

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SEDE PRINCIPAL

BRAYAN ANDRÉS SANTAFÉ GARCÍA

Director:
Ing. Marco Antonio Velasco Peña

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2021

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SEDE PRINCIPAL

BRAYAN ANDRÉS SANTAFÉ GARCÍA

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Director:
Ing. Marco Antonio Velasco Peña

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2021

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C, julio del 2021

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GENERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LOS EQUIPOS	12
3.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	12
3.2 DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL LABORATORIO.....	13
3.3 EQUIPOS DISPUESTOS EN EL LABORATORIO.....	16
3.3.1 Torno CHINO GH636 B/1000	17
3.3.2 Torno PRECISION 1440.....	18
3.3.3 Torno BLACK HAWK CQ6232 G1000G	18
3.3.4 Torno LUNAN TLC 340 ^a	19
3.3.5 Torno BLACK & RED Purpose Machine 526.....	20
3.3.6 Torno BLACK & RED Purpose Machine 526.....	20
3.3.7 Fresadora JL MACHINE XZ 3650Z	21
3.3.8 Taladro fresador	22
3.3.9 Esmeril de banco.....	23
3.3.10 Sierra circular	23
3.4 ESTADO GENERAL DE LOS EQUIPOS	24
3.5 USO HABITUAL DE LOS EQUIPOS.....	25
3.6 GESTIÓN ACTUAL DE LA HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS	26
3.7 FALLAS HABITUALES DE LOS EQUIPOS	27
3.8 HISTORIAL DE REPARACIONES Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EXISTENTE.....	29
4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	30
4.1 GESTIÓN ANTE AVERÍAS DE LOS EQUIPOS.....	30
4.2 GESTIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	31

4.3	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A PARTIR DE ANÁLISIS PREVIOS.....	32
5.	COSTOS DE MANTENIMIENTO	35
5.1	MANO DE OBRA	39
5.1.1	Tiempo de mantenimiento	39
5.1.2	Costo por hora de trabajo	39
5.2	HERRAMIENTAS MECÁNICAS, DIGITALES Y CONSUMIBLES	40
5.2.1	Costos por herramienta	41
5.2.2	Costos por insumos	41
5.3	REPUESTOS	42
6.	CONCLUSIONES	43
7.	BIBLIOGRAFÍA	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. ACTIVIDADES BÁSICAS DEL MANTENIMIENTO. FUENTE: FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. CARLOS. A. MANTILLA. M. PRIMERA ED. 2016	15
TABLA 2. DISEÑO METODOLÓGICO. FUENTE: PROPIA	23
TABLA 3. INVENTARIO DE EQUIPOS TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS. FUENTE: PROPIA	29
TABLA 4. CONDICIONES GENERALES – TORNO CHINO GH636 B/1000. FUENTE: PROPIA	30
TABLA 5. CONDICIONES GENERALES – TORNO PRECISION 1440. FUENTE PROPIA	31
TABLA 6. CONDICIONES GENERALES – TORNO BLACK HAWK CQ6232 G1000G. FUENTE: PROPIA	32
TABLA 7. CONDICIONES GENERALES - TORNO LUNAN TLC 340A. FUENTE: PROPIA	32
TABLA 8. CONDICIONES GENERALES - TORNO BLACK & RED PURPOSE MACHINE 526. FUENTE: PROPIA	33
TABLA 9. CONDICIONES GENERALES - TORNO BLACK & RED PURPOSE MACHINE 526. FUENTE: PROPIA	34
TABLA 10. CONDICIONES GENERALES - FRESADORA JL MACHINE XZ 3650Z. FUENTE: PROPIA	34
TABLA 11. CONDICIONES GENERALES - TALADRO FRESADOR. FUENTE: PROPIA	35
TABLA 12. CONDICIONES GENERALES - ESMERIL DE BANCO. FUENTE: PROPIA	36
TABLA 13. CONDICIONES GENERALES - SIERRA CIRCULAR. FUENTE: PROPIA	36
TABLA 14. NOMENCLATURA COSTOS DE MANTENIMIENTO. FUENTE: PROPIA	49
TABLA 15. COSTOS DE MANTENIMIENTO PARA LAS ACTIVIDADES	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. CICLO BÁSICO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. FUENTE: MANTILLA, A, (2016). FUNDAMENTOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, (1ER ED.). PEREIRA, COLOMBIA: UTP	16
FIGURA 2. VISTA SUPERIOR, ESQUEMA – LABORATORIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS. FUENTE: PROPIA	26
FIGURA 3. ALA IZQUIERDA DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS. FUENTE: PROPIA	27
FIGURA 4. ALA DERECHA DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS. FUENTE: PROPIA	28
FIGURA 5. TORNO CHINO GH636 B/1000. FUENTE: PROPIA	30
FIGURA 6. TORNO PRECISION 1440. FUENTE: PROPIA	31
FIGURA 7. TORNO BLACK HAWK CQ6232 G1000G. FUENTE: PROPIA	31
FIGURA 8. TORNO LUNAN TLC 340A. FUENTE: PROPIA	32
FIGURA 9. TORNO BLACK & RED PURPOSE MACHINE 526. FUENTE: PROPIA	33
FIGURA 10. TORNO BLACK & RED PURPOSE MACHINE 526. FUENTE: PROPIA	33
FIGURA 11. FRESADORA JL MACHINE XZ 3650Z. FUENTE: PROPIA	34
FIGURA 12. TALADRO FRESADOR. FUENTE: PROPIA	35
FIGURA 13. ESMERIL DE BANCO. FUENTE: PROPIA	35
FIGURA 14. SIERRA CIRCULAR. FUENTE: PROPIA	36

FIGURA 15. FORMATO - INVENTARIO GENERAL DE EQUIPOS DE LABORATORIO. FUENTE: PROPIA	37
FIGURA 16. FALLAS FRECUENTES DE LOS TORNOS EN SUS GRUPOS DE COMPONENTES. FUENTE: S. SARAVANAN, G.S. YADAVA AND P.V. RAO	40
FIGURA 17. FALLAS FRECUENTES DE LAS FRESADORAS EN SUS GRUPOS DE COMPONENTES. FUENTE: S. SARAVANAN, G.S. YADAVA AND P.V. RAO	41
FIGURA 18. DIAGRAMA DE GESTIÓN ANTE AVERÍAS UNIV. SANTO TOMÁS, SEDE PRINCIPAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	44
FIGURA 19. FORMATO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS. FUENTE: BASE DE DATOS EN LÍNEA, UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS.	45
FIGURA 20. FORMATO DE MANTENIMIENTO SUGERIDO PARA LOS EQUIPOS DE LABORATORIOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	46

TABLA DE ANEXOS

- ANEXO A. FICHAS_TECNICAS_LP-101
- ANEXO B. HOJAS_VIDA_LP-101
- ANEXO C. FORMATO_REGISTRO_FALLAS_LP-101
- ANEXO D. PLANES_M_SUG-LP-101
- ANEXO E. FORMATO_P_M_SUG_LP_FMP-U101
- ANEXO F. USER_MANUAL_ES_LP-101
- ANEXO G. COSTOS_MANTENIMIENTO_LP-101
- ANEXO H. FORMATO_P_M_USTA_LP-101
- ANEXO I. DIAGRAMA_PROCESO_AVERIAS_USTA
- ANEXO J. FORMATO_M_USTA_PA-F-223
- ANEXO K. ACTUAL 2020-1 LAB_101
- ANEXO L. PE_TC_10035100
- ANEXO M. PE_TC_10049209
- ANEXO N. PE_TC_10063027
- ANEXO Ñ. PE_TC_10083285

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mantenimiento preventivo se basa en una estrategia de ciclo cerrado, que al ser aplicado logra adquirir la información necesaria de un equipo que posteriormente se emplea para tomar decisiones de un plan de mantenimiento, aumentando así la disponibilidad de los equipos, además del rendimiento y la confiabilidad de cada componente en un sistema de producción realizando las diferentes actividades contempladas en el plan (*SPARROW, 2017*).

En la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás, los laboratorios, equipos y herramientas dispuestos, comprenden un papel indispensable en el aprendizaje, desarrollo y formación profesional de los estudiantes, dicho conjunto de elementos sufre un papel importante para el desarrollo y puesta en marcha de pruebas y ensayos que constituyen una visión práctica del desarrollo profesional e industrial de un ingeniero, por lo cual necesitan mantenerse en condiciones de operación óptimas. Con esto, lo que busca un plan de mantenimiento preventivo es generar una serie de actividades programadas con el fin de reducir el desgaste normal de los equipos garantizando su fiabilidad y disponibilidad. (*Renovetec, 2015*)

Actualmente, en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería se encuentran disponibles máquinas para llevar a cabo ensayos mecánicos, metrología, mecanizado y soldadura. Equipos como los tornos han estado fuera de servicio por desajustes o inadecuadas condiciones de operación, dejando abierta la posibilidad de una falla o avería, dejando el equipo inhabilitado indefinidamente. Adicional a esto, el plan de mantenimiento se diseñará a partir de las necesidades contempladas en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás y las partes interesadas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos dispuestos en los laboratorios de mecanizado de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Sede Principal de la Universidad Santo Tomás.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar cada uno de los equipos del laboratorio de mecanizado que se acogerán en el programa de mantenimiento preventivo, elaborar un historial de uso y reparaciones.
- Estructurar el plan de mantenimiento preventivo por equipo con los correspondientes procedimientos, instructivos y herramientas para la ejecución adecuada del plan.
- Determinar para cada programa de mantenimiento preventivo, los respectivos costos de ejecución.

3. IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Se presenta el resultado de recolección y levantamiento de información indispensable estado actual de los activos a tener en cuenta en la elaboración de planes de mantenimiento. Además, se plantean mejoras en los formatos dispuestos actualmente, para llevar a cabo análisis más exhaustivos y que permitan mejora progresiva en los planes de mantenimiento.

En el siguiente capítulo se evidencia el mecanismo de recolección de información de los activos dispuestos para acogerse en el plan de mantenimiento planteado. Adicional a esto se presentan los formatos del sistema de gestión de calidad para documentar los precedentes de los equipos, fichas técnicas, información de disponibilidad de las máquinas y plan de mantenimiento de estas (Anexo A).

3.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se observa que la información de los equipos se lleva en una base de datos en EXCEL la cual es alimentada cada 6 meses por el personal responsable de cada equipo, donde se consignan las actividades realizadas y el estado de los mismos. Cabe resaltar que no se dispone de las fichas técnicas de los equipos de este laboratorio. Este Excel cuenta con un campo para registrar la persona responsable del mantenimiento del equipo, trae además una columna donde se consigna la actividad realizada, el estado del mismo y los implementos o repuestos utilizados.

Cómo puntos a mejorar, en el formato de hoja de vida se evidencia una descripción superficial de las intervenciones al equipo por lo cual no es posible realizar análisis de fallas detallado, sin embargo, en el formato sugerido encontrado en el anexo “B. FORMATO_REGISTRO_FALLAS_LP-101” se adicionan campos para un informe más detallado. Se evidencia que también hacen falta las fichas técnicas de los equipos, por lo tanto, a partir de inspección se generan las fichas de cada equipo a tener en cuenta para crear el plan de mantenimiento preventivo.

Una oportunidad de mejora radica en sugerir la implementación de manuales y fichas técnicas en la base de datos de los laboratorios de la universidad. En este trabajo se levanta la información a partir de los registros del personal de mantenimiento, para indexar la información en los formatos aprobados por la directiva de la universidad para organizar y presentar la información, los cuales son de libre acceso para los miembros de la institución. La información de los equipos radica en primera instancia en tener una base de datos sustancial que permita realizar un análisis que permitan llegar a mejoras continuas a partir de análisis y planes de mantenimiento predictivos.

En los anexos de este trabajo se encuentran las fichas técnicas, hoja de vida y fichas de mantenimiento actuales y las elaboradas a partir de este trabajo de los equipos mencionados a continuación. Ver anexos: “K. ACTUAL 2020-1 LAB_101”, para conocer la información existente en del laboratorio, y “A. FICHAS_TECNICAS_LP-101” y “B. HOJAS_VIDA_LP-101”, para observar la documentación levantada a partir de este trabajo.

3.2 DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL LABORATORIO

En la *Figura 1*, se muestra la distribución de los equipos en el Laboratorio de Máquinas y Herramientas 101 y así mismo cómo se encuentran delimitadas las áreas seguras para operar cada máquina. Posteriormente se detallará de cada equipo la información en los anexos nombrados: “A. FICHAS_TECNICAS_LP-101” y “B. HOJAS_VIDA_LP-101”.

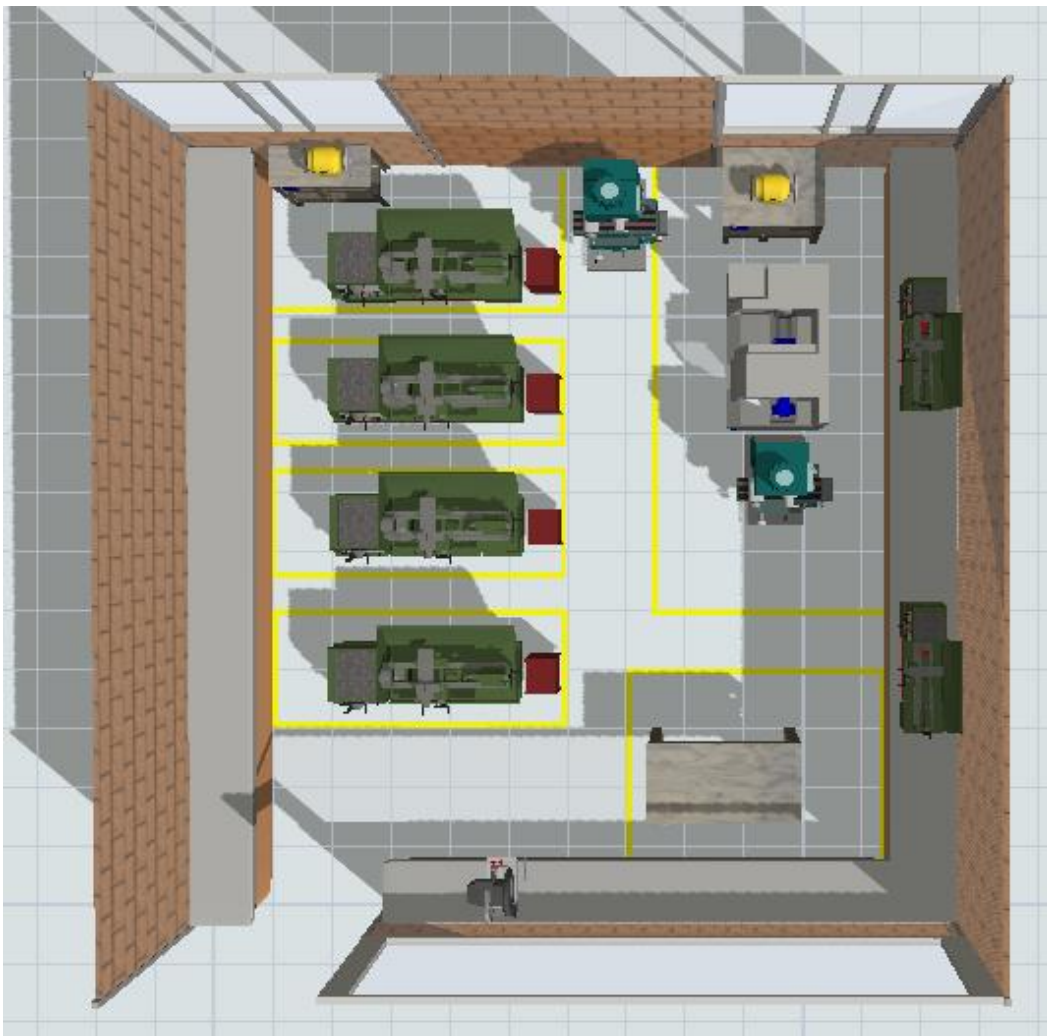


Figura 1. Vista superior, esquema – Laboratorio de Máquinas y Herramientas. Fuente: Propia

El laboratorio cuenta con un total de 4 tornos convencionales, 2 máquinas multipropósito, 1 fresadora, 1 taladro fresador, 1 torno CNC, 2 esmeriles de banco y 1 sierra circular, como se muestra en la *Figura 1*.

Las áreas seguras permiten mantener el espacio de trabajo ideal y con ello, el espacio necesario para que los estudiantes operen los equipos dispuestos para sus prácticas. Están distribuidos de tal manera que las máquinas que son dependientes unas de otras, tienen una ruta adecuada para un desplazamiento bilateral. Como se evidencia en la *Figura 2*, al ingresar a mano izquierda se encuentran dispuestos los 4 tornos convencionales en sus respectivas áreas de trabajo. En la parte posterior del laboratorio se encuentra el taladro fresador y un esmeril de banco.



Figura 2. Ala izquierda del Laboratorio de Máquinas y Herramientas. Fuente: Propia

En la zona derecha del Laboratorio de Máquinas y Herramientas se encuentran: 1 Fresadora, 2 máquinas multipropósito, el Torno CNC y una esmeriladora, es importante aclarar que las esmeriladoras no son tenidas en cuenta para el plan de mantenimiento debido a que no son considerados equipos susceptibles de mantenimiento preventivo.

El laboratorio cuenta además con las herramientas requeridas por cada equipo para su adecuada preparación y operación, las cuales se encuentran en las gavetas rojas al lado de los tornos, como se muestra en la *Figura 2*. Si bien los 4 tornos convencionales disponibles en el laboratorio corresponden a distintos modelos, comparten la funcionalidad y el manejo, es por esto que su manejo es similar.



Figura 3. Ala derecha del Laboratorio de Máquinas y Herramientas. Fuente: Propia

Cada equipo cuenta con un área delimitada para su correcta instalación, operación, preservación y así mismo con elementos de seguridad que controlan diversos factores que pueden acarrear daño del equipo o de sus operarios; sin embargo, no representa una medida de seguridad ante una mala manipulación por parte del operario. Como se muestra en la *Figura 3*, las 2 máquinas multipropósito se encuentran situadas sobre una superficie elevada y no se encuentran en operación, por tal motivo no cuentan con las áreas designadas en amarillo, así como los demás equipos anteriormente mencionados. En el anexo: “K. ACTUAL 2020-1 LAB_101”, se evidencian las anomalías registradas con mayor frecuencia en los equipos las

cuales implican, en la mayoría de las veces, remplazo de piezas y componentes que por su uso normal no deberían presentar desgaste.

La zona delimitada con amarillo para los tornos es de 2.70 m x 1.10 m y el área de la fresadora es de 2.64 m x 3.96 m.

3.3 EQUIPOS DISPUESTOS EN EL LABORATORIO

Los equipos dispuestos en el laboratorio corresponden a máquinas herramientas electromecánicas, las cuales se caracterizan según su funcionamiento y complejidad de operación, reflejando esto en los usos y tareas que es capaz de aportar cada equipo y así mismo por la destreza y conocimiento del operario.

En la *Tabla 3*, se representan los equipos dispuestos en el laboratorio de Máquinas y Herramientas. Se hace la claridad de que no todos los equipos dispuestos en el laboratorio se mantienen en operación como otros que se mencionan en la sección de “habitualidad de los equipos”, y esto no depende de su estado y/o disponibilidad, sino de las temáticas de las asignaturas teórico-prácticas, cabe resaltar que ninguno de los equipos cuenta con garantía debido a su fecha de compra.

Tabla 3. Inventario de equipos Taller de Máquinas y Herramientas. Fuente: propia

Ítem	Código	Equipo	Tipo / complejidad	Personal
1	10083285	Torno CHINO GH636 B/1000	Electromecánico / medio	Estudiante
2	10049209	Torno PRECISION 1440	Electromecánico / medio	Estudiante
3	10063027	Torno BLACK HAWK CQ6232 G1000G	Electromecánico / medio	Estudiante
4	10035100	Torno LUNAN TLC 340 ^a	Electromecánico / medio	Estudiante
5	10049210	Torno BLACK & RED Purpose Machine 526	Electromecánico / medio	Estudiante
6	10049211	Torno BLACK & RED Purpose Machine 526	Electromecánico / medio	Estudiante
7	10066408	Fresadora JL MACHINE XZ 3650Z	Electromecánico / complejo	Personal capacitado
8	Sin código	Taladro fresador	Electromecánico / complejo	Personal capacitado

9	10300087 1	Esmeril de banco DW752-B3	Máquina herramienta / simple	Estudiante
10	10083287	Sierra circular	Máquina herramienta / simple	Estudiante

A continuación, se presentan gráficamente cada uno de los equipos del Laboratorio de Máquinas y Herramientas junto con la información del modelo y año de compra. Debido a la fecha de compra, ninguno cuenta con garantía del fabricante, por lo tanto, su mantenibilidad y vida útil están sujetos a los mantenimientos gestionados por parte de los responsables de los equipos y por las tareas dispuestas al momento del inicio y finalización de operación.

Toda la información detallada de los equipos mostrados a continuación se encuentra en el anexo “A. FICHAS_TECNICAS_LP-101”. Las tablas a continuación, se realizaron en base al estado visual de los equipos, según el registro tomado en septiembre del año 2020 de la base de datos del anexo “K. ACTUAL 2020-1 LAB_101”, sin embargo, el mecanismo de los botones de parada de emergencia de los tornos fue registrado.

3.3.1 Torno CHINO GH636 B/1000



Figura 5. Torno CHINO GH636 B/1000. Fuente: propia

En la *Figura 5*, se evidencia el Torno GH636, es el torno convencional más sofisticado actualmente del laboratorio, cuenta con un visualizador sistema de bombeo de refrigerante e iluminación. Cuenta con un pulsador de parada de emergencia como mecanismo de seguridad el cual se encuentra en buen estado. Ver anexo (PE_TC_10083285.mp4).

Tabla 4. Condiciones generales – Torno CHINO GH636 B/1000. Fuente: propia

Estado de guías:	Bueno	Estado de pintura:	Bueno
Estado de rieles:	Bueno	Estado de pernos de la torreta:	Excelente
Estado del tablero:	Excelente	Estado del botón de emergencia:	Funcionando
Fecha compra:	17 jun 2015	Garantía:	Caducada

3.3.2 Torno PRECISION 1440



Figura 6. Torno PRECISION 1440. Fuente: propia

El 1440 PRECISION, es un torno convencional, que cuenta con sistema de bombeo de refrigerante e iluminación. Cuenta con un pulsador de parada de emergencia como mecanismo de seguridad el cual no se encuentra en buen estado, este se salta, ver anexo (PE_TC_10049209.mp4).

Tabla 5. Condiciones generales – Torno PRECISION 1440. Fuente propia

Estado de guías:	Bueno	Estado de pintura:	Regular
Estado de rieles:	Bueno	Estado de pernos de la torreta:	Excelente
Estado del tablero:	Regular	Estado del botón de emergencia:	Averiado
Fecha de compra:	8 dic 2008	Garantía:	Caducada

3.3.3 Torno BLACK HAWK CQ6232 G1000G



Figura 7. Torno BLACK HAWK CQ6232 G1000G. Fuente: Propia

El G/1000 BLACK HAWK, es un torno convencional y el segundo más reciente del laboratorio, cuenta con sistema de bombeo de refrigerante e iluminación. Cuenta con un pulsador de parada de emergencia como mecanismo de seguridad el cual no se encuentra en buen estado, este se salta. Ver anexo (PE_TC_10063027.mp4)

Tabla 6. Condiciones generales – Torno BLACK HAWK CQ6232 G1000G. Fuente: propia

Estado de guías:	Bueno	Estado de pintura:	Regular
Estado de rieles:	Bueno	Estado de pernos de la torreta:	Bueno
Estado del tablero:	Bueno	Estado del botón de emergencia:	Averiado
Fecha de compra:	5 oct 2011	Garantía:	Caducada

3.3.4 Torno LUNAN TLC 340^a

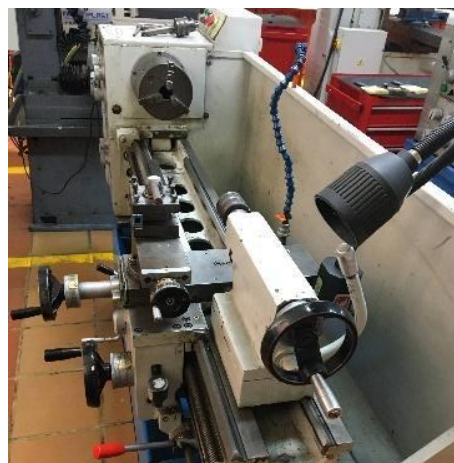


Figura 8. Torno LUNAN TLC 340A. Fuente: Propia

El TLC 340A, es un torno convencional y el más antiguo del laboratorio, cuenta con sistema de bombeo de refrigerante e iluminación. Cuenta con un pulsador de parada

de emergencia como mecanismo de seguridad el cual no se encuentra en buen estado, este se salta. Ver anexo (PE_TC_10035100.mp4)

Tabla 7. Condiciones generales - Torno LUNAN TLC 340A. Fuente: propia

Estado de guías:	Bueno	Estado de pintura:	Regular
Estado de rieles:	Bueno	Estado de pernos de la torreta:	Regular
Estado del tablero:	Bueno	Estado del botón de emergencia:	Averiado
Fecha de compra:	10 oct 2002	Garantía:	Caducada

3.3.5 Torno BLACK & RED Purpose Machine 526



Figura 9. Torno BLACK & RED Purpose Machine 526. Fuente: Propia

La MJ9526 (se cuenta con 2 máquinas de la misma referencia), es una máquina multipropósito torno-taladro de banco, no tiene un uso recurrente como lo tienen los tornos convencionales o la fresadora debido a su capacidad para trabajar piezas, en el anexo “A” en la hoja de este equipo se encuentran las especificaciones de la dimensión máxima de la pieza.

Tabla 8. Condiciones generales - Torno BLACK & RED Purpose Machine 526. Fuente: propia

Estado de guías:	Excelente	Estado de pintura:	Excelente
Estado de rieles:	Excelente	Estado del tablero:	Excelente
Fecha de compra:	8 dic 2008	Garantía:	Caducada

3.3.6 Torno BLACK & RED Purpose Machine 526



Figura 10. Torno BLACK & RED Purpose Machine 526. Fuente: Propia

La MJ9526 es la segunda máquina del mismo modelo, es una máquina multipropósito torno-taladro de banco, no tiene un uso recurrente como lo tienen los tornos convencionales o la fresadora debido a su capacidad para trabajar piezas, en el anexo “A” en la hoja de este equipo se encuentran las especificaciones de la dimensión máxima de la pieza.

Tabla 9. Condiciones generales - Torno BLACK & RED Purpose Machine 526. Fuente: propia

Estado de guías:	Excelente	Estado de pintura:	Excelente
Estado de rieles:	Excelente	Estado del tablero:	Excelente
Fecha de compra:	8 dic 2008	Garantía:	Caducada

3.3.7 Fresadora JL MACHINE XZ 3650Z



Figura 11. Fresadora JL MACHINE XZ 3650Z. Fuente: Propia

La MJ9526, es una fresadora de tres ejes con rotación de cabezal. A pesar de que tiene un uso frecuente, este equipo sólo es manejado por personal capacitado debido a su complejidad y precisión que requieren las piezas que son trabajadas en este equipo.

Tabla 10. Condiciones generales - Fresadora JL MACHINE XZ 3650Z. Fuente: propia

Estado de guías:	Excelente	Estado de pintura:	Excelente
Estado del cabezal:	Excelente	Estado de manivelas:	Excelente
Estado de rieles:	Excelente	Estado del tablero:	Excelente
Fecha de compra:	16 ago. 2012	Garantía:	Caducada

3.3.8 Taladro fresador



Figura 12. Taladro fresador. Fuente: Propia

El DMS45POWER, es un taladro fresador de tres ejes con rotación de cabezal. No presenta un uso frecuente y sus funciones comparadas con las de la Fresadora son muy limitadas, de igual manera este equipo sólo puede ser manejado por personal capacitado debido a su complejidad.

Tabla 11. Condiciones generales - Taladro fresador. Fuente: propia

Estado de guías:	Excelente	Estado de pintura:	Excelente
Estado del cabezal:	Excelente	Estado de manivelas:	Excelente
Estado de rieles:	Excelente	Estado del tablero:	Excelente
Fecha de compra:	10 nov 2013	Garantía:	Caducada

3.3.9 Esmeril de banco



Figura 13. Esmeril de banco. Fuente: Propia

El DW752-B3 (se cuenta con 2 máquinas de esta referencia), es una máquina herramienta de uso recurrente, debido a que trabaja en conjunto con los tornos, pues en este equipo se preparan las herramientas de corte de los tornos, cuenta con su respectivo lubricante y su sistema de encendido y apagado.

Tabla 12. Condiciones generales - Esmeril de banco. Fuente: propia

Estado de discos:	Excelente	Estado de pintura:	Bueno
Fecha de compra:	Desconocida	Garantía:	-

3.3.10 Sierra circular



Figura 14. Sierra circular. Fuente: Propia

La GCO-200, es una máquina herramienta de uso frecuente, la diversidad de su uso radica en el disco montado en la sierra, por lo general es utilizado en metales no aleados o de baja dureza.

Tabla 13. Condiciones generales - Sierra circular. Fuente: propia

Estado de disco:	Excelente	Estado de pintura:	Excelente
Fecha de compra:	Desconocida	Garantía:	-

3.4 ESTADO GENERAL DE LOS EQUIPOS

Como se tiene establecido, cada 6 meses se realizan los mantenimientos de los equipos dispuestos en el laboratorio; sin embargo, debido a la contingencia sanitaria del COVID-19, desde febrero del año 2020, los equipos no tuvieron la carga que tienen semestre a semestre por parte de los estudiantes. De igual manera a mitad de año de 2020 fueron realizadas las actividades propuestas en los planes de cada equipo y se encuentran disponibles para realizar proyectos de grado y demás actividades que necesitan disponer de estos equipos.

Debido a la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID-19, los equipos detuvieron sus operaciones normales por aproximadamente 2 semestres, en los cuales la Universidad no dictó clases de manera presencial, sin embargo, la última revisión a estos equipos fue a tan sólo 1 mes del cese de actividades presenciales, por esto, a la fecha los equipos se encuentran en condiciones óptimas para su uso, según la hoja de vida actual.

En la base de datos de la Universidad, cada equipo cuenta con una hoja de vida con las labores hechas en el equipo y es con esto que, gracias a la última revisión de cada equipo, estos se encuentran en condiciones adecuadas para prestar su servicio, pues no se evidencian alertas o registros de malfuncionamiento de algunos de estos equipos. El formato que se debe utilizar en este caso, es el GS-TU-F-032 el cual se emitió el 21 de octubre el 2019. Este formato tiene las celdas para nombrar el equipo, código de inventario, serial, si necesita mantenimiento preventivo, correctivo o calibración y por último una casilla para describir si el equipo se encuentra en servicio o fuera de servicio.


 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		INVENTARIO GENERAL DE EQUIPOS DE LABORATORIO												
Código: GS-TU-F-032		Versión: 01			Emisión: 21-10-2019			Página 1 de 1						
FACULTAD O DEPARTAMENTO:		LABORATORIO:			SEMESTRE:			EDIFICIO:						
DOCENCIA:		INVESTIGACIÓN:			RESPONSABILIDAD SOCIAL:			ESTADO A: EJ. JULIO DE 2019						
ITEM	NOMBRE DEL EQUIPO	INVENTARIO	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MANTENIMIENTO			REQUERIMIENTO DE MANTENIMIENTO			ESTADO DE USO A: ACTIVO I: INACTIVO DB: DAR DE BAJA	
							C: Correctivo P: Preventivo CL: Calibración	Semestral	Annual	Bianual	Semestral	Annual		Bianual
1														

Figura 15. Formato - Inventario general de equipos de laboratorio. Fuente: Propia

Debido a que los mantenimientos tienen actividades semanales, se sugiere que este formato sea actualizado semanalmente, para esto es necesario únicamente que se actualicen las 5 últimas columnas, en la primera si el equipo sufrió una avería o si debe ser calibrado se registrará una leve descripción de la falla y se actualizará su estado a inactivo. Se sugiere además que las tareas a realizar luego de cada práctica y que deben ser llevadas a cabo por los mismos estudiantes, deben quedar registradas en el historial de los equipos, con esto es posible llevar un seguimiento de posibles indicios de fallas o desgastes que presenten los equipos tras su uso.

3.5 USO HABITUAL DE LOS EQUIPOS

En la Universidad Santo Tomás, los horarios normales y habituales (sin pandemia) para trabajar en los laboratorios eran, de lunes a viernes de 6:00 am a 4:00 pm y los sábados de 6:00 am a 12:00 pm. Es importante resaltar que el laboratorio no se encuentra abierto a entrada libre, es decir, que la disponibilidad está sujeta a los horarios de clase en los laboratorios y a las franjas que ya están reservadas por los estudiantes.

Al presentar un elevado flujo de estudiantes de diverso semestre y por ende de una diversa experiencia en el manejo de los equipos, están sujetos a presentar averías con mayor regularidad. Sin embargo, los tornos, esmeriles de banco y sierras de banco, son equipos más vulnerables debido a que tienen tareas conjuntas al momento de realizar las prácticas, un ejemplo sencillo es manufacturar las probetas, en el cual, se corta la varilla utilizando la sierra circular, posterior a esto, se monta en el torno, pero el buril debe afilarse, con lo cual se utiliza el esmeril, posterior a esto, se monta en el porta-buriles y se mecaniza la pieza.

A lo largo del proceso, el esmeril de banco y la sierra, son susceptibles al mal uso de los operarios, y estos no cuentan con restricción de que quien los opere sea personal capacitado para operar la máquina, como lo es el caso de la fresadora, sin embargo, los equipos como los tornos, según lo evidenciado en las hojas de vida, son los equipos que con mayor frecuencia se ven afectados y quedan fuera de servicio por más tiempo. Es necesario resaltar que la Universidad cuenta con diversos formatos para solicitar los espacios y equipos necesarios en donde se registran quienes toman el servicio, con qué finalidad, por cuanto tiempo y así mismo el estado de los equipos al momento de recibirlos y entregarlos. Los equipos están dispuestos en los laboratorios para contribuir en el conocimiento práctico de los estudiantes; sin embargo, en todo momento deben estar acompañados por personal capacitado para impartir y realizar el acompañamiento durante la manipulación de los equipos. La Universidad cuenta con clases 6 días hábiles de clase a la semana (de lunes a sábado), en las cuales, varias franjas durante el día

disponen del laboratorio de máquinas y herramientas para el uso de estudiantes a partir de tercer semestre, es por esto que se supone un alto número de incidentes en los equipos del laboratorio (principalmente los tornos), pues los estudiantes a pesar de estar con una persona capacitada para la manipulación y enseñanza de la práctica, aún no cuentan con la experticia necesaria para mantener el equipo protegido ante averías comunes, como lo son, estrellar la torreta con el husillo, deformar las cabezas de los pernos de sujeción de la placa portaburiles, desalinear el carro, entre otros. Es por esto que la importancia de mantener los equipos en excelentes condiciones radica en el hecho de la salud y seguridad de los estudiantes y docentes además de la vida útil de las máquinas.

En el SIAC de la Universidad Santo Tomás, se tienen los formatos autorizados para el inventario de los equipos disponibles en el laboratorio anexo “J. FORMATO_M_USTA_PA-F-223”, con los cuales se genera un control en cada uso de las máquinas por parte de los responsables de su uso.

3.6 GESTIÓN ACTUAL DE LA HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS

Por otra parte, en la ruta de mantenimiento, se tienen 3 tareas principales, las cuales son, limpieza general, funcionamiento y sistema eléctrico. Al presentar de manera tan general estos ítems, no permite controlar a fondo los equipos al momento de realizar el mantenimiento o revisión de los equipos, es por esto que si nos basamos en los planes de mantenimiento recomendados para estos equipos, se necesita tener mayor claridad y detalle al momento de registrar el estado del equipo para poder realizar diagramas de Pareto que permitan identificar modos de falla frecuentes y evitarlos, y además, crear la ruta de mantenimiento de una manera más sistematizada y que permita un mayor dinamismo al momento de realizar un mantenimiento y no dejar el equipo fuera de servicio por un tiempo elevado, ni tampoco aumentar el tiempo del operario, sino realizarlo de una manera lineal, que permita revisar los puntos esenciales de los equipos.

El formato “H. FORMATO_P_M_USTA_LP-101” contiene la descripción del equipo, junto con la información dada por la codificación de los mismos dentro del laboratorio, además de esto, la hoja de EXCEL en la cual la llevan, contiene 5 columnas donde ubican: fecha, trabajo realizado, observaciones, repuestos y responsable. Si bien, este formato permite llevar un registro de las intervenciones realizadas a los equipos de manera semestral. Haciendo referencia a la información de los equipos, no se tiene de manera detallada, pues no cuentan con las fichas técnicas de los equipos encontrados en este laboratorio, generando un vacío de información fundamental de los equipos.

3.7 FALLAS HABITUALES DE LOS EQUIPOS

Los equipos no sólo están sujetos a averías constantes debido a su manipulación por parte de estudiantes y personal formación sino además son equipos que presentan fallas regulares en cada grupo de componentes.

Como se observa en la Figura 16., se dividen en 7 secciones los tipos de falla que pueden presentar los tornos, y comparándolos con la información de anexo “K. ACTUAL 2020-1 LAB_101” de los tornos, se aprecia que el sistema eléctrico presenta la mayor recurrencia de averías, debido al cambio del cable de alimentación. Seguido por la desalineación del eje principal el cual es producto de colisionar la torreta con el husillo cuando este se deja en desplazamiento automático sin supervisión o sin una respuesta ágil y oportuna.

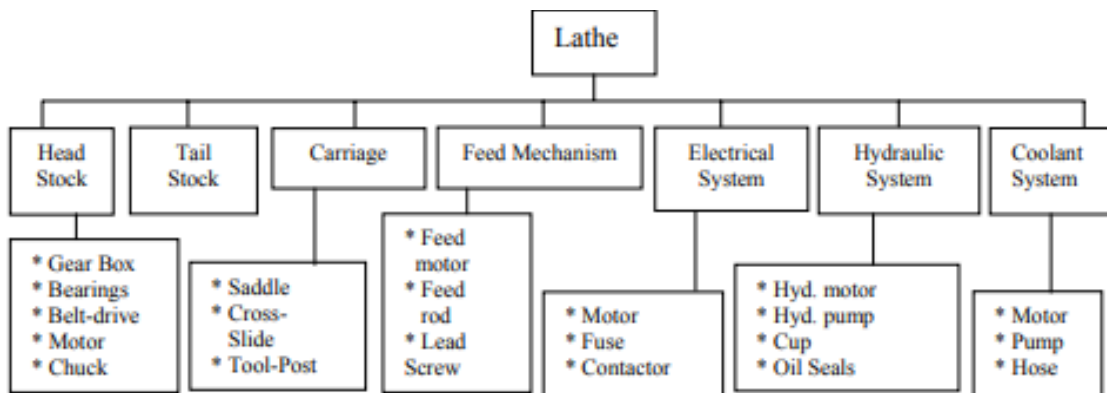


Figura 16. Fallas frecuentes de los tornos en sus grupos de componentes. Fuente: S. Saravanan, G.S. Yadava and P.V. Rao

En relación a los formatos utilizados en los laboratorios de la Universidad según la información que se tiene, la inspección de los equipos se lleva a cabo semestralmente, quiere decir que durante los 6 meses en los cuales se encuentran en operación los equipos y a disposición de los estudiantes, no tienen ninguna gestión que prevea daños o posibles averías en los equipos, es por esto que ante la avería de los equipos, se disminuye la disponibilidad y con esto, afecta el aprovechamiento adecuado del taller.

Debido a los formatos utilizados, no es posible dejar consignado con exactitud las causas y la resolución de las averías, es por esto que la amplia variedad de posibles ocurrencias o fallos que puedan sufrir los equipos generan pérdida de tiempo al momento de solucionar dichas averías, debido a que tras no saber con exactitud donde se encuentra la afectación, es necesario realizar una revisión general, lo cual toma tiempo y no permite prever dicha eventualidad ni mucho menos estar

preparado para ella. En cuanto a la fresadora como se observa en Figura 17., también cuenta con 7 sistemas en los cuales pueden dividirse las fallas, sin embargo, al ser un equipo que requiere de personal calificado para su uso, no es frecuente que el equipo tenga averías diferentes a las ocasionadas por el desgaste normal de sus componentes o desajustes.

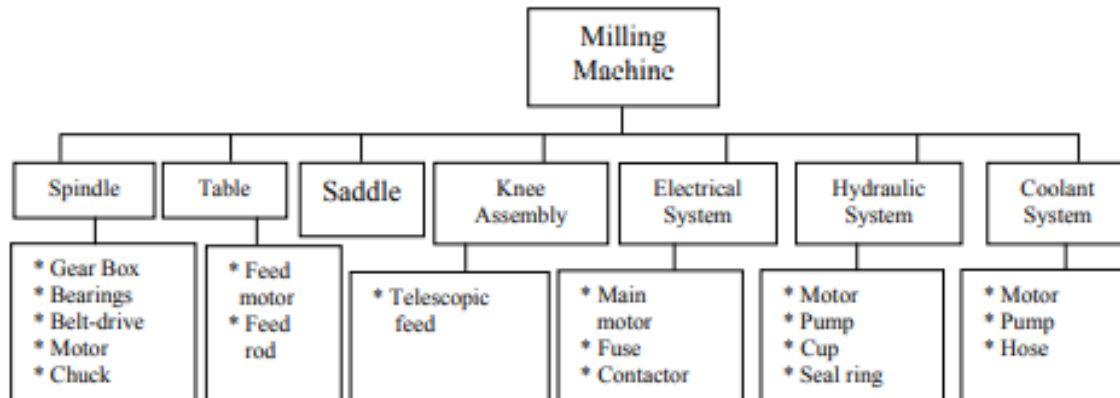


Figura 17. Fallas frecuentes de las fresadoras en sus grupos de componentes. Fuente: S. Saravanan, G.S. Yadava and P.V. Rao

Debido a que a la fecha no se cuenta con un departamento de mantenimiento, todas las actividades que impliquen presupuesto deben pasar a un departamento externo, lo cual implica una capacidad de reacción poco eficiente, que sumado con la falta de un plan de mantenimiento preventivo, no es posible prever las fallas y que por consecuencia de esto, se generen tiempos de no disponibilidad de los equipos y de imposibilidad de reparación debido a que no siempre se cuenta con stock de repuestos para llevar a cabo la reparación de los equipos. Para llevar a cabo los procesos de reparación, se parte del siguiente punto y se puede evidenciar en el esquema “Anexo I. DIAGRAMA_PROCESO_AVERIAS_USTA”.

Debido a que no tener en el almacén la pieza necesaria, en el caso que no es posible realizar una reparación sino un cambio de pieza, el proceso se lleva a cabo de manera más dispendiosa y demorada, debido a que está sujeta a aprobación por parte de otro departamento.

Se propone como opción de mejora en busca de recopilar información para futuros análisis de fallas, el formato de registro de fallas para los equipos en el formato anexo “C. FORMATO_REGISTRO_FALLAS_LP-101”, los cuales se basan en la figura 16 y la figura 17, y que tienen como objetivo, catalogar las fallas de acuerdo a sus subgrupos integrado de cada equipo, y adicional a esto, agregar una descripción de la falla junto con el estado del equipo.

3.8 HISTORIAL DE REPARACIONES Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EXISTENTE

Los responsables por mantenimiento y el estado de los equipos, utilizan los formatos mencionados en el capítulo 1.1.7. sin embargo, con la información disponible en los mismos, no es posible realizar análisis de fallas, que permitan mejoras progresivas. En el anexo “K. ACTUAL 2020-1 LAB_101”, se encuentra la información técnica y la hoja de vida de los equipos, que llevaban los responsables de los mismos, si bien cumple con el requerimiento de diligenciar el formato establecido, no se registra la información según parámetros que aporten una información más detallada y precisa en cada intervención a los equipos. Otro detalle a mencionar es que no se encuentran actividades en temporalidades diferentes a 6 meses, es decir, no se estipulan actividades que se deban realizar de manera más temprana como parte de un mantenimiento preventivo.

4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En esta sección se elabora el plan de mantenimiento en base a los historiales de mantenimiento de cada equipo, el cual se encuentra en el anexo: “D. PLANES_M_SUG-LP-101”. Se sugiere además una modificación al formato de registro de fallas utilizado actualmente para realizar a futuro análisis de fallas, diagrama de Pareto y un plan de mantenimiento preventivo cada vez más eficiente.

4.1 GESTIÓN ANTE AVERÍAS DE LOS EQUIPOS

El responsable de cada equipo debe pasar el reporte de la falla y posterior a esto verificar si el repuesto necesario tiene stock en el inventario del almacén. De tener dicho repuesto, el mismo encargado en calidad de sus funciones y capacidades procederá a reparar la avería del equipo. Si este no cuenta con las capacidades necesarias se llama un técnico y de no tener en existencia el repuesto solicitado se realiza la solicitud al departamento de presupuesto. Cabe resaltar que la Universidad Santo Tomás cuenta con documentos y formatos para llevar la información de estos equipos; sin embargo, la fecha de estos formatos es del año 2014. El registro de las averías juega un papel fundamental al momento de realizar análisis de fallas que posteriormente permita prevenir fallas de una manera más efectiva y personalizada en cada máquina. Una ventaja de llevar un registro detallado es que permite que, al momento de realizar la solicitud de repuestos, no se generará un sobre stock, debido a que, aunque los tornos tienen la misma funcionalidad, no son del mismo fabricante, por ende, tienen vida útil distinta y comportamiento diferente. Además, se sugiere realizar la revisión según el plan de mantenimiento, con el cual vienen tareas que se deben realizar al momento de encender el equipo, luego de apagarlo, y en determinados lapsos de tiempo, para identificar no sólo el fallo por tiempo de uso de los componentes mecánicos, sino también el fallo por uso inadecuado por parte de los estudiantes.

En la figura 18 se muestra el procedimiento diagramado que se sugiere para llevar a cabo la recolección de información y el paso a paso ante una novedad ya sea al realizar la actividad de mantenimiento preventivo o ante alguna falla. Para generar las órdenes de servicio o los registros de fallas, se genera el formato encontrado en el anexo “C. FORMATO_REGISTRO_FALLAS_LP-101”, con el cuál se realizarán las actividades correspondientes de mantenimiento, posteriormente se almacenará la información de la novedad y en base a esta información, realizar ajustes al plan de mantenimiento preventivo para disminuir progresivamente el riesgo de falla y con esto, el tiempo fuera de servicio y costos de las actividades requeridas para que el equipo quede nuevamente en óptimas condiciones.

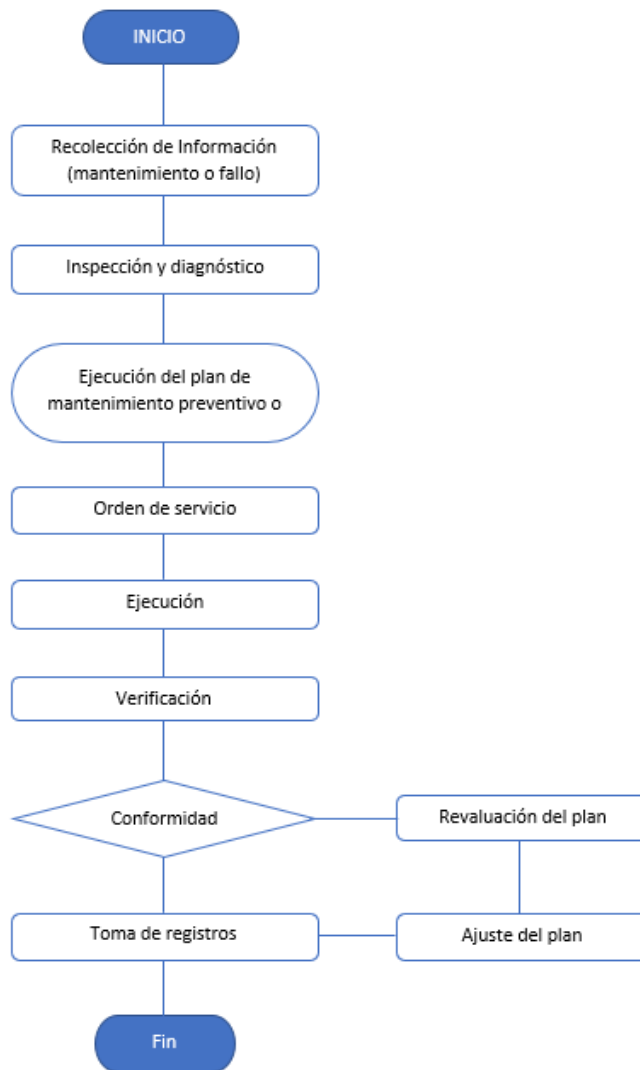


Figura 18. Diagrama de gestión ante averías Univ. Santo Tomás, sede Principal. Fuente: Elaboración propia

4.2 GESTIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS


En relación a los formatos utilizados en los laboratorios de la Universidad, la inspección que se realiza a los equipos se lleva a cabo semestralmente. Quiere decir que durante los 6 meses en los cuales se encuentran en operación los equipos y a disposición de los estudiantes, no tienen ninguna gestión que prevea daños o posibles averías en los equipos. Es por esto que, ante la avería de los equipos, se disminuye la disponibilidad y con esto se afecta el aprovechamiento adecuado del taller, debido a que los equipos disponibles deben ser repartidos entre todos los estudiantes que se encuentren realizando la práctica. Además de esto, debido a los formatos utilizados, no es posible dejar consignado con exactitud las causas y la resolución de las averías, lo que genera pérdida de tiempo al momento de

solucionar dichas averías, debido a que por no saber con exactitud donde se encuentra la afectación, es necesario volver a realizar una revisión general.

Debido a que no tener en el almacén la pieza necesaria, en el caso que no es posible realizar una reparación sino un cambio de pieza, el proceso se lleva a cabo de manera más dispendiosa y demorada, debido a que está sujeta a aprobación por parte de otro departamento.

4.3 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A PARTIR DE ANÁLISIS PREVIOS

Para realizar un plan de mantenimiento preventivo acorde a las exigencias de uso de los equipos, se tomaron como base de datos los registros en la hoja de vida aportados. Como se mencionó en la sección 3.1, se sugiere un formato de registro de fallas más detallado, mencionando por subconjunto del equipo en donde se encuentra la falla. El formato de plan de mantenimiento utilizado es el “J. FORMATO_M_USTA_PA-F-223”, el cual se encuentra en los anexos. Cabe aclarar que este formato si bien corresponde a mantenimiento, no es para un mantenimiento preventivo, sino para uno correctivo. Esto se ve claramente en cómo están dispuestos los nombres de las columnas. Como se observa en la figura 19, el formato se encuentra vigente desde el 2008, y es por esto que se sugieren mejoras para llevar a cabo los planes de mantenimiento semestralmente, hacer informes con esta periodicidad de tiempo permite ajustar cada vez más los parámetros de elaboración para estos planes de mantenimiento preventivo de los equipos.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS <small>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA</small>		MANTENIMIENTO EQUIPOS -LABORATORIOS-		
Código: PA-F-223		Versión: 01	Emisión: 04 - 07 - 2008	Página 1 de 1

		Código inv :	Marca:	Proveedor:		
		Serial :	Fecha compra:	Dirección:		
		Ubicación :	Tipo de Equipo:	Teléfono:		
		Nº Equipo :	Garantía:	E- mail:		
FECHA			TRABAJO REALIZADO	OBSERVACIONES	REPUESTOS UTILIZADOS	RESPONSABLE
DD	MM	AA				

Figura 19. Formato de mantenimiento de equipos Universidad Santo Tomás. Fuente: Base de datos en línea, Universidad Santo Tomás.

En la entrega de este proyecto se anexa diligenciado el formato modificado anexo “D. PLANES_M_SUG-LP-101” para cada uno de los equipos contemplados para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo. Para su diligenciamiento, se

tendrá en cuenta que los informes de dichos formatos se recolectarán y analizarán semestralmente. Tras la recolección de información se ajustará el plan de mantenimiento hasta llevar a una cantidad mínima el tiempo fuera de servicio y garantizar la estabilidad y buen rendimiento de los equipos.

Las actividades tienen un responsable según la dificultad y el nivel necesario de capacitación para poder llevar a cabo dicha actividad. Es por esto que, en los planes de mantenimiento diligenciados, se encontrará eventualmente en “responsable” al operario, haciendo referencia a los estudiantes que se encuentren desempeñando sus actividades o labores en las máquinas. Cabe aclarar que estas actividades únicamente se encuentran a nivel de limpieza e inspección, no involucra el estado interno del equipo ni el cambio de piezas del mecanismo. Como actividades primordiales y de responsabilidad por parte del cuerpo estudiantil y docente se encuentra la verificación del estado de componentes de seguridad como lo son frenos, botones de emergencia y sistemas de seguridad para el arranque de los equipos.

Por otra parte, las actividades que tienen como responsable “laboratorista”, hacen referencia al personal capacitado, que, tal como se mencionó en la sección 4.2, y se indica en qué circunstancias no se puede llevar a cabo dicha tarea bajo el personal del laboratorio. El formato mencionado como sugerencia es el anexo “E. FORMATO_P_M_SUG_LP_FMP-U101”, con el cual se busca tener las tareas ordenadas, claras, fechadas, junto con una casilla para indicar que ya se realizó y advertencias de salud y seguridad.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS LABORATORIOS			
Código: LP_FMP-U101		Versión: 01	Emisión: 30 - 06 - 2021	Página 1 de 1	

EQUIPO:	Código inventario:		Marca:		Proveedor:	
	Serial :		Fecha compra:		Dirección:	
	Ubicación :		Tipo de Equipo:		Teléfono:	
	Nº Equipo :		Garantía:		E-mail:	

Actividades	Duración (minutos)	Frecuencia	Advertencias/recomendaciones SST	Herramientas e insumos	Encargado

Figura 20. Formato de mantenimiento sugerido para los equipos de laboratorios. Fuente: Elaboración propia.

Adicional al formato de la Figura 20 se entrega el documento de procedimientos, instructivos y herramientas para llevar a cabo el plan de mantenimiento, los cuales corresponden al anexo “F. User_manual_ES_LP-101”. Tal como me mencionó en la sección 3.1, las actividades de mantenimiento preventivo las debe llevar a cabo por personal capacitado, sin embargo, el mantenimiento preventivo no lo hace únicamente el departamento de mantenimiento, el cual hace referencia en este caso a los laboratoristas, sino que involucra a quienes utilizan las máquinas y equipos. En el anexo “F. User_manual_ES_LP-101”., se realizan una serie de recomendaciones, descripciones y procedimientos tanto para intervenir el equipo para llevar a cabo actividades de mantenimiento, como para poner el mismo en marcha. Los instructivos, anexo “F. User_manual_ES_LP-101”., se mantienen como un manual de usuario invariable, mientras que los planes de mantenimiento se van rediseñando si se encuentra oportunidad de mejora en sus actividades, tiempos y elementos necesarios.

Los elementos requeridos para llevar a cabo la limpieza son: brocha o escobilla, estopa, caneca, y como elemento adicional, un compresor. Es importante recordar que la limpieza de los equipos que cuentan con lubricación visible, no se deben intervenir con elementos de aseo a base de agua, debido a que afecta los lubricantes existentes y con esto, causar deterioro de las piezas por su fricción y mal funcionamiento.

5. COSTOS DE MANTENIMIENTO

La ejecución del plan de mantenimiento preventivo tiene como fin, disminuir los gastos de acciones correctivas y los tiempos muertos de los equipos que quedan afectados ya sea por mala operación o por desgaste. Es por esto, que se realiza el análisis de costos que trae consigo ejecutar el plan de mantenimiento propuesto, cabe resaltar que estos costos no necesariamente superan los gastos actuales de acciones correctivas, por el contrario, se plantea de modo que los costos se tengan presentes desde la evaluación del plan de mantenimiento y no surjan esporádicamente tras la avería de algún equipo.

Los factores que intervienen en los costos de ejecución de un plan de mantenimiento son principalmente 3, los cuales son: mano de obra, herramientas y repuestos. Al tratarse de costos de ejecución del plan de mantenimiento, no se tienen en cuenta factores como: gasto energético del equipo, devaluación, así como tampoco gastos laborales fijos, debido a que según la duración estimada de la actividad y teniendo en cuenta quien realiza la acción de mantenimiento, se obtienen los costos a la duración total del plan de mantenimiento.

Se plantearán los costos anuales, debido a que es la temporalidad más alta de las actividades de mantenimiento, es decir, qué transcurrido 1 año, se completaría en su totalidad las actividades planteadas en el plan de mantenimiento y supondrá el gasto total para mantener el equipo en óptimas condiciones y con la disponibilidad deseada.

Posterior a esto, se demuestran los gastos mensualmente, involucrando gastos a futuro y sacando su relación mensual. Debido a que no se cuenta con la información de gastos de actividades correctivas a la fecha, no es posible evidenciar la ventaja de implementar este plan de mantenimiento, teniendo en cuenta que al tener un fin académico más no industrial, el tiempo en operación o la disponibilidad no se puede expresar en términos de ganancias económicas, pero sí en calidad y constancia del servicio prestado por parte de la Universidad Santo Tomás más específicamente en el Laboratorio 101 de mecanizado a su cuerpo estudiantil.

En el anexo "G. COSTOS_MANTENIMIENTO_LP-101." se encuentran los costos de mantenimiento por cada actividad realizada en los planes de mantenimiento por equipo, diferenciando de donde proviene el gasto.

A las variables y costos se les asignan las siguientes nomenclaturas:

Tabla 14. Nomenclatura costos de mantenimiento. Fuente: propia

Referencia	Nomenclatura
Costos de mantenimiento	C_T
Costos de mano de obra	C_M
Cantidad de horas de mantenimiento	t_m
Costo por hora de trabajo	t_t
Costos de herramientas	C_H
Costos de herramientas mecánicas	h_m
Costos de herramientas digitales	h_d
Costos de consumibles	h_c
Costos de repuestos	C_R

Por lo tanto, el valor total para los costos de mantenimiento será la suma de todos los costos de cada división, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$C_T = C_{mo} + C_H + C_R$$

En los siguientes 3 capítulos se explica cómo se obtienen los valores del total de gastos de mantenimiento para: mano de obra, herramientas y repuestos para cada equipo. En el anexo “G. COSTOS_MANTENIMIENTO_LP-101.” se encuentran estos costos por cada actividad del plan de mantenimiento. Seguida a la tabla de actividades de mantenimiento preventivo se encuentran divididos los costos por categoría en columnas, con una columna final correspondiente al valor total de la actividad como se evidencia en la tabla 13 a continuación.

Tabla 15. Costos de mantenimiento para las actividades

3. COSTOS DE MANTENIMIENTO [COP]						
Aseo	Lubricación	Herramientas	Insumos	Repuestos	Mano de obra	TOTAL
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Las actividades a las cuales se le realizará análisis de costos son todas las contempladas en los planes de mantenimiento de los equipos. Según correspondan estas actividades a la información encontrada en el anexo “D. PLANES_M_SUG-LP-101”, se evaluarán costos de mantenimiento: herramientas, insumos, repuestos y mano de obra.

Las siguientes actividades pertenecen a los siguientes equipos: Torno CHINO GH636 B/1000 / Torno PRECISION 1440 / Torno BLACK HAWK CQ6232 G1000G / Torno LUNAN TLC 340A / Torno BLACK & RED Purpose Machine 526

- Limpieza de viruta
- Inspección de ruidos y vibraciones anormales
- Inspección visual de la clavija y fugas de aceite o refrigerante
- Verificar el funcionamiento del botón de emergencia
- Verificar el estado de las palancas y volantes
- Verificar el funcionamiento del pedal de freno
- Verificar el funcionamiento de la lámpara
- Verificar el funcionamiento de la bomba de refrigerante
- Verificar la movilidad del modo automático de la torreta
- Verificar la movilidad del modo manual de la torreta
- Revisión de nivel del líquido refrigerante
- Verificar el funcionamiento de las palancas de selección de velocidades
- Verificar el correcto funcionamiento de las palancas de avance de roscado
- Verificar el sensor de seguridad de tapa trasera o husillo
- Verificar estado de elementos de sujeción de la torreta
- Revisión del nivel de aceite de partes móviles del contrapunto
- Verificar el apriete del husillo
- Revisión del nivel de lubricante de guías
- Revisión del nivel de lubricante de tornillos sin fin de transmisión de torreta
- Verificar funcionamiento de pulsadores e interruptores del panel principal
- Limpieza de filtro de aceite
- Limpieza de filtro de líquido refrigerante
- Verificar / Calibrar posición de buril
- Inspección del tren de engranajes
- Revisión del nivel de aceite del sistema de transmisión
- Revisión de velocidades de salida en el husillo
- Revisión de contactos y lubricación del motor
- Inspección de la bomba de refrigerante
- Inspección del circuito de retorno del refrigerante
- Ajuste de elementos de sujeción de la máquina
- Verificar óxido y estado estético del equipo
- Revisión de la caja de control y potencia
- Cambio de aceite / Lubricación de partes móviles del contrapunto
- Cambio de aceite / Lubricación de guías
- Cambio de aceite / Lubricación de tornillos sin fin de transmisión de torreta

- Cambio de aceite / Lubricación del sistema de transmisión
- Cambio de aceite / Lubricación del cabezal

Para la: Fresadora JL MACHINE XZ 3650Z y el Taladro fresador

- Limpieza de viruta
- Inspección de ruidos y vibraciones anormales
- Inspección visual de la clavija y fugas de aceite o refrigerante
- Verificar el funcionamiento del botón de emergencia
- Verificar el funcionamiento de la lámpara
- Verificar el funcionamiento de la bomba de refrigerante
- Verificar la movilidad del modo automático de la ménsula
- Verificar la movilidad del modo manual de la ménsula
- Verificar la movilidad del modo automático del carro transversal
- Verificar la movilidad del modo manual del carro transversal
- Verificar la movilidad del modo automático del carro longitudinal
- Verificar la movilidad del modo manual del carro longitudinal
- Verificar el estado de las mangueras de cableado
- Verificar el estado de los tornillos de sujeción de la prensa
- Verificar el estado de las palancas y volantes
- Revisar el estado de los accesorios de la máquina
- Verificar el estado del cabezal del husillo
- Verificar la movilidad del torpedo
- Revisión de nivel del líquido refrigerante
- Verificar el correcto funcionamiento de las palancas de selección de velocidades
- Verificar el correcto funcionamiento de las palancas de avance de roscado
- Verificar estado de elementos de sujeción de la mesa
- Revisión del nivel de lubricante de guías longitudinal
- Revisión del nivel de lubricación de las palancas de la mesa
- Revisión del nivel de lubricante del husillo
- Verificar funcionamiento de pulsadores e interruptores del panel principal
- Limpieza de filtro de aceite
- Limpieza de filtro de líquido refrigerante
- Verificar / Calibrar posición del torpedo
- Inspección del tren de engranajes
- Revisión del nivel de aceite del sistema de transmisión
- Revisión de velocidades de salida en el husillo
- Revisión de contactos y lubricación del motor
- Inspección de la bomba de refrigerante

- Inspección del circuito de retorno del refrigerante
- Ajuste de elementos de sujeción de la máquina
- Verificar óxido y estado estético del equipo
- Revisión de la caja de control y potencia
- Cambio de aceite / Lubricación del husillo y torpedo
- Cambio de aceite / Lubricación de guías carro longitudinal
- Cambio de aceite / Lubricación de guías carro transversal
- Cambio de aceite / Lubricación mecanismo de elevación de la ménsula
- Cambio de aceite / Lubricación del sistema de transmisión
- Cambio de aceite / Lubricación del cabezal

5.1 MANO DE OBRA

Cómo se evidencia en los planes de mantenimiento propuestos de los equipos, la tarea inicial y más frecuente corresponde al aseo del equipo el cual se lleva a cabo principalmente por el cuerpo estudiantil, haciendo referencia a los operarios.

Debido a que los laboratorios no tienen fines comerciales o industriales, no suponen un costo adicional como mano de obra todas aquellas actividades realizadas por los operarios, ya que implica un beneficio, debido a que se les asignan actividades de mantenimiento preventivo, las cuales contribuyen a la formación de los estudiantes.

5.1.1 Tiempo de mantenimiento

En el plan de mantenimiento preventivo, diligenciado en el formato sugerido anexo "D. PLANES_M_SUG-LP-101", se encuentran las actividades con su duración aproximada en minutos, sin embargo, para calcular los costos de mantenimiento se debe expresar en horas y posterior a esto, multiplicar por el costo / hora de trabajo del responsable de realizar la actividad de mantenimiento cómo se explica en la sección 4.3.

5.1.2 Costo por hora de trabajo

Las actividades están asignadas según la capacitación requerida para llevar a cabo el plan de mantenimiento. En la industria todas estas actividades se atribuyen a operarios que conforman costos fijos debido a que deben destinar tiempo de producción en llevar a cabo labores de mantenimiento, en este caso, estas actividades que pueden realizar el cuerpo estudiantil, no cuenta como un gasto, pues sólo de deberán tomar en cuenta los elementos de aseo necesarios en llevar estas actividades.

Así, la manera de calcular el costo de la mano de obra es determinando el costo por hora del operario y teniendo en cuenta el tiempo que lleve terminar el mantenimiento se sacarán estos costos, determinando que todas las actividades pueden ser realizadas por el personal de la universidad encargado de los equipos. Para calcular el costo / hora mensual del laboratorista se aplica la siguiente ecuación:

$$t_m = \frac{\text{Salario}}{\text{Horas trabajadas}}$$

El salario en este caso del laboratorista es un valor que es independiente al plan de mantenimiento, pero que es directamente proporcional al costo de mano de obra, por lo que se busca la mayor eficiencia en las actividades planteadas en el plan de mantenimiento y la máxima reducción de riesgo al operar el equipo para evitar accidentes que afecten la integridad del equipo y con ello, órdenes de trabajo que implican horas de más destinadas a mantenimiento y que posteriormente elevan el costo de dichas actividades.

$$C_M = t_m * t_t$$

Luego de tener el costo / hora del operario mensual, se procede a estimar en base a cada actividad, el costo del plan de mantenimiento elaborado, sumando posteriormente actividad por actividad.

5.2 HERRAMIENTAS MECÁNICAS, DIGITALES Y CONSUMIBLES

Para llevar a cabo la mayoría de las actividades de mantenimiento se deben tener las herramientas adecuadas para salvaguardar la integridad de quien lleve a cabo la tarea y para proteger las piezas que se deben intervenir. Intervienen herramientas manuales, como lo son, juego de llaves, destornilladores, entre otros. Las herramientas digitales requeridas son, el tacómetro digital y el multímetro. Todas las herramientas requeridas para llevar a cabo el mantenimiento se encuentran disponibles en la división de Laboratorios de la Sede Principal de la Universidad, por lo que no se requiere hacer una inversión inicial en la compra de estas herramientas, lo cual permite calcular costos de estas herramientas a partir del desgaste basado en el tiempo de vida útil. Por la parte de los consumibles se hace referencia a los elementos básicos de aseo utilizados en el laboratorio 101, los cuales son, escoba, escobilla y elementos de aseo en seco debido a que, por los aceites y lubricantes, no se deben emplear agentes de aseo que puedan afectar la composición de estos fluidos esenciales para el equipo.

$$C_H = h_m + h_d + h_c$$

A continuación, se detalla el proceso utilizado para obtener estos costos por herramientas y consumibles.

5.2.1 Costos por herramienta

Para calcular el costo de las herramientas utilizadas, se tienen en cuenta 3 factores, los cuales son: valor de compra, vida útil y total de pruebas a realizar durante su vida útil. Para calcular el costo de las herramientas digitales se realiza de la siguiente manera:

Primero se busca en el mercado el precio de la herramienta necesaria, aunque lo ideal es realizarlo en base al costo de la herramienta con la que cuenta la Universidad, no se tiene ese valor, por ende, se busca en el mercado. Posterior a esto se calcula el total de intervenciones de esta herramienta para llevar a cabo las actividades del plan de mantenimiento de todos los equipos durante la vida útil de la herramienta. Al tener todos los datos se aplica la siguiente ecuación para conocer el costo de la herramienta / hora:

$$h_d = h_m = \frac{\text{Valor herramienta [COP]}}{\frac{\text{cantidad pruebas}}{[\text{años}]} * \text{Duración actividad [h]} * \text{años de vida útil [años]}}$$

Con esto, obtenemos el costo / hora del uso de la herramienta utilizada, luego de esto, el paso final es multiplicar la duración de la actividad en horas para obtener el costo en COP.

5.2.2 Costos por insumos

Para calcular el costo de los insumos utilizados, se debe tener en cuenta la cantidad que se utiliza en promedio para cada actividad, el costo de este insumo, el volumen de la presentación que se adquiere, y en base a esto, se estima el costo por actividad.

Primero se busca en el mercado el precio del insumo necesario, posterior a esto se calcula el total de intervenciones y la cantidad necesaria de este insumo para llevar a cabo las actividades del plan de mantenimiento, por último, se evalúa el costo de la siguiente manera:

$$h_c = \frac{\text{Valor insumo [COP]}}{\text{cantidad o volumen del insumo [Unidad]}} * \text{cantidad necesaria [Unidad]}$$

Con esto, obtenemos el costo de cada insumo utilizado, luego de esto, se suman los insumos destinados para cada actividad, teniendo como resultado, el costo de insumos para el plan de mantenimiento en COP.

5.3 REPUESTOS

Para obtener el valor total del costo comprendido por repuestos necesarios para llevar a cabo el plan de mantenimiento, se cuentan todos los que se requieren hasta terminar por completo las actividades, es decir, se totaliza el valor al cabo de 1 año, que es la finalización del programa de mantenimiento. Ya que no se cuenta con un departamento de mantenimiento y todas las órdenes de compra de repuestos debe pasar por otro departamento, se sugiere tener el stock necesario con anticipación, para evitar paradas indefinidas del equipo. A medida que se emplee el plan de mantenimiento y se lleven los registros de órdenes de trabajo o accidentes del equipo, se ajustará el plan para cada equipo cada vez más de acuerdo con su recurrencia en la falla o ausencia de la misma, sin embargo, se mantienen las similitudes entre las piezas que presentan fallas o que requieren cambio frecuentemente.

$$C_r = \text{costo de cada repuesto [COP]}$$

6. CONCLUSIONES

Los formatos utilizados actualmente para llevar la hoja de vida de los equipos no permiten registrar con mayor profundidad los detalles en los sucesos de los mismos, generando así una pérdida de información que permita establecer frecuencias de fallos y sus causas. Gracias a los formatos sugeridos se pueden registrar las fallas de una manera más sistematizada y seccionada, además de los planes de mantenimiento los cuales indican pautas de salud y seguridad en el trabajo.

La mayor cantidad de novedades que presentan los equipos a modo de falla, son ocasionados por el manejo inadecuado por desconocimiento o desatención del personal que lo emplea, sin embargo, debido a los manuales de operario, se busca disminuir los accidentes a los equipos y ante todo salvaguardar la salud del operario.

Se realiza el levantamiento de las fichas técnicas de los equipos con el fin de tener control sobre la información requerida tanto por el cuerpo laboratorista como por el cuerpo estudiantil. La finalidad de implementar los planes de mantenimiento propuestos y sus formatos radica en disminuir hasta el valor mínimo, el número de accidentes y novedades diferentes al desgaste normal de las piezas del equipo. Adicional a esto, busca reducir al mínimo la cantidad de contratiempos que impidan poner el equipo a punto para su operación en base a las actividades de mantenimiento propuestas las cuales en base a los acontecimientos deben ser ajustadas para cada equipo y elevar la eficacia en tiempos, repuestos e insumos de mantenimiento para mantener la vida útil del equipo y su correcto funcionamiento.

Los costos de mantenimiento de los equipos, tal y como se observa en el anexo “G. COSTOS_MANTENIMIENTO_LP-101” tienen sus valores máximos en actividades anuales o que surgen de imprevistos como accidentes o novedades por mal manejo del equipo, más no por desgaste regular de las piezas, quiere decir, que la mejor manera de reducir los costos de mantenimiento es asegurar el debido uso de los equipos, lo cual sugiere el uso de los manuales “F. User_manual_ES_LP-101”.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguado, Quintero Nain (2012). Recuperado el 01 de 06 de 2021, de <https://www.gestiopolis.com/mantenimiento-preventivo-maquinas-herramientas/>
- Armin, Jabbarzadeh, Alimian. Mahyar Alimian, Mohammad Saidi-Mehrabad. (2018). A robust integrated production and preventive maintenance planning model for multi-state systems with uncertain demand and common cause failures. *Journal of Manufacturing Systems*, 263-277.
- Calle, J. (2020). *BSG Institute conocimiento para crecer*. Recuperado el 15 de 03 de 2020, de <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/que-es-mantenimiento-preventivo-1133>
- Departamento, Mantenimiento. U. N. (2016). *Macroproceso: Gestión de Laboratorios Proceso: Gestión de Laboratorios Procedimiento: Gestión de Mantenimiento de equipos de Laboratorio*. Colombia.
- Esmerio, G. (2019). *Casa Sauza*. Recuperado el 15 de 03 de 2020, de <https://www.casasauza.com/procesos-tequila-sauza/ventajas-mantenimiento-preventivo>
- Germán Urrea Quiroga, J. A. (2013). del aula a la realidad. la importancia de los laboratorios en la formación del ingeniero. Caso de estudio: Ingeniería aeronáutica – Universidad Pontificia Bolivariana. *World Engineering Education Forum*, 1-8.
- Gutierrez, D. (2015). *Gestión de mantenimiento*. Recuperado el 15 de 03 de 2020, de <https://sites.google.com/site/gestiondemantenimientojdgd/system/app/pages/recentChanges>
- José Antonio Martín Martínez (2019). *AEC*. Recuperado el 15 de 03 de 2020, de AEC: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>
- Lean, Manufacturing. (2017). *Lean Manufacturing 10*. Recuperado de <https://leanmanufacturing10.com/tpm-mantenimiento-productivo-total>
- López, Bryan Salazar. (2015). Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Lozano, Grethy del Rocio Quezada (2019). *Dialoguemos La academia en la comunidad* . Obtenido de <https://dialoguemos.ec/2019/04/que-importancia-tienen-los-laboratorios-en-la-educacion/>
- Mantenimiento, I. d. (2015). *Ingeniería del mantenimiento*. Recuperado el 15 de 03 de 2020, de <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/8-la-elaboracion-del-plan-de-mantenimiento>
- Montaña, Carlos Andres. (2016). *Fundamentos de mantenimiento industrial*. Pereira: UTP. Recuperado el 15 de 03 de 2020
- Rezaei, Malek, A. Siadat, J.-Y. Dantan, R. Tavakkoli-MoghaddamM. (2018). *An Approximation Approach for an Integrated Part Quality Inspection and Preventive Maintenance Planning in a Nonlinear Deteriorating Serial Multi-stage Manufacturing System*. Tehran: ELSEVIER.
- Sejzer, Raúl. (2019). *ctcalidad.blogspot.com*. Obtenido de <http://ctcalidad.blogspot.com/2019/01/kobetsu-kaizen-que-son-las-mejoras.html>

- Serenguet, Maria (2018). *DATADEC*. Obtenido de <https://www.datadec.es/blog/pasos-plan-mantenimiento-preventivo>
- Sparrow, Julio Oswaldo. (2017). Aumento de la disponibilidad mediante la implementación. *Aumento de la disponibilidad mediante la implementación*. Trujillo, Trujillo, Perú.
- Zamora, Juan Francisco. (2017). *Mantenimiento Planificado*. Obtenido de http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/4.3%20Objetivos%20y%20Caracter%20C3%ADsticas%20de%20TPM.pdf