FIME-UNAC 2018*. Tesis [Maestro en Gerencia del Mantenimiento]. Callao: Universidad Nacional del Callao, 2019. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4397/GUTI%3%89RREZ%20HERVIAS%20Y%20TENA%20JACINTO%20fime%20maestria%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HUPJÉ, Erik. *9 principios de mantenimiento moderno* [en línea]. 2020. párr 2-60. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://esp.reliabilityconnect.com/9-principios-de-mantenimiento-moderno/>

MALDONADO VILLAVICENCIO, Herman Manuel, SIGÜENZA MALDONADO, Luis Alfredo. *Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo*. Tesis [Ingeniero Mecánico Automotriz]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012. [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1759/12/UPS->

[CT002328.pdf](#)

MANCCO PÉREZ, Juan Guillermo. *Plan de mantenimiento preventivo para prolongar la operatividad de las máquinas y equipos del laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao*. Tesis [Maestro en Gerencia del Mantenimiento]. Callao: Universidad Nacional del Callao, 2019. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4399/MANCCO_FIME_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

MORALES RETAMAL, Sergio Enrique. *Generación y desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo en base a criticidad, según criterios de estadísticas de falla en Empresa Química Clariant*. Tesis [Ingeniero Civil Mecánico mención en Producción]. Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María, 2017. [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23029/3560900231969UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OSORIO ESTEBAN, Roy Sergio. *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la perforadora Diamantina Superdrill H600 de la empresa MAQPOWER S.A.C*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1657/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OSPINO ESCOBAR, Natalia. *Sistematización y manejo de inventario de máquinas y herramientas en Metalpar S.A.S*. Tesis [Ingeniera Industrial]. Neiva: Universidad Cooperativa de Colombia, 2017. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/36135/1/2017_Sistema

[tizaci%C3%B3n_Inventario_metalpar.pdf](#)

PDCA HOME. *¿Qué es un dossier de calidad?* [en línea]. 2014. párr 2. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: [https://www.pdcahome.com/6707/elaborar-dossier-de-calidad/#:~:text=Se%20llama%20dossier%20\(o%20dossier,requerida%20sobre%20un%20tema%20concreto.](https://www.pdcahome.com/6707/elaborar-dossier-de-calidad/#:~:text=Se%20llama%20dossier%20(o%20dossier,requerida%20sobre%20un%20tema%20concreto.)

PÉREZ PORTO, Julián, GARDEY, Ana. *Definición de mantenimiento* [en línea]. 2018. párr 1. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://definicion.de/mantenimiento/>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. 24to curso de especialización en evaluación y administración de proyectos. En: *Pontificia Universidad Católica del Perú* (2022: Lima). Lima: Facultad de Ciencias e Ingeniería. 2007, pp 42-44.

PRAT PLANAS, Miquel. *Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora digital industrial*. Tesis [Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electricidad]. España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2014. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/23229?show=full>

PREDITEC GRUPO ÁLAVA. *Mantenimiento predictivo* [en línea]. 2014. párr 7. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/>

RETHINKING THE FUTURE. *¿Cómo calcular la vida útil de una máquina industrial?* [en línea]. 2022. párr 5. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: [https://mintforpeople.com/noticias/como-calcular-vida-util-maquina/#:~:text=En%20conclusi%C3%B3n%2C%20podemos%20definir%](https://mintforpeople.com/noticias/como-calcular-vida-util-maquina/#:~:text=En%20conclusi%C3%B3n%2C%20podemos%20definir%20)

[20la,los%20trabajadores%20de%20la%20empresa.](#)

RINCÓN CHAPARRO, Milton Giuseppe. *Actualización del plan de mantenimiento enfocado en confiabilidad para la implementación del módulo “Prometheus” de la plataforma SAP en el tren de laminación 2 para la empresa Gerdau Diaco S.A. Planta Tuta.* Tesis [Ingeniero Electromecánico]. Duitama: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2643/1/TGT_1257.pdf

SÁNCHEZ GÓMEZ, Ana María. *Técnicas de mantenimiento predictivo: metodología de aplicación en las organizaciones.* Tesis [Ingeniera Industrial]. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15585/1/T%c3%89CNICAS%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREDICTIVO.%20METODOLOGIA%20DE%20APLICACION%20EN%20LAS%20ORGANIZACIONES.pdf>

SICMA21. *Mantenimiento correctivo: todo lo que necesitas saber* [en línea]. 2021. párr 11. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sicma21.com/mantenimiento-correctivo-que-es-y-como-funciona/>

YERBABUENA HUEBLA, Ana Sofía, ASHQUI ASHQUI, David Geovanny. *Plan de mantenimiento preventivo para las áreas: pediatría, traumatología, casa de máquinas y piso técnico del Hospital General Riobamba IESS aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud.* Tesis [Ingeniero de mantenimiento]. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019. [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/13545>

ANEXOS

➤ Matriz de consistencia

Título: Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES		
<p>General ¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME - UNAC?</p> <p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo elaborar un historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC para mejorar la disponibilidad? • ¿Cómo determinar la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, para obtener la mayor disponibilidad? • ¿Cómo analizar la criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de manufactura de la FIME-UNAC, para tener la mayor disponibilidad? 	<p>General Elaborar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC.</p> <p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC para mejorar la disponibilidad. • Determinar la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC para obtener la mayor disponibilidad. • Analizar la criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC para tener la mayor disponibilidad. 	<p>General Si se elabora un plan de mantenimiento para las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se mejorará la disponibilidad.</p> <p>Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si se elabora el historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de Manufactura de la FIME-UNAC, se mejorará la disponibilidad. • Si se determina la operatividad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de manufactura de la FIME-UNAC se obtendrá mayor disponibilidad. • Si se analiza la criticidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de Procesos de manufactura de la FIME-UNAC se tendrá mayor disponibilidad. 	<p>Independiente</p> <p>Plan de mantenimiento</p> <p>Dependiente</p> <p>Disponibilidad de las máquinas-herramientas</p>	<p>Historial y diagnóstico del estado de las máquinas-herramientas</p> <hr/> <p>Operatividad de las máquinas-herramientas</p> <hr/> <p>Análisis de la criticidad de las máquinas-herramientas</p> <hr/> <p>Disponibilidad</p> <hr/> <p>Fiabilidad</p> <hr/> <p>Mantenibilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil • Disponibilidad • Ficha técnica <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo programado de parada • Frecuencia de fallas <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Valoración de máquinas-herramientas <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo medio entre fallas (MTBF) • Tiempo medio de reparación (MTTR) 		

➤ Consentimiento informado

Callao: Bellavista, 03 de marzo del 2023

Señor:

Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán.

Asesor de Tesis.

Universidad Nacional del Callao.

Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

Asunto: Carta de Consentimiento Informado, del uso de datos de la tesis: "PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA FIME-UNAC"

Por medio de la presente, el suscrito Ing. Victoriano Sánchez Valverde, CIP. 26342, con domicilio en Jr. Pedro Helms 710 Urb. Villa del Norte, distrito de Los Olivos- Lima, otorgo la Carta de Consentimiento Informado, para el uso de mis datos personales y para los fines del requerimiento de dar la intensidad de la verificación de los datos incluidos en la tesis del señor Bachiller: Joseph Jesús Pascual Oropeza Vidalón, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica.

Posterior a la revisión exhaustiva, de los datos de cada máquina-herramienta, éstas constituyen la veracidad de los conjuntos establecidos, puesto que, cada dispositivo está en lo correcto de la perspectiva indicada en la tesis, estableciéndose responsablemente los laboratorios de máquinas-herramientas a la fecha, y el mismo que ha sido reconocido por SUNEDU, en el licenciamiento otorgado a la UNAC, luego de verificar que esta casa de estudios superior cumple con las Condiciones Básicas de Calidad, que establece la Ley Universitaria y las normas vigentes fueron cruciales para alinearse con los requerimientos de la Reforma Universitaria.

Asimismo, debemos establecer principios de justificación del uso adecuado en la correspondencia del syllabus del laboratorio para los dispositivos y los accesorios de uso adecuado, en lugares específicos de accesibilidad oportuna como lo sugiere la tesis, puesto que; los datos que son verídicos, tienen el consentimiento de ser usados para la sustentación pertinente de la tesis en referencia.

Y, si existiera algo más que aclarar con respecto al uso de la información, aquí es el espacio ideal para poderlos sugerir e indicar las razones que permitieran complementar y recomendar las consideraciones del desarrollo de la información.

Sin más por lo expuesto, agradezco la atención prestada a la presente carta, quedando a sus órdenes para cualquier duda, aclaración, sugerencia o comentario que pudiera surgir de la información aquí prestada por el señor Bachiller y profesional pertinente.

Reciba un cordial saludo.

Atentamente,

ING. CIP. VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE



DNI: 2641880

vicasa-4@hotmail.com

Código Modular de Docente N° 0629

Callao: Bellavista, 09 de marzo del 2023

Señor:
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán.
Asesor de Tesis.
Universidad Nacional del Callao.
Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.


Asunto: Carta de **Consentimiento Informado**, del uso de datos de la tesis: "**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA FIME-UNAC**"

Por medio de la presente, el suscrito Ing. José Luis Urrutia Ticona, CIP. 102726, con otorgo la Carta de **Consentimiento Informado**, para el uso de mis datos personales y para los fines del requerimiento de dar la intensidad de la verificación de los datos incluidos en la tesis del señor Bachiller: **Joseph Jesús Pascual Oropeza Vidalón**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica.

Conocedor de la situación de las maquinas herramientas como ex docente del curso de laboratorio de Máquinas Herramientas FIME, luego de revisar los datos de las máquinas herramientas, constituyen la veracidad de los conjuntos establecidos está en lo correcto de la perspectiva indicada en la tesis, estableciéndose responsablemente los laboratorios de máquinas-herramientas a la fecha, y el mismo que ha sido reconocido por SUNEDU, en el licenciamiento otorgado a la UNAC, que cumple con las Condiciones Básicas de Calidad, que establece la Ley Universitaria y las normas vigentes según los requerimientos de Ley.

Asimismo, debemos establecer principios de justificación del uso adecuado en la información en concordancia con los syllabus del laboratorio para los dispositivos y los accesorios de uso adecuado, en lugares específicos de accesibilidad oportuna como lo sugiere la tesis, puesto que; los datos que son vertidos, tienen mi consentimiento de ser usados para la sustentación pertinente de la tesis en referenciá.

Atentamente,


.....
JOSE LUIS HUMBERTO URRUTIA TICONA
INGENIERO MECANICO
Reg. CIP N° 102726

Correo electrónico: jlhurrutiat@unac.edu.pe
Código de Docente N° 2973

➤ **Carta de autorización**

**AUTORIZACIÓN DEL USO DE LA INFORMACIÓN DE LAS MAQUINAS-
HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE MANUFACTURA**

Bellavista, 16 de noviembre del 2023

Señor:

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA

Presidente del Jurado en la Sustentación de Tesis.

Universidad Nacional del Callao.

Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

Asunto: Autorización del uso de la información de las máquinas-herramientas del laboratorio de Ingeniería de Manufactura de la FIME-UNAC.

Por medio de la presente, el suscrito Ing. Victoriano Sánchez Valverde, con CIP. 26342, con domicilio en el jirón Pedro Helmes 710. Urb. Villa del Norte distrito de Los Olivos-Lima, Coordinador del Laboratorio de Ingeniería de Manufactura de la FIME-UNAC. Y, que posterior a la revisión exhaustiva de la documentación, observada por el Jurado de Sustentación de Tesis, el Coordinador del Laboratorio de Ingeniería de Manufactura de la FIME-UNAC. Procedió al otorgamiento de la autorización del uso de la información de las máquinas-herramientas del Laboratorio de Ingeniería de Manufactura, al Señor Bachiller: **JOSEPH JESÚS PASCUAL OROPEZA VIDALÓN**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica.

Y, el señor Bachiller **Joseph Jesús Pascual Oropeza Vidalón**, con DNI: 47859945, declaro ser mayor de edad y con la capacidad física y mental para conseguir el procedimiento técnico establecido por la Universidad Nacional del Callao, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, y asumir de toda responsabilidad de cualquier riesgo que pueda suceder en el procedimiento de lo establecido.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para reiterarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente.



Ing. Victoriano Sánchez Valverde
Coordinador del Laboratorio FIME-UNAC

CC. Archivo

➤ **Juicio de expertos**

CONSENTIMIENTO DE EXPERTO EN MÁQUINAS-HERRAMIENTAS

Bellavista, 17 de noviembre del 2023

Señor:

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA

Presidente del Jurado en la Sustentación de Tesis.

Universidad Nacional del Callao.

Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

Asunto: Autorización y Consentimiento de Experto en Máquinas-Herramientas del Laboratorio de Ingeniería de Manufactura de la FIME-UNAC.

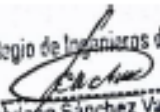
Por medio de la presente, el suscrito Ing. Victoriano Sánchez Valverde, con CIP. 28342, con domicilio en el jirón Pedro Helmes 710. Urb. Villa del Norte distrito de Los Olivos-Lima, Coordinador del Laboratorio de Ingeniería de Manufactura de la FIME-UNAC. Y, que posterior a la revisión requerida de la documentación, el Coordinador del Laboratorio de Ingeniería de Manufactura de la FIME-UNAC. Procede al otorgamiento de la Autorización del Consentimiento como experto en Máquinas-Herramientas; al Señor Bachiller: Joseph Jesús Pascual Oropeza Vidalón, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica.

Y, el señor Bachiller Joseph Jesús Pascual Oropeza Vidalón, con DNI: 47859945, declaro acceder a los requerimientos del señor Coordinador del Laboratorio de Ingeniería de Manufactura de la FIME-UNAC. Y, accediendo al procedimiento de la validación en promedio técnico establecido por la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, al asumir de toda responsabilidad y del aumento de disponibilidad de las máquinas herramientas de 71.76% a 89.12% gracias a la propuesta del plan de mantenimiento que está representado en las tarjetas maestras de la tesis con título: "Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas-herramientas del laboratorio de procesos de manufactura de la FIME-UNAC" que pueda suceder cuando el indicado proceso es de mayor objetividad en el procedimiento establecido.

Razón del mismo, es que la institución del Laboratorio de Ingeniería de Manufactura de la FIME-UNAC. Que suscribe, que ha sido informado por la documentación pertinente.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para reiterarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente.

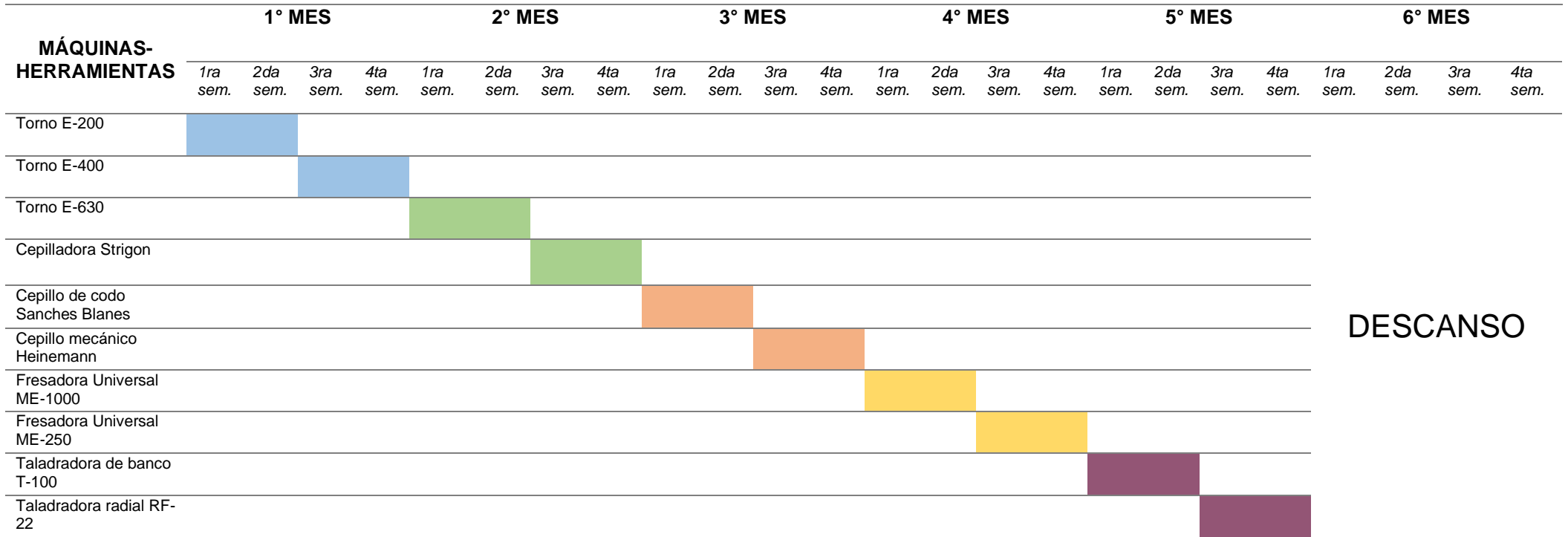


Logo del Colegio de Ingenieros del Perú
Ing. Victoriano Sánchez Valverde
MECÁNICO - ELECTRICISTA
CIP: 28342

Ing. Victoriano Sánchez Valverde
Coordinador del Laboratorio FIME-UNAC

CC. Archivo

➤ Diagrama de Gantt



DESCANSO

➤ **Costo de mantenimiento semestral**

TIPO DE LUBRICANTE	COSTO
Aceite Tellus hidráulico – 30 (5 galones)	S/ 250.00
Aceite Tellus hidráulico – 40 (5 galones)	S/ 250.00
Aceite Tellus hidráulico – 90 (5 galones)	S/ 250.00
Aceite Tellus hidráulico – 68 (5 galones)	S/ 250.00
Aceite Tellus hidráulico – 4 (5 galones)	S/ 250.00
Tipo de grasa R2-100	S/ 60.00
Tipo de grasa Tona 33	S/ 60.00
Tipo de grasa Zs-90	S/ 60.00
Tipo de grasa R-2	S/ 60.00
Tipo de grasa Zs–100	S/ 60.00
Tipo de grasa Alvania - RZ	S/ 60.00
Mano de obra del mecánico (S/ 2000.00 mensuales por 6 meses)	S/ 2000.00
Franela	S/ 60.00
Electricista	S/ 3000.00
TOTAL	S/ 6670.00