



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS  
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
VERSIÓN 3**

Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento  
basado en la criticidad de los activos para el taller de  
mecánica industrial de la UE Técnico Salesiano

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Magíster en Gestión de Mantenimiento

Autor: Ing. Cristian Paúl Arias Reyes

Director: Ing. Gustavo Álvarez Coello

Cuenca – Ecuador

2020

# Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento basado en la criticidad de los activos para el taller de mecánica industrial de la UE Técnico Salesiano

Arias Reyes Cristian  
[cariasreyes@gmail.com](mailto:cariasreyes@gmail.com)

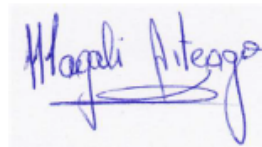
**Resumen** – Este trabajo propone un modelo de gestión de mantenimiento para el taller de mecánica de la UE Técnico Salesiano, teniendo en cuenta la criticidad de los activos. En un primer momento se realiza el análisis de la situación actual de la organización y del departamento de mantenimiento recalando la importancia de la alineación de los departamentos a los objetivos institucionales. El modelo está compuesto varias etapas las cuales deben aplicarse de manera progresiva de acuerdo con la situación actual del taller y futuras adquisiciones de maquinaria, también podrá aplicarse a los restantes talleres y laboratorios con los que cuenta la institución. Además, se presentan los formatos necesarios para la gestión de la información de manteniendo y se establecerán los KPI's para la mejora continua de la gestión.

**Índice de Términos** – modelo de gestión, criticidad de activos, mantenimiento

**Abstract** – This research proposes a maintenance management model for the mechanic workshop at “Unidad Educativa Técnico Salesiano”, by taking into account the asset criticality. At first, an analysis of the current situation of the organization and the maintenance department was carried out with special emphasis on the importance of aligning the departments with the institutional objectives. The model is made up of several stages which must be applied progressively according to the current situation of the workshop and future acquisitions of machinery. It can also be applied to the remaining workshops and laboratories that the institution has. In addition, the necessary formats for the management of the maintenance information are presented and the KPIs will be established for the continuous improvement of the management.

**Index Terms** — management model, asset criticality, maintenance

Translated by:




Cristian Arias Reyes

## I. INTRODUCCIÓN

El colegio “Técnico Salesiano”, hoy Unidad Educativa nace el 27 de febrero de 1936, inició como el instituto de artes y oficios “Cornelio Merchán”, hasta que por decreto N° 444, del 18 de abril de 1973, se pasa a llamar Instituto Fiscomisional Técnico Superior Salesiano [1]. La institución cuenta con el campus Carlos Crespi ubicado en la parroquia María Auxiliadora y el campus Yanuncay ubicado en la parroquia Don Bosco del cantón Cuenca provincia del Azuay. Actualmente oferta el bachillerato general unificado (BGU) técnico y en ciencias, su población estudiantil es alrededor de 4200 estudiantes y 280 colaboradores entre personal docente, administrativo y de servicios. El BGU técnico oferta las figuras profesionales de instalaciones equipos y máquinas eléctricas, mecanizado y construcciones metálicas, electromecánica automotriz, mecatrónica e informática y para la ejecución de la planificación curricular la institución cuenta con diversos laboratorios y talleres debidamente equipados con bancos de trabajo, maquinaria y herramientas. En la TABLA 1 se detallan las Secciones y los equipos existentes en el área de estudio del presente trabajo y el número de activos existentes a la fecha.

TABLA 1  
ACTIVOS DEL TALLER DE MECÁNICA INDUSTRIAL DE LA UE TÉCNICO SALESIANO

Secciones	Activos	Cantidad
Laboratorio de neumática	Banco neumático	4
	Banco electroneumático	5
Laboratorio de máquinas CNC	Centro de mecanizado vertical CNC	2
	Torno CNC	2
	Computadora	21
Taller de máquinas herramientas	Torno paralelo	16
	Fresadora vertical	5
	Fresadora universal	5
	Rectificadora cilíndrica	2
	Rectificadora plana	2
	Afiladora de herramientas	3
	Esmeril	5
Taller de ajuste mecánico	Taladro fresador	1
	Taladro de columna	1
	Taladro radial	1
	Banco de trabajo	12
Taller de soldadura	Taladros de columna	5
	Máquinas de soldar para SMAW	9
	Máquinas de soldar para GMAW	3
	Máquinas de soldar para GTAW	2
	Equipo de corte por plasma	1
Conformado de chapa metálica	Equipo oxiacetilénico	8
	Dobladora de tool	1
	Cizalla hidráulica	1
	Prensa hidráulica	2
	Roladora de tool	1
	Roladora de tubos	1
Pintura	Sierra alternativa	1
	Compresor	1
Oficina técnica	Computadora	1

Las secciones del área de estudio son utilizadas para desarrollar las prácticas de 10 módulos técnicos guiadas por 10 docentes con alrededor de 440 estudiantes de las figuras profesionales de mecanizado y construcciones metálicas, mecatrónica y electromecánica automotriz durante los 200 días laborables de un año lectivo, propuesto por el Ministerio de Educación del Ecuador.

Expuesto el contexto institucional es fundamental contar con un modelo de gestión de mantenimiento que permita una mejora continua de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de las máquinas existentes y como consecuencia garantizar la calidad del servicio y la seguridad de todos los actores involucrados en el proceso de enseñanza aprendizaje.

La moderna gestión de mantenimiento incluye todas las actividades de gestión orientadas a determinar los objetivos, estrategias y responsabilidades del mantenimiento [2].

La administración del mantenimiento industrial se define como un conjunto sistemático de técnicas y herramientas que, mediante coordinación de procesos y estructuras corporativas, busca la obtención de los objetivos estratégicos preestablecidos.

Las auditorías internas de gestión de mantenimiento permiten a los directivos de las organizaciones conocer la realidad actual y tener el sustento necesario para plantear planes de mejora en las no conformidades detectadas.

Realizar una auditoría de mantenimiento no es evaluar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajar, no es juzgarlo; es saber en qué estado se encuentra el departamento en un momento determinado, identificar los puntos de mejora y determinar planes de acción necesarios para optimizar los resultados [3].

La ingeniería de confiabilidad se distingue como el fundamento teórico en el cual conviven las metodologías y técnicas necesarias para optimizar el uso de los activos fijos. La confiabilidad operacional de cualquier sistema productivo y sus componentes está relacionada por la confiabilidad del proceso, confiabilidad de los equipos, confiabilidad humana y mantenimiento de los equipos.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo de trabajo multidisciplinario, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema productivo, que funciona bajo condiciones de operación definidas, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema [3].

Una de las herramientas de la confiabilidad es el análisis de criticidad mediante el cual podemos definir la jerarquía o prioridades de un proceso, sistema, equipos y/o, según el parámetro de criticidad que es proporcional al riesgo, generando una estructura que facilita la toma de decisiones y el direccionamiento de esfuerzos y recursos técnicos y económicos en áreas que generen mayor impacto en la organización [4].

La información obtenida del análisis de criticidad al área de estudio se utilizará para [3]:

- Priorizar órdenes de trabajo de producción y mantenimiento.

- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.
- Definir necesidades de mantenimiento basado en condición.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Los pasos para la aplicación del análisis de criticidad son:

- Identificación de los equipos a estudiar.
- Definición de alcance y objetivo de estudio.
- Seleccionar personal a entrevistar.
- Informar al personal sobre el área de estudio.
- Recolección y verificación de datos.
- Establecimiento de la lista jerarquizada de equipos.

En la implementación de indicadores de gestión se deben considerar los elementos asociados a cada indicador, para conseguir una apropiada retroalimentación, y presentar la información clara, precisa y oportuna, que al complementarse con otras herramientas de gestión contribuyan a analizar las causas y establecer los puntos de mejora, para sustentar eficazmente la toma de decisiones [3].

El presente trabajo propone un modelo de gestión basado en la criticidad de los activos para el taller de mecánica industrial de la UE Técnico Salesiano. La propuesta se basa en el desarrollo de las siguientes etapas:

1. Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento.
2. Análisis de criticidad.
3. Definición planes de mantenimiento.
4. Definición de indicadores para la gestión de mantenimiento .

El producto de la aplicación del modelo de gestión en el área de estudio permitirá a la institución establecer los objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento, identificación de equipos críticos, plan de mantenimiento, gestionar repuestos, estructura organizativa del departamento de mantenimiento, indicadores de desempeño y presupuestos.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La propuesta del modelo de gestión de mantenimiento a desarrollarse se aplicará al taller de mecánica industrial de la UE Técnico Salesiano, el cual actualmente cuenta con los activos descritos en la tabla 1, distribuidos en 7 áreas.

Existe un flujo de alrededor de 440 estudiantes por semana pertenecientes a las figuras profesionales de mecanizado y construcciones metálicas, electromecánica automotriz y mecatrónica que realizan las prácticas guiados por 10 docentes de la institución.

El horario de utilización del taller es de 40 horas semanales, cada uno de los cursos al momento de realizar las prácticas se dividen en tres grupos asignando una máquina por estudiante o

dependiendo de la disponibilidad de las máquinas hasta un máximo de dos estudiantes por máquina, considerando el riesgo en seguridad que esto implica.

Cada máquina cuenta con su estante de herramientas necesarias para la operación y herramientas para actividades de limpieza y lubricación al finalizar la jornada de trabajo. Las secciones cuentan con tableros de herramientas menores para intervenciones de mantenimiento correctivo cuando se presenta una falla.

Los estudiantes para poder utilizar las máquinas o bancos de trabajo deben portar con su equipo de protección personal y el proceso de trabajo de la práctica a desarrollar.

### A. Situación actual

En la etapa de diagnóstico se auditó al departamento de mantenimiento de la institución. Para la evaluación de los criterios de la auditoría se conformó un grupo de profesionales integrado por el jefe financiero de la comunidad salesiana que regenta la institución educativa, la coordinadora del departamento financiero, el coordinador del departamento de mantenimiento, un docente técnico de la figura profesional de mecanizado y construcciones metálicas y el técnico de mantenimiento eléctrico, personal que actualmente labora en la institución y está vinculado en el área de gestión financiera, docencia y el mantenimiento de las instalaciones.

La auditoría se realizó en el mes de octubre del 2019 mediante la cuantificación de un cuestionario de 97 preguntas propuesta por González [5] que diagnosticará la situación actual del departamento de mantenimiento, las preguntas están agrupadas en 12 áreas y se cuantificaron en una escala del 0 al 10, de acuerdo al grado de cumplimiento del criterio.

En la tabla 2 se presentan los valores de referencia del índice de conformidad propuesto por García [6] para un sistema de gestión de mantenimiento orientado a la excelencia.

TABLA 2  
VALORES DE REFERENCIA DEL ÍNDICE DE CONFORMIDAD

Índice de conformidad	Cualificación
< 40%	Sistema muy deficiente
40 - 60%	Aceptable pero mejorable
60 - 75 %	Buen sistema de mantenimiento
75 - 85%	El sistema de mantenimiento es muy bueno
> 85 %	El sistema de mantenimiento puede considerarse excelente

### B. Análisis de criticidad

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable [7].

Para la jerarquización de los activos se planteará una matriz de criticidad en función a la frecuencia y consecuencia de la falla.

La ecuación (1), será utilizada para valorar la criticidad [3].

$$\text{Criticidad (Cr)} = \text{Frecuencia} \times \text{consecuencia} \quad (1)$$

Donde:

La frecuencia está asociada al número de veces que falla un equipo, por pérdida de su función, en un periodo de un año y la consecuencia está asociada a:

- Impacto en la utilización del equipo
- Impacto en la seguridad y salud ocupacional
- Impacto al medio ambiente
- Impacto en imagen corporativa
- Costos de reparaciones o mantenimientos

Los valores para la calificación de la severidad del impacto en la utilización del equipo se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3  
IMPACTO EN LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO

Calificación	Criterio
10	> 90 %
7	70 % - 90 %
5	50 % - 70 %
3	25 % - 50 %
1	< 25 %

En la Tabla 4 se presentan los valores para la calificación de la severidad del impacto en la seguridad y salud ocupacional [8].

TABLA 4  
IMPACTO EN LA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Calificación	Criterio
10	Genera incapacidad permanente o la muerte, a una o más personas.
7	Afecta a más de cinco personas y puede generar incapacidad temporal o permanente.
5	Afecta de dos a cinco personas y puede generar incapacidad temporal.
3	Afecta a una persona y genera incapacidad temporal.
1	No afecta a personas y equipos

En la Tabla 5 se presentan los valores para la calificación de la severidad del impacto al medio ambiente [8].

TABLA 5  
IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE

Calificación	Criterio
10	Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en más de tres años o es irreversible. Su impacto social y ecológico es superior a los 50000 dólares
7	Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de tres años con un valor inferior a 50000 dólares
5	Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de seis meses con un valor inferior a 5000 dólares
3	Afecta al medio ambiente, pero se puede controlar
1	No afecta al medio ambiente

En la Tabla 6 se presenta la calificación de la severidad del impacto en imagen corporativa [8].

TABLA 6  
IMPACTO EN IMAGEN CORPORATIVA

Calificación	Criterio
10	Afecta la credibilidad de los clientes, pero se maneja con argumentos e inversión mayor de 10000 dólares. Puede ser irreversible
7	Afecta la credibilidad de los clientes, pero se maneja con argumentos e inversión entre 1000 y 10000 dólares
5	Afecta la credibilidad de los clientes, pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1000 dólares
3	Afecta la credibilidad de los clientes, pero se maneja con argumentos.
1	No es relevante

Los valores para la calificación del impacto en costos de mantenimiento se presentan en la Tabla 7.

TABLA 7  
IMPACTO EN COSTOS DE MANTENIMIENTO

Calificación	Criterio
10	mayor a \$ 5000
7	\$ 1001 - \$ 5000
5	\$ 501 - \$ 1000
3	\$ 101 - \$ 500
1	menor a \$ 100

Los valores para calificación de la frecuencia de fallas se presentan en la Tabla 8, el estándar se plantea en función del contexto operacional actual.

TABLA 8  
FRECUENCIA DE FALLAS

Calificación	Criterio
12	Frecuente - 1 falla en un mes
6	Ocasional - 1 falla en dos meses
4	Baja - 1 falla en tres meses
2	Muy baja - 1 falla en seis meses
1	Remota - 1 falla al año

La escala de valores de criticidad considerada para el presente estudio se presenta en la Tabla 9.

TABLA 9  
ESCALA DE CRITICIDAD

Criterio	Rango
ALTA (A)	Cr > 40
MEDIA (M)	30 < Cr ≤ 40
BAJA (B)	Cr ≤ 30

La matriz para la evaluación de la criticidad de los equipos se muestra en la Tabla 10.

TABLA 10  
MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD

FRECUENCIA	CONSECUENCIA				
	10	20	30	40	50
12	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	A
4	M	A	A	A	A
2	B	M	A	A	A
1	B	B	M	M	A

Los pasos a seguir para el análisis de criticidad son:

1. Identificar los equipos para el estudio.
2. Selección de un equipo de trabajo para la evaluación de los impactos.
3. Procesar información y calcular la criticidad.
4. Establecer lista jerarquizada de equipos.

### C. Planes de mantenimiento

Los planes de mantenimiento deben estar orientados a garantizar la máxima disponibilidad de los equipos al menor costo.

Para la elaboración del plan de mantenimiento se plantea la siguiente metodología:

- Identificación y etiquetado de equipos, mediante la generación de un código que permita ubicar al activo dentro de la institución.
- Definir actividades de mantenimiento como inspección, limpieza, renovación o cambio, estas actividades serán planteadas en función de la experiencia del personal de mantenimiento, recomendaciones del fabricante, recursos disponibles e importancia del equipo.
- Definir frecuencia para la ejecución de la actividad.
- Definir el grado de especialidad de la actividad.
- Establecer responsables de la ejecución de la actividad.
- Estimar tiempo para la ejecución de la actividad.
- Enlistar herramientas y repuestos que se emplean para la ejecución de la actividad de mantenimiento.

Para la ejecución del plan de mantenimiento el responsable del departamento elaborará los procedimientos en los cuales deben constar las normas y protocolos de seguridad que deberá cumplir el personal responsable de la actividad, antes durante y después de la ejecución de la actividad programada.

### D. Indicadores de gestión de mantenimiento

Los indicadores de gestión son señales que nos permiten monitorear la gestión y apoyan a la toma de decisiones para asegurar que las actividades se desarrollen correctamente. La evaluación de los resultados permite comparar los objetivos, metas y responsabilidades planteadas en el sistema de gestión.

Todo indicador debe contar con una fuente de información y una meta la cual debe ser referida a un periodo de tiempo específico.

La ficha metodológica para definir un indicador debe contener:

- Nombre y código del indicador
- Tipo
- Unidad de medida
- Objetivo
- Fórmula y frecuencia de cálculo
- Responsable
- Usuario de la información
- Fuentes de información

Los indicadores deben ser socializados con el personal de mantenimiento y el personal docente vinculado al área de estudio con el objetivo de obtener una fuente de información fiable para la evaluación del indicador.

La disponibilidad es la probabilidad de un equipo de estar en condiciones de funcionamiento en un periodo de tiempo determinado [8].

Para el cálculo de la disponibilidad se plantea la siguiente metodología:

1. Definir un periodo de tiempo para el análisis.
2. Sumar el número de fallas en el periodo establecido.
3. Sumar los tiempos de reparación de cada falla.
4. Calcular el tiempo medio entre fallas
5. Calcular el tiempo medio para reparación
6. Calcular la disponibilidad.

Para el cálculo de indicadores económicos se plantea la siguiente metodología:

1. Desagregar los costos asociados a mantenimiento por cada activo.
2. Desagregar los costos por tipos de mantenimiento.
3. Sumar los costos totales de mantenimiento.
4. Calcular el índice de reposición del activo, índice de costos de mantenimiento correctivo, preventivo y contratado.

## III. RESULTADOS

La auditoría interna, véase anexo 1, permitió identificar el estado actual de la gestión de mantenimiento que actualmente se ejecuta en la institución comparado con un sistema de gestión de mantenimiento orientado a la excelencia.

En la Fig. 1 se presenta el resumen de la auditoría por criterios de gestión obteniendo una valoración general del 28,32% y de acuerdo al criterio de evaluación planteado la gestión de mantenimiento es deficiente.

El principal punto crítico evidenciado es que la institución no cuenta con herramientas de apoyo que permitan enlazar la información técnica con el departamento financiero lo que impide llevar un control de costos de las actividades de mantenimiento. Adicionalmente se evidencia falencia en los métodos de trabajo tema referido a la planeación, programación, presupuesto de mantenimiento y gestión de repuestos.

Un aspecto importante que evidenció es que los estudiantes realizan actividades de automantenimiento como inspección de previa de funcionamiento de la máquina asignada y al finalizar la práctica realiza la limpieza y lubricación de las partes vitales de la máquina.

Para la definición de la estrategia de mantenimiento se debe considerar que los objetivos de mantenimiento estén alineados en términos de seguridad, disponibilidad, confiabilidad y

calidad del servicio que la institución brinda a sus estudiantes, mediante el uso de los activos existentes en el taller de mecánica industrial para el desarrollo de las prácticas durante su formación.

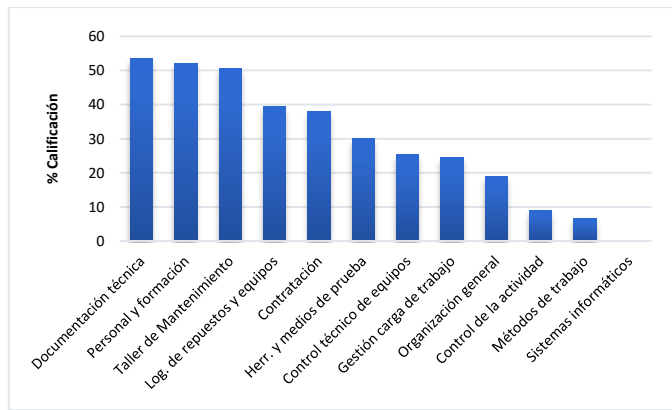


Fig. 1 Resumen de la auditoría

La lista jerarquizada de los equipos existentes en el en el taller de mecánica industrial de la UE Técnico Salesiano se presenta en la Tabla 11, bajo el siguiente esquema:

- Equipos críticos con grado de criticidad mayor a 40.
- Equipos de criticidad media con grado de criticidad que oscila entre 30 y 40.
- Equipos de menor criticidad con un grado de criticidad menor a 30.

Con la información obtenida del análisis de criticidad se plantea a la institución implementar un programa de mantenimiento preventivo para los equipos críticos y de criticidad media, véase ejemplo en anexo 3.

Por el grado de complejidad de los sistemas mecánicos de las máquinas existentes en el taller y a su año de fabricación se recomienda realizar un plan de capacitación y entrenamiento al personal de mantenimiento mecánico.

Para la ejecución de actividades de mantenimiento que demanden de un grado de especialidad elevado se recomienda subcontratar el servicio, esto implica que la institución debería elaborar una política de contratación de mantenimiento.

Los equipos de criticidad menor al no tener mayor grado de especialidad las actividades de mantenimiento se plantea realizar un mantenimiento correctivo diferido en función del horario de uso de las áreas donde se encuentran ubicados los equipos.

De acuerdo al contexto operacional del área de estudio se recomienda continuar con la ejecución de actividades automantenimiento como inspección, limpieza y lubricación realizada por los estudiantes y docentes usuarios de los equipos,

para lo cual se requiere documentar los procedimientos y que estén disponibles en cada puesto de trabajo.

TABLA 11  
LISTA JERARQUIZADA DE EQUIPOS DEL TALLER DE MECÁNICA INDUSTRIAL DE LA UE TÉCNICO SALESIANO

EQUIPO	Utilización del equipo	Seguridad y salud	Medio ambiente	Imagen corporativa	Costos de mantenimiento	Frecuencia de fallas	Criticidad
Centro de mecanizado vertical EMCO	5	3	1	5	10	2	48
Centro de mecanizado vertical SMTCL	5	3	1	5	10	2	48
Torno cnc EMCO	5	3	1	5	10	2	48
Torno cnc SMTCL	5	3	1	5	10	2	48
Compresor	10	5	1	3	5	2	48
Torno paralelo Meuser	10	5	1	3	3	2	44
Fresadora universal Milko	10	3	1	3	5	2	44
Torno paralelo Pinacho	10	3	1	3	3	2	40
Torno paralelo Kirloscar	7	5	1	3	3	2	38
Rectificadora plana Abba	5	5	1	3	5	2	38
Rectificadora plana Doall	5	5	1	3	5	2	38
Roladora de tubos	1	10	1	3	3	2	36
Fresadora vertical Saimp	7	3	1	3	3	2	34
Fresadora universal Saimp	7	3	1	3	3	2	34
Fresadora universal Union	7	3	1	3	3	2	34
Fresadora vertical Saimp	7	3	1	3	3	2	34
Fresadora vertical Holke	7	3	1	3	3	2	34
Fresadora vertical Kondia	7	3	1	3	3	2	34
Fresadora universal Jarbe	7	3	1	3	3	2	34
Fresadora universal HMT	7	3	1	3	3	2	34
Fresadora vertical Nantong	7	3	1	3	3	2	34
Taladro radial Donau	3	5	1	3	5	2	34
Rectificadora cilíndrica Ribbon	3	5	1	3	5	2	34
Rectificadora cilíndrica Rur 1000	3	5	1	3	5	2	34
Esmeril	7	5	1	3	1	2	34
Cizalla Haco	3	7	1	3	3	2	34
Torno paralelo Harrison	5	3	1	3	3	2	30
Taladro de columna Erlo	7	3	1	3	1	2	30
Roladora de tool	1	7	1	3	3	2	30
Equipo de corte por plasma	5	3	1	3	3	2	30
Máquina de soldar para GMAW	5	3	1	3	3	2	30
Máquina de soldar para GTAW	5	3	1	3	3	2	30
Torno paralelo Whiler	1	5	1	3	3	2	26
Fresadora horizontal	3	3	1	3	3	2	26
Sierra alternativa	3	5	1	3	1	2	26
Máquina de soldar para SMAW	5	3	1	3	1	2	26
Afiladora de fresas	1	3	1	3	3	2	22
Taladro fresador Ixion	7	5	1	3	3	1	19
Dobladora de tool	1	7	1	3	3	1	15
Banco electroneumático	5	1	1	3	5	1	15
Prensa hidráulica	1	5	1	3	3	1	13
Banco neumático	1	1	1	3	3	1	9

Para la gestión de mantenimiento de la maquinaria existente en el taller de mecánica industrial de la UE Técnico Salesiano se plantea al departamento de mantenimiento realizar la gestión documental de los activos con el objetivo de recabar información técnica de los activos existentes y futuras adquisiciones, la misma permitirá elaborar y actualizar los planes de mantenimiento.

Los documentos a gestionar el departamento de mantenimiento son:

- Planos de las instalaciones
- Zonificación y codificación de áreas de trabajo
- Codificación y ubicación de equipos por áreas de trabajo.
- Codificación e identificación de manuales de los equipos
- Ficha técnica del equipo
- Manual de uso del equipo
- Registro de horas de uso del equipo
- Historial del equipo
- Ficha de mantenimiento autónomo
- Planes de mantenimiento
- Procedimientos de actividades de mantenimiento

Con el objetivo de cumplir con estándares de calidad, la norma ISO 9001 presenta una guía para la codificación de documentos utilizada por las organizaciones, bajo esta normativa los documentos elaborados para la gestión del mantenimiento del taller de mecánica industrial de la UE Técnico Salesiano responden a la configuración presentada en la Tabla 12.

TABLA 12  
CODIFICACIÓN DE DOCUMENTOS

Código	Descripción	Ejemplo
FO	Tipo de documento	Formato
MA	Área involucrada	Mantenimiento
IA	Nombre del documento	Inventario de activos
TS	Nombre de la institución	Técnico salesiano

El detalle de los formatos elaborados y su codificación se presenta en la Tabla 13. Los formatos se encuentran disponibles en el anexo 2.

TABLA 13  
FORMATOS DE MANTENIMIENTO

Documento	Código
Formato de inventario de activos	FO-MA-IA-TS
Formato de ficha técnica del equipo	FO-MA-FT-TS
Formato historial del equipo	FO-MA-HE-TS
Formato orden de trabajo	FO-MA-OT-TS
Formato de mantenimiento autónomo	FO-MA-MA-TS
Formato de ficha de lubricación	FO-MA-FL-TS
Formato de ficha de inspección	FO-MA-FI-TS
Formato de manual de uso de la máquina	FO-MA-MU-TS
Formato de solicitud de trabajo de mantenimiento	FO-MA-ST-TS

El proceso de recopilación de información relacionada a las actividades de mantenimiento y sus activos permitirá a la institución contar con una base de datos necesaria para evaluar

los indicadores de gestión y definir metas orientadas por la visión, basados en la misión y los objetivos estratégicos de la institución.

Los indicadores propuestos para el sistema de gestión permitirán evaluar la disponibilidad de los equipos existentes en el área de estudio, adicionalmente se plantean indicadores financieros que permitan evaluar la inversión por mantenimiento de los activos y futuros proyectos de inversión.

Los indicadores técnicos propuestos para el sistema de gestión son:

- Tiempo medio entre fallas [8].

$$MTBF = \frac{\text{Horas de funcionamiento en un periodo dado}}{\text{Número total de fallas presentadas en el periodo dado}} \quad (2)$$

- Tiempo medio para reparación [8].

$$MTTR = \frac{\text{Suma de tiempos de reparación de fallas}}{\text{Número total de fallas}} \quad (3)$$

- Disponibilidad [8].

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

Los indicadores económicos propuestos para el sistema de gestión son:

- Índice de costo para reposición de un activo (IRCA) [9].

$$ICRA = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Valor de sustitución del activo}} \times 100 \quad (5)$$

- Índice de costo del mantenimiento contratado (ICMCT) [9].

$$ICMCT = \frac{\text{Costo total de contratación}}{\text{Costo total de mantenimiento}} \times 100 \quad (6)$$

- Índice de costo de mantenimiento correctivo (ICMC) [9].

$$ICMC = \frac{\text{Costo de mantenimiento correctivo}}{\text{Costo total de mantenimiento}} \times 100 \quad (7)$$

- Índice de costo de mantenimiento preventivo (ICMP) [9]

$$ICMP = \frac{\text{Costo de mantenimiento preventivo}}{\text{Costo total de mantenimiento}} \times 100 \quad (8)$$

#### IV. CONCLUSIONES

La auditoría interna realizada permitió evidenciar que en el área de estudio los usuarios de las máquinas realizan actividades de automantenimiento como inspección, limpieza y lubricación como producto del proceso formativo que reciben en la institución y también se ejecutan actividad de



mantenimiento netamente reactivas ya sea por el personal docente o bajo la figura de contratación del servicio. Se recomienda documentar los procedimientos realizados y que estén disponibles para los usuarios.

El análisis de criticidad aplicado a los equipos existentes permitió evaluar la afectación que generaría la ocurrencia de una falla durante la operación de un equipo, considerando que los equipos son utilizados para el proceso enseñanza-aprendizaje la evaluación de los impactos se realizó con un alto grado de exigencia.

Con base en el análisis de criticidad y el contexto operacional actual se estableció que para los equipos críticos y de criticidad media se implemente un plan de mantenimiento preventivo y a los equipos de criticidad menor se realice un mantenimiento correctivo diferido.

Se ha planteado la metodología para la elaboración del plan de mantenimiento y el tipo de documentación necesaria que debe administrar el departamento de mantenimiento.

La evaluación de los indicadores de gestión planteados sustentará la toma de decisiones institucionales para proyectos de renovación de maquinaria en función de los costos generados por mantenimiento y el ajuste de horas de prácticas en función de la disponibilidad de las máquinas.

El modelo de gestión de mantenimiento propuesto para el taller de mecánica industrial de la UE Técnico Salesiano está compuesto por:

- Identificación de los activos
- Análisis de criticidad
- Crear plan de mantenimiento
- Planeación y programación
- Gestión de repuestos
- Definir estructura organizativa
- Definir indicadores de gestión
- Definir presupuesto

Una vez implementado el modelo de gestión se recomienda realizar auditorías internas con una frecuencia de tres meses para evaluar el estado del sistema y plantear los planes de acción para la mejora.

A futuro se espera que el modelo de gestión propuesto sea implementado de manera global en la institución.

## AGRACEDIMIENTOS

Agradecer a Dios por el don de la vida y permitirme culminar esta meta personal y profesional.

A mis Padres, mi familia y de manera especial a la Arq. Marcela Espinoza, quienes me apoyaron y motivaron durante la etapa de estudios a Ellos dedico este trabajo.

Un agradecimiento especial al Ing. Gustavo Álvarez por su guía y dirección en el desarrollo del presente trabajo.

Agradezco a la Comunidad Salesiana de Yanuncay y a la Unidad Educativa Técnico Salesiano por su ayuda para la realización de mis estudios de cuarto nivel y a mis Amigos docentes del Área de Mecanizado y Construcciones por su

amistad y soporte técnico durante la ejecución del trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Unidad Educativa Técnico Salesiano. [En línea]. Disponible en: <http://uets.edu.ec/historia/>. [Accedido: 14 – octubre – 2019]
- [2] Terminología de mantenimiento, EN 13306:2001.
- [3] O. García, Gestión Moderna de Mantenimiento Industrial, Bogotá: Ediciones de la U, 2012.
- [4] P. Viveros, R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera y A. Crespo, «Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo,» *Ingeniare*, vol. 21, n° 1, pp. 125-138, 2013
- [5] F. González, Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión, Madrid: Fundación confemetal, 2010.
- GONZÁLEZ, F. Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión”. Segunda edición. España 2010.
- [6] S. García, Auditorías de mantenimiento, Madrid: Renovatec, 2009.
- [7] A. Creus, Fiabilidad y seguridad de procesos industriales, Barcelona: Marcombo, 2005.
- [8] A. Mora, Mantenimiento Planeación, ejecución y control, México: Alfaomega, 2009.
- [9] Mantenimiento. Indicadores claves de rendimiento del mantenimiento. EN 15341:2007.