

**Gestión de Activos en los Laboratorios de Docencia de la E3T: Propuesta Metodológica
Basada en las Normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002.**

Sergio David Suárez Cortés

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electricista.

Director:

Johann Farith Petit Suarez

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2023

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	8
1. Planteamiento del Problema	9
2. Justificación	11
3. Objetivos	13
3.1 Objetivo General	13
3.2 Objetivos Específicos.....	13
4. Marco Referencial.....	14
4.1 Antecedentes Investigativos.....	14
4.2 Marco Teórico.....	18
4.2.1 Aspectos generales y evolución de la gestión de activos.....	18
4.2.2 Familia de Normas ISO 55000	19
4.2.3 Gestión de Activos.....	21
5. Estudio de las normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002 con el fin de diseñar una metodología de gestión de activos aplicable a los laboratorios de docencia de la E3T.....	25
5.1 Normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002	26
5.1.1 Norma ISO 55000	26
5.1.1.1 Requisitos del modelo de gestión de activos en la norma ISO 55000.....	26
5.1.2 Norma ISO 55001	29

PROPUESTA BAJO LAS NORMAS NTC-ISO 55000, 55001 y 55002	3
5.1.3 Norma ISO 55002	32
6. Diseño de Metodología de Gestión de Activos Aplicable a los Laboratorios de Docencia de la E3T.....	34
6.2.1 Paso 1 - Evaluar la madurez, las carencias y las necesidades.....	39
6.2.2 Paso 2 - Formular el plan estratégico de gestión de activos	42
6.2.3 Paso 3 - Supervisión y evaluación	44
7. Implementación de la metodología propuesta mediante un caso base en uno de los laboratorios de la E3T.	45
7.1 Evaluación de la madurez, las carencias y las necesidades	45
7.2 Análisis de las estrategias	52
7.2.1 Cláusula 2.....	53
7.2.2 Cláusula 3.....	53
7.2.3 Cláusula 4.....	54
7.2.4 Cláusula 5.....	58
7.3 Estado de los activos del laboratorio de máquinas eléctricas	59
7.4 Supervisión y evaluación	64
8. Conclusiones	67
Referencias Bibliográficas	69
Apéndices.....	71

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Escala de madurez de la gestión de activos	38
Tabla 2. Evaluación general del nivel de madurez	41
Tabla 3. Resultados escala de madurez.....	50
Tabla 4. Estrategias de mejora para las subcláusulas 2.1-2.3	53
Tabla 5 Estrategias de mejora para las subcláusulas 3.1-3.2	54
Tabla 6 Estrategias de mejora para la subcláusula 4.1.....	55
Tabla 7 Estrategias de mejora de para las subcláusula 4.2	55
Tabla 8 Estrategias de mejora de para las subcláusula 4.3	56
Tabla 9 Estrategias de mejora de para las subcláusula 4.4	56
Tabla 10 Estrategias de mejora de para las subcláusula 4.5	57
Tabla 11 Estrategias de mejora para las subcláusula 4.6	57
Tabla 12 Estrategias de mejora de para las subcláusula 5.1-5.3	58
Tabla 13 Información sobre los activos	61

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Áreas con similitudes a la Gestión de Activos	20
Figura 2. Ciclo PHVA de la serie de normas ISO 55000	28
Figura 3. Madurez de gestión de activos corbata de moño.....	35
Figura 4. Resultados escala de madurez	50
Figura 5. Clasificación del estado de los activos del laboratorio.....	64

Resumen

Título: Gestión de activos en los laboratorios de docencia de la E3T: propuesta metodológica basada en las normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002*.

Autor: Sergio David Suárez Cortés**

Palabras Clave: Gestión, Activos, Subcláusula, Cláusula, Madurez.

Descripción:

Este trabajo de grado tiene como objetivo diseñar una metodología para la gestión de activos en los laboratorios de docencia de la E3T, inicialmente, se realizó un estudio de las normas relativas a la gestión de activos, las cuales corresponden a la NTC-ISO 55000,55001 y 55002, posteriormente se procedió a diseñar la metodología que indicara que camino seguir para el cumplimiento de las directrices de las normas. A continuación, se realizó la implementación en uno de los laboratorios de docencia de la E3T como caso base, la metodología indico unos pasos en los cuales se ve descrito la situación actual del laboratorio de docencia de la E3T con respecto a la gestión de activos, diseñando y aplicando una autoevaluación basada en los requisitos de la NTC-ISO 55000,55001 y 55002 para encontrar el valor de su escala de madurez (indicador de nivel de gestión de activos), posteriormente se desarrolló un plan estratégico con base en indicaciones de la norma logrando así estrategias de mejora, análisis de los activos y evaluación de los mismos, con el objetivo de obtener un soporte técnico con el cual se logre un avance en la gestión de activos del laboratorio de docencia de la E3T.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Johann Farith Petit Suarez, Doctor en Ingeniería Eléctrica.

Abstract

Title: Asset management in the teaching laboratories of the E3T: methodological proposal based on the NTC-ISO 55000, 55001 and 55002 standards*.

Author: Sergio David Suárez Cortés**

Key words: Management, Assets, Subclause, Clause, Maturity.

Description:

This undergraduate thesis aims to design a methodology for asset management in the teaching laboratories of E3T. Initially, a study was conducted on the standards related to asset management, which correspond to NTC-ISO 55000, 55001, and 55002. Subsequently, the methodology was designed to guide the compliance with the guidelines of these standards. Next, the methodology was implemented in one of the teaching laboratories of E3T as a baseline case. The methodology outlined a series of steps that described the current situation of the teaching laboratory regarding asset management. An self-assessment based on the requirements of NTC-ISO 55000, 55001, and 55002 was designed and implemented to determine the maturity level (an indicator of asset management level). Furthermore, a strategic plan was developed based on the standard's guidelines, allowing for improvement strategies, asset analysis, and evaluation. The objective was to obtain technical support that would advance the asset management of the teaching laboratory at E3T.

* Degree Work.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Johann Farith Petit Suarez, Doctor en Ingeniería Eléctrica.

Introducción

La gestión de activos en el contexto de la ingeniería es un campo interdisciplinar emergente que combina y optimiza las cuestiones técnicas de fiabilidad, mantenimiento, seguridad y rendimiento de los activos con las habilidades financieras y de gestión necesarias, el propósito es lograr resultados empresariales sostenibles y una ventaja competitiva mediante la aplicación de procesos integrales, sistemáticos y basados en el riesgo para el pensamiento crítico y las decisiones de análisis de causa raíz en relación con los activos físicos de una organización.

En este trabajo se describirá cómo se puede aplicar una metodología basada en la NTC-ISO 55000,55001 y 55002 en un laboratorio de docencia E3T de la Universidad Industrial de Santander, desarrollando una fase de evaluación con el objetivo de implementar una propuesta de estrategias para la optimización del uso del laboratorio mediante su gestión de activos.

1. Planteamiento del Problema

Una de las unidades que desempeñan un papel importante en una universidad es el laboratorio, este es un recurso de apoyo a los procesos de aprendizaje de naturaleza práctica, las cuales corresponden a actividades, métodos y procedimientos que son llevadas a cabo mediante el uso de un dispositivo didáctico como herramienta formativa, de modo que los estudiantes puedan comprender razonadamente cómo aplicar los conceptos teóricos adquiridos en el proceso de construcción del conocimiento.

Sin embargo, con el paso de los años, los instrumentos de laboratorios y su infraestructura suele presentar deterioro, la cual requiere mantenimiento y reparaciones, este no es sencillo, ya que es necesario regular y supervisar los dispositivos utilizados en las actividades de medida y experimentación que se llevan a cabo en la universidad, con el fin de satisfacer las labores propias de la enseñanza, por otra parte los aparatos que se utilizan en un laboratorio varían entre sí, según el tipo de práctica que se realice, el número de dispositivos debe cumplir con todas las tareas que se llevan a cabo y la capacidad según la cantidad de estudiantes que realicen las prácticas, estos dispositivos deben ser gestionados adecuadamente para que puedan ser utilizados en las actividades del laboratorio.

No obstante, en los laboratorios, independientemente de su tamaño, es común que en su gestión se carezca de los recursos internos y de la experiencia necesaria para manejar adecuadamente sus activos de forma que puedan ofrecer un nivel de eficiencia y rentabilidad, es en este aspecto donde la gestión de activos tiene un papel importante, y donde se aplican las normas ISO 55000, 55001 y 55002.

Los laboratorios de docencia de la E3T, como los de Comunicaciones, de Control e Instrumentación, de Electrónica, de Sistemas Digitales, de Formación Básica, Máquinas Eléctricas, de alta Tensión, URE y Energías Renovables, entre otros, forman parte de los laboratorios de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones -E3T- de la Universidad Industrial de Santander, tienen actualmente diversos retos en cuanto a la gestión de los activos, ya que hay que mantener muchos dispositivos, estos están compuestos por hardware, software, equipos de alta tecnología, herramientas básicas como radios y osciloscopios, sensores, y muchos otros dispositivos de apoyo.

De acuerdo a lo anterior, una metodología basada en las Normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002 puede aplicarse para los activos, el mantenimiento y la reparación de los mismos, el cálculo de la depreciación de estos y la reasignación de los mismos entre las divisiones de los laboratorios de la Universidad, de acuerdo a lo expuesto se propone una investigación que tiene como propósito desarrollar una metodología basada en las normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002 para la gestión de activos en los laboratorios de docencia de la E3T, y aplicarla a un laboratorio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, en un caso base en uno de los laboratorios de la E3T.

2. Justificación

Actualmente, la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones tiene una infraestructura física y tecnológica que requiere una gestión para el uso adecuado de los recursos asociados a la misma, el mantenimiento de esta y la mejor continua, con este trabajo de grado se busca implementar un modelo de gestión para los laboratorios de docencia de la E3T que contribuya a resolver las necesidades y que esté fundamentada en la normatividad relacionada con la gestión de activos, que para el caso colombiano corresponde a la norma NTC-ISO 55000, 55001 y 55002.

El conjunto de normas mencionadas se enfoca en los activos físicos y en la actividad coordinada de una organización para generar valor a partir de sus activos, la guía NTC-ISO 55000 se define como la normativa general, contiene los aspectos generales, principios y terminología del sistema de gestión de activos, el proceso de implementación de un sistema de gestión de activos puede requerir un esfuerzo significativo de tiempo y gastos; sin embargo, no es necesario tener el sistema completamente en operación para comenzar a obtener beneficios, estos se verán reflejados de manera rápida en algunos aspectos como la reducción de riesgos, la identificación de oportunidades y la mejora de procesos, con lo cual el desarrollo del sistema se verá favorecido y dará un mayor apoyo a las partes interesadas aun cuando el sistema no esté completamente en operación.

La norma NTC-ISO 55001 es específica para mejorar, mantener, implementar y establecer el sistema de gestión para la gestión de activos, llamado sistema de gestión de activos. Toda organización puede utilizar esta norma y en principio está destinada para que la usen aquellos involucrados en desarrollar actividades de gestión de activos y prestadores de servicios; las partes

internas y externas que evalúan la capacidad de la organización para cumplir con requisitos legales, regulatorios y contractuales de la organización, la capacidad para tomar decisiones basadas en información de manera rápida, rigurosa y con la evaluación de desempeño adecuada es el punto central de la gestión de activos, por su parte los criterios de la toma de decisiones según los objetivos y políticas de su organización aseguran que las decisiones sean coherentes y transparentes, en este propósito la NTC-ISO 55002 explica cómo desarrollar un marco sólido para la toma de decisiones, incluyendo el proceso, los criterios y los aspectos de la gobernanza.

Además, destaca algunas de las mejores prácticas en la toma de decisiones, tales como el uso de escenarios, opciones múltiples y la incorporación de los impactos del ciclo de vida, la NTC-ISO 55002 explicita que cualquier organización puede compartir los beneficios en eficiencia y eficacia a partir de la adopción de un sistema de gestión de activos, esta serie de normas es utilizada en mayor grado por grandes organizaciones, pero también la pueden utilizar las pequeñas y medianas empresas, ya sean públicas o privadas y para todo tipo de activos y medios operativos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología basada en las normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002 para la gestión de activos en los laboratorios de docencia de la E3T, y aplicarla a un laboratorio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.

3.2 Objetivos Específicos

Estudiar las normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002 con el fin de diseñar una metodología de gestión de activos aplicable a los laboratorios de docencia de la E3T.

Implementar la metodología propuesta mediante un caso base en uno de los laboratorios de la E3T.

Analizar los resultados obtenidos en el campo de aplicación.

4. Marco Referencial

4.1 Antecedentes Investigativos

Recientemente, la investigación sobre la gestión estratégica de activos ha despertado un gran interés tanto en el mundo académico como en el industrial, aunque la mayoría de los estudios existentes se dedican a aspectos generales y no estratégicos de la gestión de activos, esta no es una novedad para un amplio abanico de industrias que hacen un uso intensivo de los activos (aviación, ingeniería civil, infraestructuras públicas, etc.), ya que se remonta a los años 60 y originalmente era un enfoque para maximizar el valor de su portafolio de activos a lo largo de su ciclo de vida, también conocido como terotecnología¹.

Sin embargo, en general la gestión de activos físicos no implicaba una formación especial ni conocimientos profesionales y se fueron desarrollando diversos enfoques, como el mantenimiento, la logística, etc., este planteamiento no abordaba las crecientes presiones del entorno externo ni las reivindicaciones de las distintas partes interesadas, la necesidad de la gestión de activos como disciplina reconocida surgió debido a la creciente complejidad de la naturaleza técnica en una amplia gama de industrias, organizaciones e instituciones educativas, como resultado, la gestión de activos fue ampliamente aceptada en las industrias intensivas en capital y en las organizaciones de infraestructuras.

Desde un contexto académico, varios autores han abordado la gestión de activos desarrollando diversas investigaciones en áreas como la ingeniería, tal es el caso de Ramírez (2013), quien menciona que los laboratorios de la E3T de la Universidad Industrial de Santander han desarrollado varias iniciativas en lo que respecta a la actualización y modernización

¹ Terotecnología: estudio y gestión de la vida de un activo, desde su construcción, instalación y puesta en marcha en una industria, hasta el final de su vida útil (Guillermo Díaz Povedano, s.f.)

tecnológica de los laboratorios, en las cuales se incluyen: la dotación de los equipos de cómputo para analizar sistemas y simuladores; dotación de equipos para el laboratorio de ingeniería electrónica e ingeniería eléctrica; la dotación y adecuación de los equipos de cómputo para la maestría del área de electrónica y eléctrica; y actualización tecnológica tanto de los sistemas de electrónica II, como de los sistemas digitales.

En línea con Ramírez (2013), los proyectos de modernización y actualización de los laboratorios de la E3T se enfocaron primordialmente en garantizar la disponibilidad de los equipos dado el gran número de estudiantes que se matriculan cada semestre en las asignaturas, asimismo, es ineludible que la E3T cuente con laboratorios completamente dotados y apropiados tanto para los programas de pregrado como para los de postgrado, partiendo de las necesidades de los estudiantes según el proyecto educativo, las tendencias de investigación, el perfil de los egresados y el desarrollo tecnológico en los programas de formación académica.

Por su parte, Pereira (2014), menciona que, para gestionar los activos en las organizaciones privadas, públicas, educativas entre otros, existen diversas formas, en las que se hace necesario contar con la disponibilidad de equipos y herramientas computacionales tales como: el aseguramiento metrológico y la información técnica de los equipos. En lo que respecta con las herramientas computacionales, éstas son de uso de quienes interactúan con equipos robustos y que permitirá la toma de decisiones que estén relacionados con el uso de dichos equipos, así como el mantenimiento, uso e incluso la reposición de alguno de ellos, partiendo de las directrices establecidas en las normas internacionales enfocadas directamente con la gestión de activos. Es importante el uso de metodologías que permitan a los investigadores optimizar y aprovechar el uso de los activos que hacen parte de los laboratorios y los diversos temas de investigaciones que se allí se manejen con la finalidad de que se llegue al pleno cumplimiento de los objetivos planteados

desde el inicio de cada proyecto. En este propósito es imperativo realizar un diagnóstico inicial del estado actual de la gestión de activos de los equipos que se utilizan para los fines planteados (Pereira, 2014).

Por otro lado, Morgado (2022), desarrolló un análisis de modelos de gestión de activos para un parque de transformadores en el Laboratorio Nacional de Redes Inteligentes (LAB+i) (“Desarrollo de una técnica de Gestión de Activos para Transformadores de Distribución basadas en sistemas de monitoreo”) ubicado en el Campus Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia, menciona que, en los sistemas de energía, los transformadores desempeñan un papel clave en los procesos asociados a la transmisión y distribución de la electricidad en todo el mundo, por lo tanto, la monitorización del ciclo de vida se ha convertido en un importante tema de estudio en el marco de la gestión de activos debido al uso de estos sistemas para diagnosticar el rendimiento de la fiabilidad y la seguridad de la red.

Como resultado, se menciona que se han desarrollado varios tipos de investigación sobre la gestión de activos en los sistemas de energía, que abarcan desde las normas ISO 55000 hasta la incorporación de mediciones en tiempo real y el diagnóstico de los activos del sistema de energía. Además, la modelización del ciclo de vida de los transformadores está mejorando a medida que hay más disponibilidad de datos y se reconocen sus impactos económicos, al mismo tiempo, gracias a los avances en Inteligencia Artificial, Redes Neuronales y modelos probabilísticos, se han desarrollado sistemas con un alto grado de fiabilidad, además de una disponibilidad limitada de datos.

Morgado (2022), identificó que, una vez se clasificaron un conjunto de 12 modelos de gestión de activos relacionados con la monitorización de transformadores de potencia y, posteriormente, la aplicación de tres de ellos en tres subestaciones del Laboratorio Nacional de

Redes Inteligentes (LAB+i), existe la necesidad de desarrollar un modelo de Gestión de Activos que utilice mediciones no invasivas en tiempo real para el monitoreo continuo de los sistemas de energía y el diagnóstico.

Partiendo de lo anterior, se ha venido desarrollando un cuerpo considerable de conocimientos y la orientación está cambiando gradualmente hacia enfoques estratégicos, holísticos y sistemáticos centrados en la mejora continua, basados en la bibliografía existente y en la serie de normas ISO 55000, 55001 y 55002.

Tradicionalmente, los investigadores se refieren a las estrategias de gestión de activos siguiendo su propia percepción de lo que es una estrategia o interpretaciones de casos específicos (relevantes para organizaciones o industrias concretas), mientras que sus conclusiones no van más allá de estos casos particulares, por lo que es difícil relacionarlas con otros estudios en el campo de la gestión estratégica de activos, en general, estos estudios contribuyen al desarrollo del cuerpo de investigación y a una mejor comprensión del problema, sin embargo, dado que se basan en diversos fundamentos y enfoques teóricos, hay poca coherencia teórica y metodológica para comprender los resultados actuales y, lo que es más importante, para diseñar futuros estudios dedicados a la gestión estratégica de activos, es decir, el número de estudios sobre la gestión estratégica de activos es cada vez mayor; sin embargo, el hecho de que los estudios sean tan diferentes y específicos para cada caso dificulta a los profesionales la aplicación de las estrategias sugeridas, el progreso en el desarrollo del tema se ve obstaculizado por el carácter descriptivo de los casos; por lo tanto, es necesario analizar en profundidad la naturaleza de la investigación existente.

4.2 Marco Teórico

El conjunto de normas ISO 55000 para la gestión de activos tiene como objetivo apoyar una gestión orientada a obtener valor de los activos. Otros marcos han ayudado a definir y mejorar las políticas empresariales y los procedimientos de trabajo para la operación y el mantenimiento de los activos durante todo su ciclo de vida. En este trabajo, se relaciona un modelo de gestión de activos con la publicación de la ISO 55000. Por lo tanto, se justifica que una implementación adecuada del modelo de gestión de activos cumple con los requisitos establecidos por la Norma ISO 55000. Esto, a su vez, mejora la toma de decisiones, reduce los costos, mejora la calidad de las operaciones y aumenta la satisfacción de los usuarios.

4.2.1 Aspectos generales y evolución de la gestión de activos

Los esfuerzos de las organizaciones por mejorar el rendimiento de sus activos van más allá del desarrollo de sistemas para la gestión del mantenimiento y la fiabilidad, se trata también de optimizar diferentes aspectos que tienen que ver con el ciclo de vida de los activos, sin embargo, la visión que incorpora el proceso de gestión de activos durante su ciclo de vida es sumamente beneficiosa para optimizar el mantenimiento de los activos, las actividades de prevención y corrección de fallos para la mejora de la seguridad de funcionamiento de los equipos están muy influenciadas por una gestión vinculada al diseño, construcción, montaje, operación, mantenimiento y sustitución de los equipos.

La gestión de activos de los laboratorios de docencia de la E3T de la Universidad Industrial de Santander reúne conceptos y técnicas de diferentes campos, como las finanzas, la ingeniería, la tecnología, las operaciones, etc.; y se centra en la toma de decisiones a lo largo de todo el ciclo de vida de los activos físicos, optimizando aspectos de diferente naturaleza en cada ocasión, pero con una visión integradora a lo largo del ciclo de vida.

4.2.2 Familia de Normas ISO 55000

La familia de normas ISO 55000 se divide en tres normas, ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002, todas ellas relacionadas con el sistema de gestión de activos. Las tres normas deben utilizarse en combinación, por lo que la ISO 55001 especifica los requisitos para un sistema de gestión de activos, mientras que las otras normas detallan los requisitos técnicos específicos del sector, de los activos o de las actividades, o dan orientación sobre cómo debe interpretarse y aplicarse la ISO 55001 en un sector específico o a un tipo de activos concreto.

Esta norma internacional está destinada principalmente a ser utilizada por:

- Aquellos que están considerando cómo mejorar la obtención de valor para su organización a partir de su base de activos;
- Aquellos que participan en el establecimiento, la implementación, el mantenimiento y la mejora de un sistema de gestión de activos;
- Aquellos que participan en la planificación, diseño, implementación y revisión de las actividades de gestión de activos con los proveedores de servicios.

La adopción de las normas de la familia ISO 55000 permite a una organización conseguir sus objetivos mediante la gestión eficaz y eficiente de sus activos, la aplicación de un sistema de gestión de activos proporciona la garantía de que esos objetivos pueden ser alcanzados de forma consistente y sostenible en el tiempo (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2015).

Un sistema de gestión de activos es utilizado por la organización para dirigir, coordinar y controlar las actividades de gestión de activos, proporciona un mejor control de los riesgos y da la seguridad de que los objetivos de la gestión de activos se alcanzarán de forma coherente. Sin embargo, no todas las actividades de gestión de activos pueden formalizarse a través de un sistema

de gestión de activos, por ejemplo, aspectos como el liderazgo, la cultura, la motivación, el comportamiento, que pueden tener una influencia significativa en la consecución de los objetivos de la gestión de activos, pueden ser gestionados por la organización utilizando acuerdos fuera del sistema de gestión de activos (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2015). En algunas ocasiones se suele confundir la gestión de activos con otras áreas de conocimientos, a continuación, se presentan las definiciones de algunas áreas con cierta similitud, ver la figura 1.

Figura 1.

Áreas con similitudes a la Gestión de Activos



La gestión de activos implica dejar de tratar a cada departamento o área como algo individual, sino a la organización como un todo; de esta forma, vemos que cualquier incidencia

afectará a la organización de forma global. La comunicación será mejorada y se tomarán decisiones claras en conocimiento de los demás departamentos de la organización; todos están involucrados y dispuestos a dar *feedback* sobre los resultados que se obtuvieron a través de los cambios que se produjeron.

4.2.3 Gestión de Activos.

La gestión de activos se define generalmente como las actividades asociadas a la identificación de los activos necesarios y sus necesidades financieras, la mercancia de activos, el mantenimiento y la cadena de suministro y la eliminación o renovación de estos activos específicos, el Consejo de Gestión de Activos de Australia (Asset Management Council in Australia, por sus siglas en inglés, 1999), definió la gestión de activos como la gestión del ciclo de vida de los activos físicos con el fin de lograr determinados resultados y objetivos en una empresa. La gestión de activos también se define como las prácticas coordinadas en las que cualquier organización puede gestionar eficazmente el nivel de sostenibilidad de sus activos y su rendimiento, riesgos y gastos asociados a lo largo de sus ciclos de vida para lograr los planes y objetivos de la organización, tal y como se recoge en la PAS 55, una especificación de acceso público sobre la gestión de activos publicada por el Instituto Británico de Normalización (The Institute of Asset Management, 2015).

El principal objetivo de la gestión de activos es permitir que una organización cumpla sus objetivos de forma eficiente y eficaz. La gestión eficaz de los activos puede lograrse asegurando que todo el potencial de servicio de los activos se utiliza y se mantiene adecuadamente. En contraste con esto, la gestión eficaz de los activos debe buscar siempre la actualización y la mejora continuas de la utilización, el rendimiento y la viabilidad de los activos a corto y largo plazo.

Además, puede decirse que la gestión de los activos en una organización se centra principalmente, en la consecución de los objetivos de la organización con el menor coste posible del ciclo de vida.

En concordancia, la definición de Gestión de Activos es actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización gestiona de forma óptima sus activos, y su rendimiento, riesgos y gastos asociados a lo largo de su ciclo de vida con el fin de lograr su plan estratégico organizativo (PAS 55, 2004). El énfasis de la Gestión de Activos está claramente en los resultados empresariales sostenibles, la gestión de riesgos y el valor, la Gestión de Activos se ocupa de los activos a lo largo de su ciclo de vida. Este es el intervalo de tiempo que comienza con la identificación de la necesidad de un activo físico, pasando por la definición de los requisitos, los procesos de adquisición e implementación del sistema, la gestión de la operación y el mantenimiento en servicio, y el desmantelamiento y la eliminación del activo. Todo el proceso implica una amplia gama de disciplinas y requiere una serie de herramientas y competencias técnicas y de gestión.

Las empresas que poseen y explotan activos físicos confían en lo que comúnmente llamamos el equipo o departamento de “mantenimiento” para mantener el activo o los activos y garantizar que puedan cumplir la función deseada, el proceso de "hacer" mantenimiento ha cambiado notablemente en los últimos años debido a influencias que incluyen, entre otras, el diseño de los equipos, la informatización, la electrónica y la comunicación, la presión de los costes y la aceptación social del riesgo y los fallos, como el mantenimiento representa un porcentaje importante de los costes de explotación (Tan, 1997; Tomlison, 2005).

Por su parte, según Hastings (2014), una buena gestión de activos proporciona los siguientes beneficios, que permiten a una organización ofrecer de forma eficaz y eficiente la

capacidad empresarial, y alcanzar sus objetivos en lo que respecta a la rentabilidad y la prestación de servicios (Hastings, 2014):

- Un enfoque sistemático de las decisiones basadas en los activos; de modo que los requisitos, la adquisición y la eliminación de los activos coincidan con los objetivos de la empresa;

- Un apoyo logístico adecuado a lo largo del ciclo de vida de los activos, creando mejoras en el rendimiento de estos

- Un proceso interno eficaz para la gestión de los activos;

- Beneficios en el cumplimiento de los objetivos empresariales y normativos, incluyendo:

- * Objetivos operativos;

- * Objetivos financieros;

- * La normativa medioambiental

- * Normas de salud y seguridad;

- * Requisitos de seguros;

- * La gestión de riesgos.

- Un marco sistemático para la formación y el desarrollo del personal, en la comprensión y la gestión del portafolio de activos;

- La serie de normas ISO 55000 proporciona un marco general para la gestión de los activos físicos. La adopción de la ISO 55000 puede proporcionar:

- * Una visión y comprensión estructurada de la gestión de activos;

- * Relaciones eficaces entre la alta dirección, la gestión de activos, las operaciones y el mantenimiento

- * Mejoras en el rendimiento financiero de los activos;

- * Decisiones bien informadas sobre la gestión de activos;

- * Beneficios en materia de seguros, salud y seguridad, normativa y gestión de riesgos;
- * Reconocimiento/mercadeo de la empresa;
- * Mejoras en la formación y el desarrollo.

Por lo tanto, para entender mejor la Gestión de Activos, hay algunos puntos que deben considerarse principios fundamentales tal como se definen en la norma ISO 55000, a saber:

- Valor: los activos existen para proporcionar valor a la organización y a sus partes interesadas. Por lo tanto, es importante comprender el valor y cómo su activo contribuye al valor;

- Alineación: la gestión de activos traduce los objetivos de la organización en decisiones, planes y actividades técnicas y financieras, requiere una línea de visión desde los objetivos de la organización hasta los planes y medidas tácticas;

- Liderazgo: el liderazgo y la cultura del lugar de trabajo son determinantes para la realización del valor. La gestión de activos requiere que la dirección tome la iniciativa y demuestre su compromiso;

- Garantía: la gestión de activos garantiza que los activos cumplirán su función. Esto requiere que la organización mida el progreso y el rendimiento con disciplina y propósito, y normalmente incluye el establecimiento de medidas de rendimiento y la realización de revisiones y auditorías periódicas.

5. Estudio de las normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002 con el fin de diseñar una metodología de gestión de activos aplicable a los laboratorios de docencia de la E3T.

La estandarización y/o acreditación puede considerarse un proceso para aplicar las mejores prácticas genéricas en las organizaciones. Junto con otros beneficios, las diferentes normas tienen como objetivo general mejorar las políticas empresariales reduciendo los riesgos e incertidumbres en los procedimientos de trabajo (Crespo et al, 2018). Entre las normas, la ISO 55001 proporciona una serie de requisitos que buscan la mejora de la toma de decisiones en la gestión de activos, la reducción de costes, la mejora de la calidad de las operaciones, así como el aumento de la rentabilidad del negocio y la satisfacción de los usuarios entre otras ventajas.

Por lo general, la implementación de un sistema de gestión basado en la norma ISO 55000 se refiere a los activos físicos industriales. Es decir, máquinas, equipos de prueba, dispositivos de laboratorio; todos aquellos elementos necesarios para el proceso de producción. Obviamente, el valor realizado por el activo dependerá de la organización y puede cambiar a lo largo de su vida útil. El concepto de valor no se refiere únicamente al valor desde el punto de vista económico. Hoy en día, las empresas responsables extienden, además de modelos de gestión del mantenimiento eficaces y conocidos (Crespo 2006).

La serie ISO 55000 consta de tres segmentos, a saber, ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002, cuyo objetivo es proporcionar un marco normalizado para un sistema de gestión de activos, cuya combinación de actividades de gestión, financieras, económicas y de ingeniería se ha reconocido por su eficacia desde una visión universal. En términos más sencillos, la norma ISO 55000 contiene la visión general, los principios y la terminología de la norma (incluye las declaraciones de “debería”), mientras que la 55001 contiene los requisitos reales (abarca las declaraciones de

“debería”). La ISO 55002, por su parte, es un documento muy útil que proporciona ideas para aplicar los requisitos que se encuentran en 55001.

5.1 Normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002

A continuación, se presentarán las normas ISO 55000, 55001 y 55002, las cuales establecen un conjunto de cláusulas y subcláusulas para la gestión de activos en las organizaciones. Estas normas proveen un marco de trabajo integral para la gestión eficaz de los activos de una organización, desde su adquisición hasta su disposición final, incluyendo su operación y mantenimiento.

5.1.1 Norma ISO 55000

La serie ISO 55000, tiene como objetivo proporcionar un marco estandarizado para un sistema de gestión de activos. Esta norma es más completa y detallada, creando una forma más clara de implementar un sistema de gestión de activos dentro de cualquier organización. Estas normas se aplican a cualquier organización, siempre que los activos sean un factor clave importante para alcanzar los objetivos empresariales. La familia de normas ISO 55000 consta de tres documentos:

ISO 55000; proporciona una visión general crítica, conceptos y terminología;

ISO 55001; especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de Activos eficaz;

ISO 55002; ofrece la interpretación y orientación para la implantación de dicho sistema.

5.1.1.1 Requisitos del modelo de gestión de activos en la norma ISO 55000. La norma ISO 55001 propone un modelo de gestión de activos basado en 24 subcláusulas certificables incluidas en 7 cláusulas relacionadas a continuación:

1. Contexto de la organización (sección 4 de la norma)

1.1. Entender la Organización y su contexto

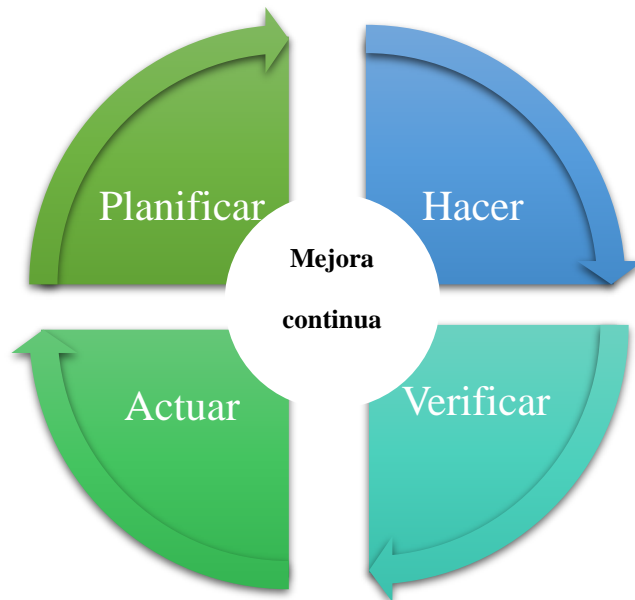
- 1.2. Comprender las necesidades y expectativas de las partes interesadas
- 1.3. Determinar el alcance del sistema de gestión de activos
- 1.4. Sistema de gestión de activos
2. Liderazgo (sección 5 de la norma)
 - 2.1. Liderazgo y compromiso
 - 2.2. Políticas
 - 2.3. Roles, responsabilidades organizativas y autoridades
3. Planificación (sección 6 de la norma)
 - 3.1. Acciones para abordar los riesgos y oportunidades en el activo del sistema de gestión
 - 3.2. Objetivos para la gestión de activos y planificación para alcanzarlos
4. Apoyo (sección 7 de la norma)
 - 4.1. Recursos
 - 4.2. Competencias
 - 4.3. Concienciación
 - 4.4. Comunicación
 - 4.5. Requisitos de información
 - 4.6. Información documentada
5. Operación (sección 8 de la norma)
 - 5.1. Planificación y control operativo
 - 5.2. Gestión del cambio
 - 5.3. Externalización
6. Evaluación del rendimiento (sección 9 de la norma)

- 6.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación
- 6.2. Auditoría interna
- 6.3. Revisión de la gestión
- 7. Mejoras (sección 10 de la norma)
 - 7.1. Incumplimiento y acción correctiva
 - 7.2. Acción preventiva
 - 7.3. Mejora continua

La serie de normas ISO 55000 se basa en el marco general de planificar, hacer, verificar, actuar (PHVA) como se evidencia en la figura 2, que se reconoce como la base para la mejora continua de los sistemas de gestión. La adopción de la serie de normas ISO 55000 dará garantías a sus reguladores, clientes e inversores, ayudando a la organización a alcanzar su objetivo de forma eficaz.

Figura 2.

Ciclo PHVA de la serie de normas ISO 55000



El beneficio clave de la norma ISO 55000 es que proporciona un conjunto mínimo de requisitos para un sistema de gestión de activos eficaz, pero permite a la propia organización determinar la mejor manera de implementarlo para que se adapte a sus necesidades; sin embargo, esto requeriría primero que la empresa entendiera la norma ISO 55000.

La aplicación de la norma ISO 55000 permitiría a las organizaciones desarrollar y mantener su entorno competitivo. Para lograr los objetivos de calidad de los productos, los fabricantes no sólo deben esforzarse por mejorar la calidad de los productos y los procesos, sino que también es necesario que los equipos funcionen a pleno rendimiento. La fiabilidad y la productividad de los activos de capital son esenciales para el éxito financiero de la organización. Por lo tanto, se sugiere que la actividad de mantenimiento es importante para el rendimiento general y la optimización del ciclo de vida de los activos (AberdeenGroup, 2006).

5.1.2 Norma ISO 55001

Al aplicar la norma ISO 55001 una organización debería, por ejemplo, distinguir entre el seguimiento y la evaluación del rendimiento de su portafolio de activos, su gestión de activos ²y su sistema de gestión de activos³, y el uso de los resultados de estos diferentes tipos de seguimiento y evaluación en los procesos de mejora continua a varios niveles. Cuando sea relevante, es necesario detallar cómo una organización debe distinguir entre los activos y el portafolio de

² Gestión de activos: Actividad coordinada de una organización para obtener valor de los activos. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2015)

³ Sistema de Gestión de activos: Conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan para establecer la política de gestión de activos, los objetivos de gestión de activos y los procesos para lograr esos objetivos. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2015)

activos, la gestión de activos y el sistema de gestión de activos para asegurar que la aplicación de la norma ISO 55001 promueve la realización del valor del portafolio de activos.

El cumplimiento de los requisitos de la ISO 55001, permite tomar decisiones coherentes sobre las actividades que afectan a los riesgos, el rendimiento y los perfiles de costes relacionados con los activos. Esto indica que la dirección debe estar preparada para tomar decisiones objetivas, predecibles y coherentes que impliquen compensaciones entre los efectos a corto y largo plazo, y combinaciones óptimas de beneficios interrelacionados y conflictivos. ISO 55001 requiere específicamente que “el método para la toma de decisiones y la priorización de las actividades y recursos para lograr los planes de gestión de activos y los objetivos deben estar documentados” (ISO 55001, Sección 6.2.2, p. 4). La norma ISO 55000 pretende además que la organización “conservar la información documentada apropiada como evidencia de los resultados del seguimiento, la medición, el análisis y la evaluación” (ISO 55001, Sección 9.1, p. 9).

En el diseño y la mejora del sistema de gestión de activos y la ejecución de la gestión de activos, hay cuatro vías de importancia clave:

- La línea de visión, desde el contexto de la organización hasta la política de gestión de activos, pasando por los planes estratégicos de gestión de activos, los planes de gestión de activos y la operación;

- Los objetivos, derivados de los objetivos de la organización a los objetivos estratégicos de gestión de activos, a los objetivos de gestión de activos; éstos suelen traducirse en una jerarquía de indicadores clave de rendimiento

- Criterios y procesos de toma de decisiones;

- La gestión de riesgos se desarrolla en todos los niveles, desde el nivel superior de la organización (hacia abajo) hasta las operaciones diarias; el marco de gestión de riesgos se alinea

con el diseño y la mejora del sistema de gestión de activos y el proceso de gestión de riesgos con la ejecución de la gestión de activos.

La concurrencia de estos cuatro elementos es uno de los aspectos clave de la gestión de activos. En particular, la alineación de la toma de decisiones y la fijación de objetivos no es sencilla. Éstos se desarrollan conjuntamente y pueden necesitar varias iteraciones antes de estar totalmente alineados y maduros.

Para apoyar esta alineación global, los Anexos A hasta H establecidos en la ISO-55001 ofrecen información sobre:

- a) El concepto de valor como elemento fundamental en la gestión de activos (Anexo A)
- b) La definición del alcance de un sistema de gestión de activos (Anexo B)
- c) Los objetivos y la estructura de la Planificación Estratégica de Gestión de Activos (Anexo C)
- d) Los principios en los que se basa la toma de decisiones en materia de gestión de activos (anexo D)
- e) El tratamiento de la gestión de riesgos en la gestión de activos (Anexo E)
- f) La relación entre las funciones financieras y no financieras en la gestión de activos (Anexo F)
- g) La escalabilidad de los sistemas de gestión de activos en función del tamaño y la complejidad de las organizaciones (Anexo G)
- h) Información sobre las actividades de gestión de activos (Anexo H).

5.1.3 Norma ISO 55002

Desarrollada y basada en una norma europea del mismo nombre, EN16247-1, ISO 55002 utiliza la terminología de ISO 55001 y describe un marco de mejores prácticas de cara al mejoramiento continuo. Usando este estándar, las organizaciones que implementan ISO 55001 tienen un registro de auditoría rastreable y verificable de cómo surgió cada oportunidad de mejora de rendimiento.

De acuerdo con la ISO 55002 las directrices para las cláusulas del sistema de gestión de activos descritos en la serie ISO 55000 son:

Contexto organizativo

Una organización debe definir los impulsores y las limitaciones externas e internas relevantes para su propósito y su capacidad para lograr los resultados de su sistema de gestión de activos, por ejemplo, la normativa, las finanzas, la cultura organizativa y el entorno y los valores de la organización. Las influencias de las partes interesadas son clave para establecer reglas para la toma de decisiones coherentes y también contribuyen al establecimiento de los objetivos de la organización, que, a su vez, influyen en el diseño y el alcance de su sistema de gestión de activos.

Liderazgo

La alta dirección debe participar en el establecimiento del liderazgo de la gestión de activos. Debe haber una política de gestión de activos establecida y alineada con el plan estratégico de la organización (tiene que ser clara y revisada), la dirección de la gestión de activos tiene la autoridad, el cargo y los recursos para lograr el objetivo marcado.

El liderazgo y el compromiso requieren que la alta dirección garantice:

- La mejora continua
- Integración de la Gestión de Activos en los procesos empresariales

- Disponibilidad de recursos adecuados
- Establecer una política de gestión de activos
- Alineación con el plan estratégico de la organización

Planificación

La organización debe tener detalles sobre cómo va a afrontar los riesgos, las oportunidades y sus objetivos de Gestión de Activos. Los planes describen lo que la organización hará para ejecutar la gestión de activos. La norma señala una serie de requisitos que esos planes deben cumplir y considerar. Estos planes integrados deben abordar lo que se hará, cuándo y quién lo hará, y cómo se llevará a cabo y se evaluará.

Apoyar

La cooperación y la colaboración con otras áreas funcionales serán necesarias para una gestión y ejecución eficaces del Sistema de Gestión de Activos. Los sistemas de información deben ser accesibles para respaldar el proceso; la información debe estar documentada, controlada, comunicada y ser auditable. El Sistema de Gestión de Activos debe estipular los requisitos de competencia del personal que participa en la gestión de activos.

Operación

Los planes y procesos para la ejecución de los planes de gestión de activos deben retroalimentar el diseño y la operación del sistema de gestión de activos, incluyendo cualquier actividad que se subcontrate, e implica actividades de gestión de cambios.

Evaluaciones del desempeño

Las organizaciones deben determinar lo que hay que supervisar y medir, los métodos para supervisar, medir, analizar, evaluar y validar los resultados, cuándo se hará y qué resultados deben analizarse y evaluarse. Esto se utiliza para informar sobre el rendimiento de los activos, el

rendimiento de la gestión de activos (incluidos los resultados financieros y no financieros) y la eficacia del propio sistema de activos, incluida la gestión de riesgos.

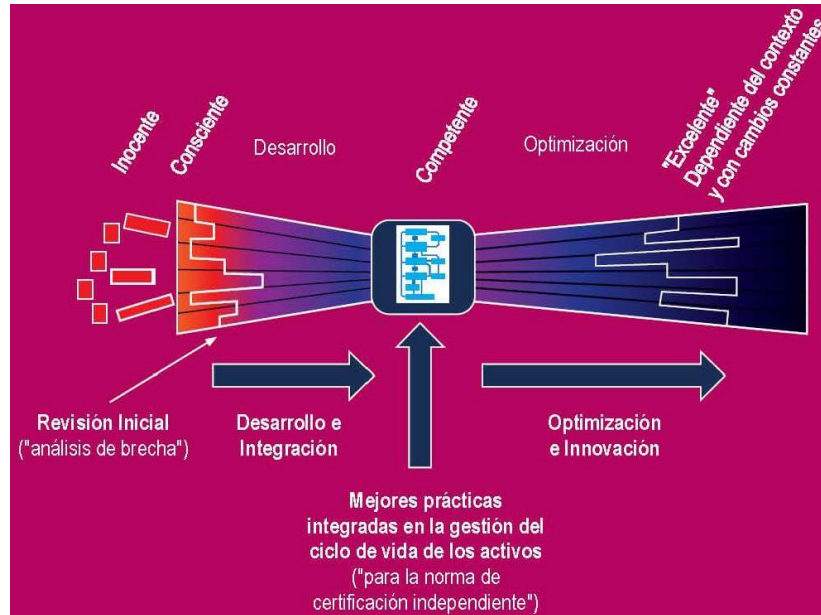
Mejoras

Garantiza que las no conformidades con respecto a los activos se documentan y evalúan. Las no conformidades requieren acciones correctivas y las no conformidades prospectivas requieren acciones preventivas. Mejora continua de los activos, su sistema y el Sistema de Gestión de Activos.

6. Diseño de Metodología de Gestión de Activos Aplicable a los Laboratorios de Docencia de la E3T

El método de autoevaluación es una herramienta para conocer el estado actual del sistema de gestión de la empresa. La autoevaluación puede mostrar la posición de la condición actual en comparación con el estándar de condición ideal (ISO 55000). El Instituto de Gestión de Activos (The Institute of Asset Management, 2016) publica la escala de madurez del sistema de gestión de activos de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 55001.

La medición del nivel de madurez de un sistema de gestión de activos debe determinar de antemano lo que se va a medir. Sobre la base del modelo conceptual de la gestión de activos, existen dos puntos de referencia de la madurez de la gestión de activos, basados en la cláusula de gestión de activos en la gestión del sistema y en el panorama de la gestión de activos (The Institute of Asset Management, 2014).

Figura 3.*Madurez de gestión de activos corbata de moño*

Nota. Corbata de moño madurez de gestión de activos. Adaptado de The Institute of Asset Management (2016).

Se llevará a cabo un análisis de diferentes metodologías para su aplicación en la gestión de activos. Este considerará una serie de factores con el objetivo de seleccionar la metodología más adecuada para optimizar la gestión de activos en el laboratorio.

Metodología cuantitativa: Se centra en la recopilación y el análisis de datos numéricos para evaluar el rendimiento de un activo. Utiliza herramientas estadísticas y métricas objetivas para medir aspectos como la rentabilidad, el riesgo, etc. Este enfoque proporciona datos precisos y fiables que permiten conocer el estado de los activos. Las decisiones se basan en resultados cuantificables; sin embargo, es posible que no capture adecuadamente las experiencias y perspectivas de los participantes.

Metodología cualitativa: Se centra en la comprensión en profundidad de las experiencias, perspectivas y dinámicas sociales relacionadas con la gestión de activos. Se basa en datos

recopilados a través de técnicas como entrevistas, observaciones y análisis de documentos. Proporciona una comprensión más realista de la gestión de activos, pero puede ser subjetivo y más difícil de generalizar.

Metodología mixta: Combina elementos de los enfoques cuantitativos y cualitativo, aprovechando sus fortalezas complementarias. Permite recopilar tanto datos numéricos como cualitativos, lo que proporciona una comprensión más completa de la gestión de activos. Por ejemplo, las encuestas se pueden usar para medir el desempeño, mientras que las entrevistas se pueden usar para comprender las perspectivas de los participantes y los factores que influyen en la gestión de activos. Un enfoque mixto ofrece una combinación de datos y comprensión contextual, aunque puede requerir más tiempo y recursos para implementarlo con éxito.

Metodología basada en riesgos: Se enfoca en identificar y evaluar los riesgos asociados con la gestión de activos mediante una evaluación de posibles riesgos financieros, no financieros, operativos y ambientales. Este enfoque implica la evaluación de su impacto y probabilidad, en conjunto al desarrollo de estrategias de mitigación. Un enfoque basado en el riesgo que presenta en áreas donde la seguridad y la protección de activos son fundamentales, como la industria energética.

En conclusión, la metodología mixta se destaca como la opción preferida para evaluar la gestión de activos debido a su capacidad para integrar tanto datos cuantitativos como cualitativos. Esta combinación equilibrada de enfoques permite una evaluación más estricta y completa, facilitando la toma de decisiones informadas y la identificación de áreas de mejora con mayor respaldo empírico.

La entrevista de autoevaluación con el nivel docente de uno de los laboratorios de la E3T puede mostrar información detallada relacionada con los datos críticos y el punto de vista de los

docentes y directivas encargados de dicho laboratorio para captar los problemas generales del proceso de gestión de activos en el laboratorio. La metodología de autoevaluación puede obtener información técnica detallada relacionada con la cláusula y el panorama de la gestión de activos de la norma ISO 55000.

La hoja de preguntas de la metodología de autoevaluación para la norma ISO 55001 proporciona 38 preguntas que cubren cada una de las 7 cláusulas y 24 subcláusulas de la norma ISO 55001 (Ver Apéndice 1).

Los sujetos de la entrevista a quienes se les realizará la autoevaluación son 2 personas del laboratorio de docencia de la E3T y 1 directivo de la escuela E3T que se encuentre en un nivel superior y permanezca actualizado de la gestión de laboratorio. Los datos de las personas calificadas de los niveles de dirección superior e intermedio pueden describir el proceso de gestión de activos existente.

La autoevaluación se realizará con personal responsable del uso del laboratorio para obtener el nivel de detalle necesario para identificar el estado actual del sistema de gestión de activos. Por motivos de confidencialidad personal, en esta tesis no se nombra ni se hace referencia directa a ninguna persona o nombre.

Asimismo, se recopilará los datos de localización relevantes, existentes y nuevos, necesarios para realizar un análisis del sistema actual de gestión de activos en el laboratorio objeto de esta investigación. Esta información incluiría los objetivos generales de la organización, su sistema de gestión de activos, las deficiencias y los datos específicos relativos a su gestión de activos.

Para evaluar el impacto de la ISO 55000 en el rendimiento del laboratorio de docencia, se identifican la mejora de los indicadores clave de rendimiento relevantes para el sistema de gestión

de activos a través de la revisión de la literatura, y se requieren datos cualitativos sobre la gestión de activos para llevar a cabo el análisis. Estos datos cualitativos son los que se utilizan en este estudio de investigación, es decir, aquellos datos no numéricos como los que se obtienen a través de los resultados de las entrevistas. La presentación de los resultados del análisis se hace en dos partes, mediante una sección de texto escrito y un gráfico correspondiente. El gráfico se presenta en primer lugar, ya que describe efectivamente el grado de cumplimiento de la organización respectiva con los siete requisitos de la ISO (55001, 2014).

Los indicadores se derivan de una tarjeta de puntuación más completa que se desarrolla para indicar el grado de cumplimiento de la organización respectiva con todas las 24 subcláusulas de las 7 cláusulas de la norma ISO (55001, 2014). La escala está adaptada de la Escala de Madurez de la Gestión de Activos del Instituto de Gestión de Activos (IAM) (The Institute of Asset Management, 2016), utilizando criterios y numeración ligeramente diferentes (IAM, 2016).

La escala de madurez se basa en una escala de 0 a 5 con los siguientes criterios:

Tabla 1.

Escala de madurez de la gestión de activos

Escala	Descripción	Definición
0	Inocente	La organización no reconoce la necesidad de estos requisitos y / o no tiene evidencia del compromiso que se hará con estos requisitos
1	Consciente	La organización ha identificado la necesidad de estos requisitos y hay pruebas de la intención de progresar.
2	En desarrollo	La organización ha identificado la intención de lograr los requisitos de forma sistemática y consistente, y puede demostrar que estos requisitos están en progreso con un plan creíble y los recursos necesarios
3	Competente	La organización puede demostrar que estos requisitos alcanzan de forma sistemática y coherente los requisitos pertinentes establecidos en la norma ISO 55001

Escala	Descripción	Definición
4	Optimización	La organización puede demostrar que puede optimizar de forma sistemática y coherente las prácticas de gestión de activos, que están en línea con los objetivos de la organización y el contexto operativo.
5	Excelencia	Las organizaciones pueden demostrar que han utilizado prácticas de vanguardia, y que han logrado el máximo valor de la gestión de activos, en línea con los objetivos de la organización y el contexto operativo.

La autoevaluación proporciona declaraciones que son representativas de los conceptos críticos de las normas ISO 55000, agrupados por las secciones de la norma. Para cada enunciado, se asignó una puntuación en la columna de puntuación junto al enunciado. El personal evaluado perteneciente a la E3T encontrará opciones de puntuación basada en la Escala de Madurez de la gestión de activos.

La metodología propuesta es un procedimiento de tres pasos ideado para desarrollar un programa de gestión de activos aplicable a los laboratorios de docencia de la E3T. Los pasos propuestos están en consonancia con los requisitos de la serie ISO 55000 (2014). En este documento se describen brevemente los pasos y su secuencia lógica como introducción a la metodología.

6.2.1 Paso 1 - Evaluar la madurez, las carencias y las necesidades

Para orientar el desarrollo del programa de gestión de activos, las prácticas y los sistemas de gestión de activos existentes se comparan con los requisitos de la norma internacional ISO 55001. En el análisis documental, se estudian a fondo las políticas, planes, directrices, normas, especificaciones, procedimientos y procesos existentes. Del mismo modo, en el descubrimiento in situ se realizan actividades para discutir la situación actual de las diversas actividades de gestión de activos en los laboratorios. Además, se programan reuniones individuales con los docentes en los campos relacionados que se identifican en las sesiones de la actividad. Se elabora un informe

de evaluación de la madurez en el que se identifica el nivel en el que las prácticas de gestión de activos están alineadas con la norma ISO 55001.

El informe de evaluación de la madurez identifica los puntos fuertes y débiles de las prácticas actuales de gestión de activos. Esto conduce a la identificación de brechas en la forma en que la gestión de activos se practica actualmente en una organización. La evaluación de la madurez y el análisis de las deficiencias tienen como resultado el establecimiento de un plan de mejora de referencia, que ayuda a determinar el alcance del programa de gestión de activos en todos los laboratorios. Algunas de las actividades principales llevadas a cabo en este paso incluyen:

- Revisión y comparación de las prácticas existentes con la norma ISO55001,
- Alineación de las expectativas de la organización y las prácticas actuales de gestión de activos de conformidad con la norma ISO55001,
- Evaluación de los puntos fuertes y débiles para identificar las áreas de mejora,
- Recomendación de áreas y acciones prioritarias para ayudar a establecer mejores prácticas de gestión de activos y la definición del alcance y la complejidad del programa de gestión de activos.

El pleno cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 55001 es un elemento importante de un programa integral de gestión de activos. Los resultados de este paso incluyen: informe de evaluación de la madurez, plan de mejora de la línea de base y declaración de alcance.

La norma ISO 55001:2014 consta de varias cláusulas que describen los requisitos de la organización que deben ser alcanzados. Por lo tanto, se evaluará el nivel de madurez de cada cláusula. La tabla 2 muestra las cláusulas de la norma ISO 15001:2014 a evaluar.

Tabla 2.*Evaluación general del nivel de madurez*

Aspecto	Cláusula	Descripción	# de preguntas (por elemento)
Contexto de la organización	1 1.1	Comprender el contexto de la organización	1
	1.2	Comprender las necesidades y expectativas de las partes interesadas	2
	1.3	Determinar el alcance del sistema de gestión de activos	1
	1.4	Sistema de gestión de activos	1
Liderazgo	2 2.1	Liderazgo y compromiso	1
	2.2	Políticas	2
	2.3	Roles, responsabilidades organizativas y autoridades	2
Planificación	3 3.1	Acciones para abordar los riesgos y oportunidades en el activo del sistema de gestión	2
	3.2	Objetivos para la gestión de activos y planificación para alcanzarlos	3
Apoyo	4 4.1	Recursos	2
	4.2	Competencias	1
	4.3	Concienciación	1
	4.4	Comunicación	1
	4.5	Requisitos de información	2
	4.6	Información documentada	1
Operación	5 5.1	Planificación y control operativo	2
	5.2	Gestión del cambio	1
	5.3	Externalización	2
Evaluación del trabajo	6 6.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación	2
	6.2	Auditoría interna	1
	6.3	Revisión de la gestión	2
Mejora	7 7.1	Incumplimiento y acción correctiva	3
	7.2	Acción preventiva	1
	7.3	Mejora continua	1

El nivel de madurez medio basado en la norma ISO 55001:2014 se obtiene mediante el nivel de madurez global en cada cláusula. El promedio se utiliza para determinar el nivel de

madurez general de la gestión de mantenimiento de equipos del laboratorio, así como una visión general de las cláusulas que aún no son óptimas y que necesitan recibir estrategias de mejora. Además, dicho promedio muestra la brecha de la gestión de activos de la organización entre la condición ideal basada en la ISO 55001: 2014.

6.2.2 Paso 2 - Formular el plan estratégico de gestión de activos

El plan estratégico proporciona una visión general de todo el programa de gestión de activos. El plan estratégico describe y documenta las evaluaciones de la madurez de la gestión de activos, las necesidades y expectativas de las partes interesadas, los puntos fuertes y débiles y las oportunidades de futuras mejoras para colmar las lagunas (es decir, el plan de mejora) a un nivel muy abstracto, lo que lleva a formular el alcance del trabajo (es decir, la declaración del alcance) para el programa de gestión de activos. Sobre la base del plan de mejora y la declaración de alcance, se desarrolla un conjunto de objetivos de gestión de activos en línea con las direcciones estratégicas de los laboratorios.

Los objetivos de gestión de activos deben estar alineados con la visión, la misión, las metas y los objetivos de los laboratorios y se establece y documenta una alineación explícita. El plan estratégico describe cómo se utilizarán los principios de gestión de activos, las directrices, las mejores prácticas y las normas identificadas en la política para lograr los objetivos de gestión de activos. La dirección y la gestión de la organización utilizan este plan para revisar y evaluar el rendimiento general del programa de gestión de activos.

En general, al formular un plan estratégico de gestión de activos, el enfoque para desarrollar este plan es necesario tener en cuenta elementos fundamentales como definir el estado de la infraestructura, tales como:

- Inventario de los activos
- Estado de los activos
- Valoración de los activos

La norma ISO 55000 combina los objetivos y la estructura de la organización con el proceso, los datos, la tecnología y las herramientas de auditoría para mantener la eficacia de las operaciones. Para lograr lo anterior, es necesario evaluar los riesgos, involucrar las partes interesadas, establecer roles y responsabilidades, activo a lo largo de su ciclo de vida, gestión de datos y documentación, acciones correctivas y mitigación de riesgos, garantizar la mejora continua.

Formular el plan estratégico de gestión de activos se distribuye en torno a las siguientes preguntas, como se expone a continuación:

Inventario de activos: ¿qué poseemos? -Los laboratorios necesitan documentar su portafolio de activos de forma estructurada siguiendo un sistema de clasificación específico que sea aceptable para todas las partes interesadas de la organización. El sistema de clasificación debe compartirse con todas las partes interesadas antes de implementarlo como parte de un programa integral de gestión de activos. Los diferentes departamentos de los laboratorios utilizan esta información para diversos fines. Esto debe definirse cuidadosamente, ya que es un elemento importante de la integración del sistema entre los departamentos. Además, es necesario definir los atributos importantes y relacionados con los activos para cada tipo de activo de forma rentable. Se puede recopilar más información sobre los atributos de un activo, pero ello conlleva un coste asociado. Es necesario definir un proceso de recogida de datos del inventario de activos que

identifique las funciones (internas y externas) que participan en la recogida de datos y especifique las plantillas de datos estructuradas que se utilizarán para la recogida de datos.

Estado de los activos: ¿cuál es el estado de los activos? El estado de los activos es un parámetro importante en las decisiones que se toman para priorizar un activo para su mantenimiento o rehabilitación. En este paso, se desarrolla una evaluación del estado y criterios de inspección para cada tipo de activo. A veces, los datos de evaluación del estado no están disponibles cuando se prepara el primer plan de gestión de activos. Hasta que no se lleve a cabo el estado físico del activo, se puede utilizar la vida útil restante del activo para la evaluación del estado.

Valoración de los activos: ¿cuál es el valor de estos activos? Se refiere al valor del portafolio de activos en un momento dado. Esto incluye una documentación del coste de reposición de los activos. El coste de reposición es la cantidad de dinero que se necesita en un momento dado para reemplazar varios activos. Los cálculos de las necesidades financieras se basan en el importe de reposición. Los activos se deprecian de forma continua utilizando los enfoques de línea recta, saldo decreciente y suma de dígitos del año y unidad de producción. Los tres primeros enfoques se basan en el tiempo, mientras que el último se basa en la actividad.

6.2.3 Paso 3 - Supervisión y evaluación

El seguimiento y la evaluación es un paso importante para juzgar la eficacia de un programa de gestión de activos. Los resultados de la evaluación se utilizan para modificar y mejorar el programa. Las siguientes tres características de un programa de gestión de activos deben ser monitoreadas, medidas y evaluadas: (i) la madurez de la gestión de activos dentro de una organización con respecto a una norma; (ii) el nivel de rendimiento del servicio con el nivel deseado de los indicadores de rendimiento del servicio; y (iii) la eficacia general de un programa

de gestión de activos en términos de la adecuación de los procesos, procedimientos, indicadores, herramientas, marcos, condición, criterios, aplicaciones, etc. El producto principal es un plan de seguimiento y evaluación, que incluye: (i) estrategia de seguimiento y evaluación del rendimiento, y (ii) estrategia de mejora.

La estrategia de seguimiento y evaluación del rendimiento debe incluir (i) la identificación y definición de lo que hay que supervisar y medir; (ii) el establecimiento de parámetros de rendimiento e indicadores relacionados (por ejemplo, estado, capacidad, etc.); (iii) la identificación de cuándo y quién debe realizar el seguimiento y la medición; y (iv) la identificación de cuándo y quién debe analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La estrategia de mejora debe incluir lo siguiente (i) Una lista de acciones de mejora priorizadas para su posterior aplicación y la revisión de su eficacia posterior en términos de mejora continua. (ii) Investigación de las no conformidades, los fallos funcionales y los incidentes; (iii) Instaurar acciones correctivas para eliminar las causas de las no conformidades o los incidentes identificados a partir de las investigaciones, las evaluaciones de conformidad y las auditorías para evitar que se repitan.

7. Implementación de la metodología propuesta mediante un caso base en uno de los laboratorios de la E3T.

7.1 Evaluación de la madurez, las carencias y las necesidades

Se plantea la necesidad de establecer la propuesta metodológica de gestión de activos en un laboratorio de docencia de la E3T como modelo de prueba. Los candidatos son el laboratorio de Comunicaciones, el de Control e Instrumentación, el de Electrónica, el de Sistemas Digitales, el de Máquinas Eléctricas y el de Energías Renovables.

El Laboratorio de Comunicaciones se enfoca en prácticas y proyectos investigativos relacionados con los conceptos básicos de las comunicaciones. Dispone de herramientas básicas y equipos de alta tecnología para el uso de los estudiantes.

El Laboratorio de Control e Instrumentación proporciona las herramientas necesarias para el desarrollo de prácticas relacionadas con los conceptos de control, instrumentación y automatización. Dispone de herramienta básica y equipos de alta tecnología para el aprendizaje y desarrollo de las prácticas.

El Laboratorio de Electrónica se enfoca en la práctica del aprendizaje de los fundamentos básicos de la electrónica. Cada estudiante puede hacer uso de equipos básicos para el desarrollo de las prácticas asignadas por el profesor.

El Laboratorio de Sistemas Digitales se enfoca en prácticas relacionadas con el desarrollo, uso y diseño de sistemas digitales avanzados. Dispone de lenguajes de programación, software libre, tarjetas de desarrollo y computadores para el uso de los estudiantes.

El Laboratorio de Máquinas Eléctricas se enfoca en la realización de prácticas de las asignaturas de Máquinas Eléctricas I, Máquinas Eléctricas II y Accionamientos Eléctricos. Dispone de instrumentos de medida para comprobar el funcionamiento y parametrizar máquinas eléctricas.

El Laboratorio de Energías Renovables se enfoca en temáticas relacionadas con energías renovables y optimización de la energía. Cuenta con equipos de alta tecnología y módulos de trabajo para energía solar, eólica, equipos de potencia y todo lo referente para realizar investigaciones de calidad enfocadas en esta área moderna del uso de la energía.

Cabe aclarar que cada laboratorio tiene un nivel de importancia que lo vuelve fundamental para cada área en la cual se encuentre especializado, así que independientemente de cuál sea el

laboratorio escogido, se debe tomar esto como un caso base y no como una comparación para definir que laboratorio es más importante.

Para la implementación del caso base de la metodología de gestión de activos, aquellos laboratorios en los que se haya trabajado en la carrera de ingeniería eléctrica y se cuente con conocimiento de uso serán los primeros calificados. Esto con el fin de enfatizar en el desarrollo de la metodología logrando que el caso base sea trabajado de manera eficiente. Por tal motivo, se descartan en la primera fase los laboratorios de Electrónica, Sistemas Digitales y Comunicación. Los activos con los cuales se trabajen en los laboratorios, su antigüedad, su documentación, y el tipo de trabajo que realicen entregaran la manera de escoger el caso base.

Por lo cual se presenta un breve análisis de los laboratorios seleccionados, para determinar qué condiciones de operación se presentan ideales para implementar la propuesta metodológica.

Laboratorio de control e instrumentación: Los activos de este laboratorio pertenecen al tipo de equipos cuya función es medir, controlar y supervisar diferentes variantes de un proceso con el fin lograr automatizaciones en procesos prácticos. Los activos de este laboratorio se complementan, puesto que para lograr una automatización se necesita desarrollar una medición de datos de manera óptima en la instrumentación, su mantenimiento debe seguir las recomendaciones del fabricante para realizar inspecciones, calibraciones, limpieza, actualizaciones de software y sustitución de piezas.

Desarrollar la metodología en este laboratorio sería un gran avance, por condiciones operacionales es una zona en la cual el trabajo se enfoca en trabajos de software. Dicho esto, el mantenimiento y la documentación de los activos del laboratorio se encuentran establecidos con parámetros programables y actualizables, lo que indica que el laboratorio no es el mas optimo si

se quiere apreciar un cambio notorio en la documentación y organización con base en la gestión de activos, para dar un ejemplo como caso base.

Laboratorio de energías renovable: El desarrollo de actividades dentro del laboratorio de energías renovables se encuentra realizando trabajos enfocados en las energías renovable y la calidad de la energía. Para ello se utilizan módulos, cargas y medidores con los cuales se puede aplicar un seguimiento a esta área de uso moderno de la energía.

El mantenimiento del laboratorio se enfoca en la calibración de los equipos de medición, la actualización de los softwares implementados, mantenimiento preventivo para evitar daño de los módulos por posibles sobretensiones, entre otros. Debido a que los activos pertenecen a un laboratorio moderno cuentan con un equipo de seguimiento actualizado donde presentan una organización acorde al trabajo de transición energética que realizan; sin embargo, desarrollar la metodología en un laboratorio con más experiencia y menos modernidad podría dar una base más sólida en la entrega de resultados y la forma de aplicarla, por motivos de que las nuevas tecnologías ya cuentan con trabajos automatizados. El desarrollo del caso base debería llevarse a otro tipo de laboratorio que no cuente con la modernidad anteriormente mencionada, dicho esto la elección del laboratorio sería con la condición de que represente una forma de trabajo no tan actualizada, que requiera una nueva gestión, y lleve un tiempo de trabajo considerable para poder apreciar la mejora de su gestión.

Laboratorio de máquinas eléctricas Los activos de máquinas eléctricas funcionan con el objetivo de desarrollar prácticas enfocadas en el uso de motores, transformadores, generadores, etc. Presentan opciones prácticas de acercamiento a la industria real con base en maquinaria que se puede acoplar y manipular. La medición de las señales de voltaje, corriente, potencia, etc. Son

fundamentales para un correcto desarrollo de las actividades, por lo cual la calibración desarrolla un papel muy importante al igual que los dos laboratorios anteriormente expuestos.

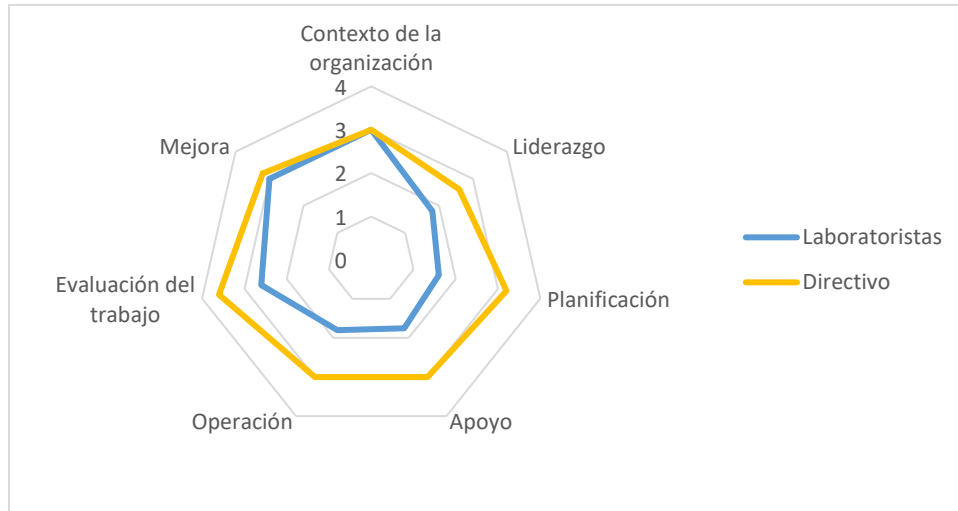
Al igual que los dos anteriores, el funcionamiento de las practicas se basa en el conjunto de acciones codependientes que puedan realizar sus activos. El mantenimiento en el área de máquinas eléctricas se presenta de manera practica en el mismo laboratorio, contar con las herramientas para realizar los diagnósticos y mantenimientos preventivos entrega facilidad y una ventaja con respecto a los demás laboratorios.

El laboratorio de máquinas eléctricas cuenta con una experiencia de trabajo que debido a las condiciones actuales requiere una nueva reforma de gestión, el registro de su mantenimiento, la innovación de las actividades de calibración, la organización de la información en formatos únicos con los cuales se respalde el apoyo que prestan los encargados del laboratorio, estas condiciones de operación influyen en la decisión de tomar como caso base de la propuesta metodológica el laboratorio de máquinas eléctricas.

Hay un total de 24 subcláusulas dentro de las 7 cláusulas a evaluar, los cuales se presentarán a lo largo de la sección. La sesión de entrevista preguntó las 7 clausulas a cada uno de los autoevaluados para obtener información detallada para definir la posición actual en la escala de madurez.

Figura 4.

Resultados escala de madurez



La Figura 4 representa el nivel de madurez en la gestión de equipos del laboratorio de máquinas eléctricas, evaluado por dos laboratoristas y un directivo, cuyas respuestas se encuentran en los Apéndices 2, 3 y 4. Para obtener una visión comparativa, se tomó el promedio de las autoevaluaciones de los dos laboratoristas como una respuesta, y la del directivo como otra, ya que las respuestas de los laboratoristas tenían una similitud al trabajar con el mismo enfoque. Este resultado se utilizará como referencia en el desarrollo de una estrategia de mejora de la gestión de activos para alcanzar un nivel de madurez más competente.

Tabla 3.

Resultados escala de madurez

	Escala de madurez (40% / 60%)	Promedio
Contexto de la Organización	3 / 3	3

	Escala de madurez (40% / 60%)	Promedio
Liderazgo	1,8 / 2,6	2
Planificación	1,6 / 3,2	2
Apoyo	1,75 / 3	2
Operación	1,8 / 3	2
Evaluación de trabajo	2,6 / 3,6	3
Mejora	3 / 3,2	3

Nota. El valor entregado para cada clausula corresponde al promedio aproximado.

La autoevaluación proporcionó declaraciones que son representativas de los conceptos críticos de las normas ISO 55000, agrupados por las secciones de la norma. Para cada enunciado, se asignó un nivel en la columna de puntuación junto al enunciado. Los participantes de la autoevaluación del laboratorio de máquinas eléctricas encontraron opciones de puntuación basadas en la Escala de Madurez de la gestión de activos.

El análisis de las respuestas de la autoevaluación se tomó por porcentajes, la respuesta de los laboratoristas tiene un ponderado de un 40% y la respuesta del directivo de 60%. Como consecuencia, el resultado de la autoevaluación llevada a cabo en el contexto de la ISO 55000 a partir de las 7 cláusulas de la ISO (55001, 2014) muestra que el nivel de madurez del sistema de gestión de activos del laboratorio de la E3T ha alcanzado un nivel de En Desarrollo según la escala de madurez de gestión de activos (2) .Lo que evidencia que, en la mayoría de las cláusulas no se ha alcanzado el nivel de escala de madurez Competente, como si lo ha logrado el contexto de la organización, evaluación de trabajo y la mejora.

La evaluación de la madurez y el análisis de las deficiencias tuvo como resultado el establecimiento de un plan de mejora de referencia, que ayuda a determinar el alcance del programa de gestión de activos en el laboratorio. Algunas de las actividades principales llevadas a cabo en este paso incluyen:

- Revisión y comparación de las prácticas existentes con la norma ISO55001,
- Alineación de las expectativas de la organización y las prácticas actuales de gestión de activos de conformidad con la norma ISO55001,
- Evaluación de los puntos fuertes y débiles para identificar las áreas de mejora,
- Recomendación de áreas y acciones prioritarias para ayudar a establecer mejores prácticas de gestión de activos y la definición del alcance y la complejidad del programa de gestión de activos.

El nivel de madurez medio basado en la norma ISO 55001:2014 se obtuvo mediante el nivel de madurez global en cada cláusula. El promedio se utilizó para determinar el nivel de madurez general de la gestión de mantenimiento de equipos del laboratorio, así como una visión general de las cláusulas que aún no son óptimas y que necesitan recibir estrategias de mejora. Además, dicho promedio muestra la brecha de la gestión de activos de la organización entre la condición ideal basada en la ISO 55001: 2014.

7.2 Análisis de las estrategias

El análisis de la estrategia se realiza a las cláusulas que tienen un nivel de madurez inferior a 3 (Competente). Estas estrategias se realizan con base en los lineamientos de la norma ISO 55002: 2018 que también hace referencia a los puntos contenidos en las normas ISO 55000: 2014 e ISO 55001: 2014. Los pasos para analizar las estrategias se realizan analizando la diferencia

entre los niveles de madurez por debajo del estándar de Competente, para luego analizar las estrategias de mejora.

7.2.1 Cláusula 2

En la cláusula 2 hay tres subcláusulas que necesitan ser mejoradas para estar en el nivel competente. Estas subcláusulas se refieren al liderazgo para alcanzar los objetivos del sistema de gestión de activos y actualmente se encuentra en el nivel de madurez 2. La tabla 4 muestra las estrategias de mejora de los subapartados.

Tabla 4.

Estrategias de mejora para las subcláusulas 2.1-2.3

Estrategias de Mejora
1. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe demostrar liderazgo y compromiso con el sistema de gestión de activos.
2. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe comunicar la política de gestión de activos dentro de la organización y a las partes interesadas.
3. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe asignar la responsabilidad y autoridad para la creación y actualización del Plan Estratégico de Gestión de Activos.
4. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe asignar la responsabilidad y la autoridad para garantizar la adecuación, la idoneidad continua y la eficacia del sistema de gestión de activos y garantizar el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 55001.

7.2.2 Cláusula 3

En la cláusula 3 hay 2 subcláusulas que necesitan ser mejoradas para estar en el nivel competente. Estas subcláusulas se refieren a la planificación para alcanzar los objetivos de gestión

de activos y actualmente se encuentra en el nivel de madurez 2. La tabla 5 muestra las estrategias de mejora de los subapartados.

Tabla 5

Estrategias de mejora para las subcláusulas 3.1-3.2

Estrategias de Mejora
1. Cada nivel de gestión en el laboratorio de Máquinas eléctricas debe implementar de forma coherente los mecanismos en la consecución de los objetivos de gestión de activos basados en la norma ISO 55001 existentes y los objetivos de calidad.
2. El laboratorio Máquinas eléctricas debe considerar la gestión de riesgos de cada uno de sus activos en la planificación de sus objetivos de gestión de activos.
3. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe supervisar periódicamente el rendimiento de cada activo basándose en los indicadores de rendimiento de cada equipo y herramienta.
4. Deben celebrarse periódicamente reuniones cruzadas para cada nivel de gestión relacionado.
5. Debe impartirse formación a los encargados del laboratorio e incluso a los mismos estudiantes sobre el registro periódico de horas para que puedan alcanzarse los objetivos de gestión de activos.

7.2.3 Cláusula 4

La mejora en la cláusula 4 incluye 6 subcláusulas diferentes que no han alcanzado el nivel de madurez competente. Todos estos subapartados se encuentran en el nivel de En Desarrollo y necesitan varias estrategias de mejora. Las siguientes tablas presentan las estrategias de mejoras.

Tabla 6*Estrategias de mejora para la subcláusula 4.1*

Estrategias de Mejora
1. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe tener un mecanismo en la determinación de la escala de prioridades para el cumplimiento de sus recursos con una tabla crítica para que los objetivos de gestión de activos puedan ser alcanzados.
2. El análisis y la mitigación de riesgos en cada activo deben realizarse siempre y tenerse en cuenta en la preparación de las necesidades de cada nivel en el laboratorio de Máquinas eléctricas.
3. La compilación de las necesidades de piezas de equipos debe estar en consonancia con el análisis de la carga de trabajo práctico y la capacidad de cada activo.

Tabla 7*Estrategias de mejora de para las subcláusula 4.2*

Estrategias de Mejora
1. Los recursos humanos de cada función deben tener competencias que coincidan con los criterios requeridos y hayan alcanzado los indicadores deseados.
2. Mapeo de competencias por cada encargado del laboratorio de cada nivel de gestión en forma de reportes de calificaciones para todos que incluya el desempeño de cada función de RRHH.
3. Formación para cada RRHH relacionada con las funciones de nivel organizativo basada en la consideración de la tarjeta de informe de cada RRHH en la función relacionada. en la función correspondiente.

Tabla 8*Estrategias de mejora de para las subcláusula 4.3*

Estrategias de Mejora
1. Los recursos humanos de cada nivel de gestión del laboratorio deben cumplir siempre con los mecanismos y procedimientos que se aplican en la supervisión y evaluación realizada por los líderes de cada nivel de gestión del laboratorio.
2. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe adoptar una postura firme frente a los RH desviados mediante una advertencia o sanción basada en el mecanismo o políticas que rija en la institución.

Tabla 9*Estrategias de mejora de para las subcláusula 4.4*

Estrategias de Mejora
1. Reuniones periódicas entre la alta dirección y el laboratorio y reuniones transversales entre los diferentes laboratorios de la E3T.
2. El contexto y los criterios para la información especificada deben transmitirse siempre a las partes y funciones apropiadas y no desviarse de las partes y funciones no relacionadas.
3. Los indicadores clave de rendimiento y los objetivos deben comunicarse periódicamente para que puedan alcanzarse los objetivos de gestión de activos.

Tabla 10*Estrategias de mejora de para las subcláusula 4.5*

Estrategias de Mejora
1. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe mejorar los datos en la página web de la universidad (sección del laboratorio correspondiente) que incluye las especificaciones de los activos, los datos históricos de fallos de los activos y un libro de registro de cada activo.
2. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe tener los medios para dar información personalmente a la persona relacionada por activo (Tiempo real integrado).
3. Los usuarios asociados a cada activo del laboratorio deben cargar siempre los documentos relacionados que controla cada jefe de división.

Tabla 11*Estrategias de mejora para las subcláusula 4.6*

Estrategias de Mejora
1. Capacitación de los recursos humanos en determinadas funciones en relación con los mecanismos, procedimientos y normas relativos a los documentos propios.
2. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe documentar y registrar todos los fallos de los activos existentes para que puedan desarrollarse en mantenimiento predictivo.
3. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe crear determinados indicadores claves de rendimiento relativos al registro y actualización de los documentos de cada activo.
4. Dar acceso a la actualización del documento al usuario correspondiente.
5. Crear la monitorización de la condición o el módulo en tiempo real para determinados activos, como la materia horaria para el uso de remolques.
6. El laboratorio de Máquinas eléctricas debe evaluar y mejorar el acceso, el uso y el almacenamiento de los documentos que se han integrado en la plataforma web relacionada con la gestión de activos.

7.2.4 Cláusula 5

La estrategia de mejora de la cláusula 5 incluye las subcláusulas 5.1-5.3 relativas a la externalización de las actividades de gestión de activos que tiene un nivel de madurez de 2. Esto indica que la organización necesita varias estrategias para ser óptima y alcanzar un nivel competente. La tabla 12 muestra las estrategias de mejora de los subapartados 5.1 -5.3.

Tabla 12

Estrategias de mejora de para las subcláusula 5.1-5.3

Estrategias de Mejora
1. Las actividades y procesos de gestión de activos que requieren externalización deben estar bien identificados y la institución debe facilitar su contratación.
2. Se supervisan los resultados de la externalización y se realizan evaluaciones periódicas para garantizar que las actividades realizadas se ajustan a los objetivos deseados por el laboratorio.

Para la mejora del sistema de gestión de activos, el primer paso que debe tomarse es garantizar que los elementos y cláusulas básicos del sistema de gestión de activos, es decir, las políticas, los objetivos y los planes estratégicos de gestión de activos puedan funcionar bien y cumplan con lo establecido en las normas ISO 55000. Además, la gestión de activos debe integrarse y contener en cada cláusula u otros elementos en la norma ISO 55000, de modo que su aplicación puede ser controlada en cada proceso.

La Planificación Estratégica de la Gestión de Activos es la clave principal para resolver las dificultades o vacíos existentes. En el Panorama de la Gestión de Activos, el laboratorio de máquinas eléctricas tiene como principal objetivo abordar las deficiencias existentes en la gestión de activos, centrándose en la Prioridad 1: Riesgo y Revisión, la Prioridad 2: Información de Activos, y la Prioridad 3: Organización y Personas.

7.3 Estado de los activos del laboratorio de máquinas eléctricas

En la actualidad, el departamento de inventario de la Universidad Industrial de Santander posee el “Manual normativo y procedimental para la administración y control de los bienes muebles de la UIS”, este manual establece el sistema de inventario utilizado por la universidad para el control de sus activos, incluyendo el laboratorio de máquinas eléctricas.

Se llevó a cabo una investigación sobre la situación actual de los activos de acuerdo con los datos informáticos que la universidad posee, lo cual entrego la información de lugar, valor de compra y personal encargado.

Para optimizar e implementar un sistema de gestión de activos, se desarrollaron hojas de vida de los activos (Ver Apéndice 44), con las cuales se puede llegar a conocer las características del activo, sus datos técnicos, el estado del equipo, historial de mantenimiento aportado por la división de mantenimiento tecnológico de la Universidad Industrial de Santander y el laboratorio de máquinas eléctricas.

Para un póstumo análisis se desarrolló una clasificación en conjunto a los encargados del laboratorio para el estado de los activos:

Funcionamiento: Los equipos en funcionamiento se encuentran en óptimas condiciones, lo que significa que cumplen con las expectativas de su uso y no presentan problemas evidentes. Esta afirmación se basa en datos recolectados en informes de trabajos realizados y en el mantenimiento preventivo sugerido, que se lleva a cabo periódicamente. Por ejemplo, las máquinas eléctricas están funcionando sin problemas en el rotor, estator, velocidad, frecuencia, torque, potencia, y otros parámetros. Los equipos de medición cumplen con las tolerancias de medida y se encuentran respaldadas por su certificado de calibración.

Mantenimiento: Los equipos que necesitan mantenimiento se encuentran en un estado que requiere atención. Aunque pueden seguir siendo utilizados, su rendimiento puede verse afectado por problemas como el desgaste, la acumulación de residuos, la falta de calibración, etc. Estos equipos necesitan ser monitoreados y cuidados de manera regular para garantizar que funcionen de manera óptima. Las medidas y resultados que se obtienen de estos equipos pueden ser utilizados para tomar decisiones sobre el mantenimiento necesario, el reemplazo de partes desgastadas, la reparación de fallas y la optimización del rendimiento.

Obsoleto: Los equipos que se clasifican como obsoletos no cumplen con los estándares actuales y son inadecuados para su uso. Pueden ser equipos que ya no funcionan o que no pueden ser reparados, o bien equipos que no cumplen con las normativas actuales y deben ser reemplazados para garantizar la seguridad y la eficiencia en el trabajo.

Se llevaron a cabo reuniones sobre el estado de los activos en conjunto con las partes implicadas en la gestión del laboratorio. Estas partes incluyen la sección de inventarios, la división de mantenimiento tecnológico, el laboratorio de máquinas eléctricas y el director de la Escuela E3T. El objetivo de estas investigaciones fue conocer la política actual de gestión de activos, su clasificación, su mantenimiento y cualquier otra información relevante. (Ver apéndice 47).

En la tabla 13, podemos encontrar la ubicación de las hojas de vida de los actuales activos del laboratorio de máquinas eléctricas, así como los datos de las fichas técnicas. Esta tabla sirve como una herramienta útil para localizar de manera precisa la hoja de vida de cualquier equipo, gracias al número de inventario correspondiente. Con esta información al alcance, se podrá gestionar de manera más eficiente y organizada los activos del laboratorio de máquinas eléctricas. Es importante destacar que algunos equipos no tienen una ficha técnica asignada, ya que pertenecen a un grupo de equipos cuyos fabricantes han actualizado la maquinaria. Debido a esta

razón, la ficha técnica de estos equipos ya no se encuentra en el catálogo de dichas empresas. Estas marcas en particular son De Lorenzo, SIRIO y ONAR. Por lo tanto, los datos técnicos que se muestran en las hojas de vida en estos activos se obtuvieron directamente del equipo.

Tabla 13*Información sobre los activos*

NOMBRE DE LOS EQUIPOS	NUMEROS DE IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN DE HOJA DE VIDA	UBICACIÓN DE FICHA TECNICA
amperímetro analógico 2 CC	76361-763612-76363-76365-76366-76367-76368-76369-76370	Apéndice 5. amperímetro analógico 2 CC	
amperímetro analógico 5 AC	76373-76374-76375-76377-76378-76380	Apéndice 6. Amperímetro analógico 5 AC	
amperímetro analógico 10 AC	76381-76382-76384-7686-76387-76390	Apéndice 7. amperímetro analógico 10 AC	
amperímetro analógico 10 CC	75629-75630-75631-75632-75633-75634-75635-75637	Apéndice 8. amperímetro analógico 10 CC	
amperímetro analógico 20 CC	75638-75639-75640-75641-75642-75643-75644-75645-75646-75647	Apéndice 9. amperímetro analógico 20 CC	
Autotransformador trifásico	75538-75539-75540-75541-75542-75543-75544-75545-75546-75547-75548-75549-75550-75551-75552	Apéndice 10. Autotransformador trifásico	
Carga Capacitiva	75679-75681	Apéndice 12. Carga Capacitiva	Apéndice 11. Carga Capacitiva Ficha técnica

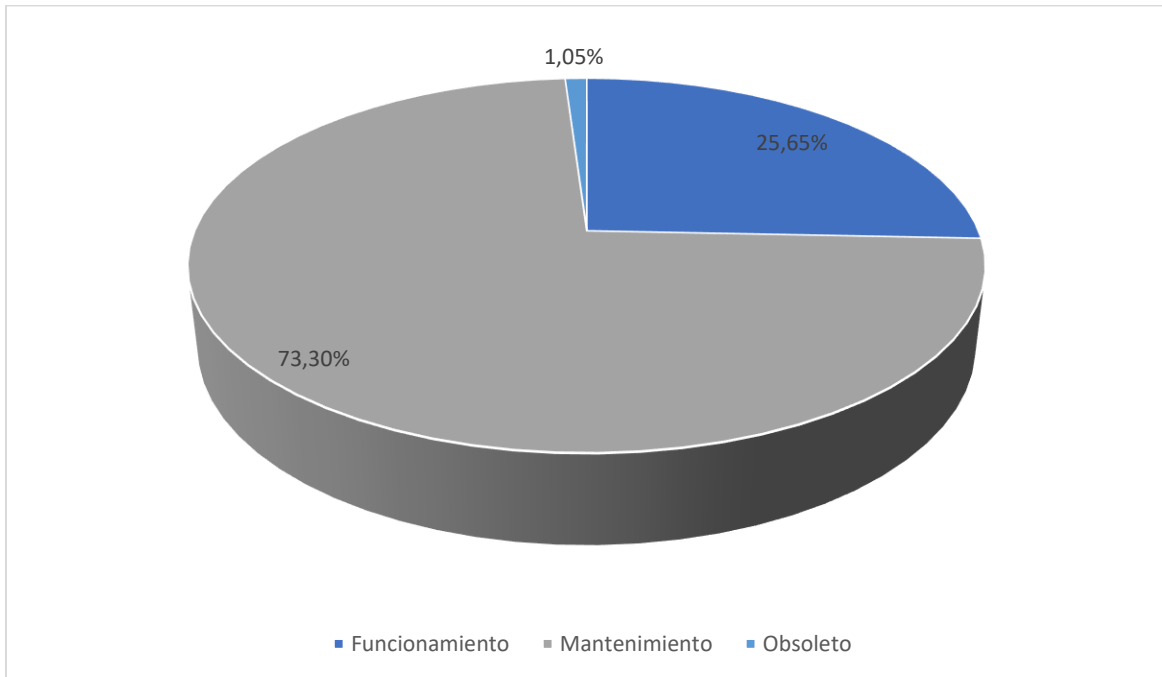
Carga Resistiva	75669-75672	Apéndice 14. Carga Resistiva	Apéndice 13. Carga Resistiva Ficha técnica
Carga inductiva	75676-75677	Apéndice 16. Carga Inductiva	Apéndice 15. Carga Inductiva Ficha técnica
Frecuencímetro Análogo con Láminas FC5V	131362-131363-131364-131365-131366-131367-131368	Apéndice 18. Frecuencímetro Análogo con Láminas FC5V	Apéndice 17. Frecuencímetro Análogo con Láminas FC5V Ficha técnica
Maquina síncrona trifásica	75543-75544-75545-75546-75547-75548-75549-75550-75551-75552-75553	Apéndice 20. Maquina síncrona trifásica	Apéndice 19. Maquina síncrona trifásica Ficha técnica
Medidor Trifásico Multipropósito Digital Uni-Trend UT267B	131351-131352-131353-131354-131355	Apéndice 22. Medidor Trifásico Multipropósito Digital Uni-Trend UT267B	Apéndice 21. Medidor Trifásico Multipropósito Digital Uni-Trend UT267B Ficha técnica
MINI-PINZA AMPERIMÉTRICA ACDC TRU RMS 4350 PEAKTECH	140543-140544-140545-140546-140547-140548-140549-140550-140551-140552-140553-140554-140555-140556-140557-140558-140559-140560-140561-140562	Apéndice 24. MINI-PINZA AMPERIMÉTRICA ACDC TRU RMS 4350 PEAKTECH	Apéndice 23. MINI-PINZA AMPERIMÉTRICA ACDC TRU RMS 4350 PEAKTECH ficha técnica
Motor asíncrono trifásico de jaula	75563-75564-75567	Apéndice 26. Motor asíncrono trifásico de jaula	Apéndice 25. Motor asíncrono trifásico de jaula Ficha técnica
Motor de CC de excitación derivada	75573-75574-75575-75576-75577	Apéndice 28. Motor de CC de excitación derivada	Apéndice 27. Motor de CC de excitación derivada Ficha técnica
Motor de inducción trifásico Rotor devanado	75568-75569-75570-75571-75572	Apéndice 30. Motor de inducción trifásico Rotor devanado	Apéndice 29. Motor de inducción trifásico Rotor devanado ficha técnica
Motor universal	75578-75579-75580-75581-75582	Apéndice 32. Motor universal	Apéndice 31. Motor universal Ficha técnica

	129044-129045-129046-129047- 129048-129049-129050-129051- 129052-129053-129064-129065- 129066-129067-129068-129069- 129070-129071-129072-129073- 129074-129075		Apéndice 34. multímetro Digital TRU RMS 117	Apéndice 33. multímetro Digital TRU RMS 117 ficha técnica
multímetro Digital TRU RMS 117				
Pinza amperimétrica ACDC AMPROBE AMP-320 600 A TRMS	131369-131370-131371-13172-131373- 131374-131375-131376-131377- 131378-131379-131380-131381- 131382-131383-131834-131385- 131386-131387-131388-131389-131390		Apéndice 36. Pinza amperimétrica ACDC AMPROBE AMP-320 600 A TRMS	Apéndice 35. Pinza amperimétrica ACDC AMPROBE AMP-320 600 A TRMS Ficha técnica
Pinza amperimétrica ACDC52NAV	131320-131321-131322-131323- 131324-131325-131326-131327- 131328-131329-131330-131331- 131332-131333-131334-131335- 131336-131337-131338-131339-131340		Apéndice 38. Pinza amperimétrica ACDC52NAV	Apéndice 37. Pinza amperimétrica ACDC52NAV Ficha técnica
Transformador monofásico 2k VA	36322-36323		Apéndice 39. Transformador monofásico 2k VA	
Transformador trifásico 3k VA	131341-131342-131343-131344- 131345-131346		Apéndice 40. Transformador trifásico 3k VA	
Transformador trifásico 8K VA	36324-36325		Apéndice 41. Transformador trifásico 8K VA	
Variador de Velocidad	75554-75555-75556-75557		Apéndice 43. Variador de Velocidad	Apéndice 42. Variador de Velocidad Ficha técnica
Fluke 1520 MegOhmMeter	65757-65758		Apéndice 46. Fluke 1520 MegOhmMeter	Apéndice 45. Fluke 1520 MegOhmMeter Ficha técnica

7.4 Supervisión y evaluación

Figura 5.

Clasificación del estado de los activos del laboratorio



La figura 5 representa la situación actual de los activos del laboratorio de máquinas eléctricas, el porcentaje de activos en Mantenimiento representa una totalidad del 73.30%, lo cual indica que su estado podría estar presentando deficiencias a la hora de su funcionalidad.

El análisis realizado entregó resultados para cada activo como se puede apreciar en sus respectivas hojas de vida, en total se encuentran 140 activos en clasificación de Mantenimiento, la novedad se ve reflejada en el 97.14% de dichos activos, ya que presentan la ausencia de certificado de calibración, esto indica una condición de operación en la cual la calibración de los equipos no se encuentra abalada por un ente certificado; sin embargo, en los estudios y conversaciones con los encargados de laboratorio aseguran que mantienen de manera semestral

una calibración de equipos con lo cual el funcionamiento de dicho aparatos de medida no se encuentra afectado; sin embargo, no puede respaldarse al no contar con certificación ni historial.

Las opciones de mantenimiento presentan una condición diferente en los equipos de maquinaria, dichos equipos en su mayoría cumplen los estándares que se esperan de ellos, la situación aislada de algunos equipos con necesidad de ejecutar acciones correctivas puede apreciarse en cada una de las Hojas de vida de los activos (Ver apéndice 30,40).

Los equipos en condición de Obsoleto representan el 1.05%, lo cual indica que son equipos para entregar en el siguiente periodo de seguimiento a la rendición de inventarios anual, desarrollado por la sección de inventarios de la Universidad Industrial de Santander (Ver apéndice 43).

A continuación, se presentan propuestas de mejora con las cuales se pretende alcanzar un nivel más óptimo en el uso y desarrollo de la gestión de activos en el laboratorio

Mantenimiento: Una estrategia para mejorar el sistema de gestión de activos del laboratorio de máquinas eléctricas sería establecer protocolos de mantenimiento preventivo con el fin de obtener un seguimiento a los activos en caso de requerir mantenimiento correctivo. La organización de la gestión de activos del laboratorio es fundamental para garantizar un funcionamiento eficiente. Por esta razón, es necesario documentar los trabajos realizados en las próximas sesiones de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo y anexarlos al historial de mantenimiento de la hoja de vida correspondiente. Aunque los activos actualmente presentan condiciones de trabajo óptimas, la falta de un historial de mantenimiento impide un diagnóstico adecuado y respaldado de los equipos. Además, la directiva de la E3T debe estar dispuesta a conocer las estrategias que se quieren desarrollar. De esta manera, se asegura que el mantenimiento esté alineado con los objetivos de la E3T.

Sistema de gestión de calibración: Es importante establecer un sistema de gestión de calibración en conjunto a la dirección de la E3T y los encargados de los laboratorios, esto con el fin de establecer responsabilidad y objetivos para implementar de manera anual una calibración a los equipos de medición del laboratorio, llevada a cabo por una empresa avalada para dicho proceso y que certifique y documente la calibración de los activos.

Criterios de Mejora Esta estrategia incluye la evaluación periódica del funcionamiento del sistema de gestión de activos, la identificación de oportunidades de mejora y la corrección de las no conformidades. Por esta razón, se recomienda realizar una evaluación semestral para revisar aspectos como el mantenimiento, la satisfacción del personal con el sistema de gestión de activos y el cumplimiento de los objetivos de gestión de activos. El compromiso de todas las partes interesadas, incluidos los líderes de laboratorio y los directivos de la E3T, es importante para garantizar que se consideren todas las perspectivas y se aborden todas las no conformidades y oportunidades de mejora que se puedan presentar.

Adquisición de nuevos activos: Realizar un análisis de los activos de laboratorio existentes para evaluar su condición, eficiencia y necesidades de reemplazo basándose en el trabajo de las hojas de vida. Tener en cuenta la capacidad, el rendimiento, la durabilidad y los costos de mantenimiento asociados. Obtenga una comparación completa de proveedores y modelos disponibles en el mercado considerando factores como la reputación del proveedor, la calidad del equipo y el soporte postventa.

Colaboración interdepartamental: Facilitar la comunicación entre los involucrados en la gestión de activos, como el laboratorio de Maquinas eléctricas, la división de mantenimiento tecnológico, la sección de inventarios y la E3T. Esto ayudará en la documentación y comunicación acerca de los activos del laboratorio con el fin de facilitar próximas investigaciones.

8. Conclusiones

La metodología propuesta tiene implicaciones teóricas y prácticas. Teóricamente, contribuye al cuerpo general de conocimientos en el ámbito de la gestión de activos. Desde el punto de vista práctico, permitiría a las organizaciones del ámbito de la ingeniería, específicamente, en los laboratorios de prácticas académicas de instituciones universitarias desarrollar, aplicar, supervisar y evaluar programas de gestión de activos de forma coherente, eficiente y eficaz. Las características básicas de ser sistemática e integrada se consideran los puntos fuertes de la metodología propuesta.

No obstante, debido a la naturaleza diversa del programa de gestión de activos, es posible que un solo experto no pueda aplicar la Metodología de Desarrollo del Programa de Gestión de Activos en todos los laboratorios de la E3T, sino que se necesitaría un grupo de expertos para el desarrollo y la implementación del programa de gestión de activos a nivel de la organización. En el futuro, esta investigación puede ampliarse para diseñar plantillas estandarizadas para cada paso de la metodología propuesta para su implementación en soluciones basadas en Tecnologías de la Información.

Por otro lado, a partir de los resultados de la autoevaluación se sabe que el sistema de gestión de activos que se ha implementado en el laboratorio de máquinas eléctricas en general ha alcanzado un nivel entre en desarrollo y competente en términos de contexto de gestión de activos en ISO 55000. Algunas deficiencias deben ser corregidas para alcanzar la gestión de activos bajo esta norma. Todo el rango de brecha es sólo un nivel de diferencia para alcanzar el nivel competente para que sea factible gestionar los activos basados en la norma ISO 55000 por parte del laboratorio.

Con base a esto, es necesario mejorar el sistema de gestión de activos asegurando políticas, objetivos y estrategias sobre gestión de activos e integrando mediante la inclusión de puntos de desarrollo de brechas en políticas, objetivos y estrategias. Además, la mejora de los indicadores en el proceso de trabajo de gestión de activos se puede hacer mediante la inclusión de los aspectos que deben aumentarse en la brecha y entrar en el ciclo de vida de los activos en el indicador de madurez para ser el foco de desarrollo y supervisión del rendimiento del laboratorio.

La autoevaluación de la gestión de equipos en el laboratorio de máquinas eléctricas basada en la norma ISO 55001:2014 muestra que el nivel de madurez global actual es de 2. Esto indica que la gestión activos en el laboratorio de máquinas eléctricas se encuentra en el nivel de madurez en desarrollo o no ha alcanzado el nivel competente. En general, hay 3 cláusulas con un nivel de madurez competente y 4 con un nivel de madurez en desarrollo que no es óptimo y debe mejorarse. Estas 4 necesitan varias estrategias de mejora para ser óptimos y mejorar la gestión de los equipos y herramientas del laboratorio.

La estrategia de mejora está formulada por las directrices de las Normas NTC-ISO 55000, 55001 y 55002. Además, las estrategias de mejora recomendadas se dan a cada subcláusula en forma de un marco y varias estrategias que han cumplido con el laboratorio de máquinas eléctricas que podrían desarrollarse aún más. Para priorizar la estrategia de mejora, el laboratorio de máquinas eléctricas puede considerar en base al nivel de madurez más bajo en cada cláusula. Además, es necesario analizar los costes necesarios para aumentar el nivel de madurez, de forma que técnica y económicamente proporcione beneficios a la empresa alcanzar el nivel de madurez 3.

Referencias Bibliográficas

- Asset Management Council in Australia. (1999). *Strategic Asset Management Framework* (Second ed.). South Australia: Government of South Australia.
- Capote, G., Rizo, N., & Bravo, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 21-28.
doi:http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100004
- Davis, J. (2007). What is asset management and where do you start? *Journal American Water Works Association*, 99(10), 26.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2015). *Norma Internacional NTC-ISO 55000: Gestión de Activos - Aspectos Generales, Principios y Terminología*. Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2015). *Norma Internacional NTC-ISO 55001: Gestión de Activos - Sistemas de Gestión de Activos - Requisitos*. Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2015). *Norma Internacional NTC-ISO 55002: Gestión de Activos - Sistemas de Gestión - Directrices para la Aplicación de la ISO 55001*. Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- López, A., & Tamayo, Ó. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1), 145-166.
- Morgado, K. (2022). *Desarrollo de una técnica de Gestión de Activos para Transformadores de Distribución basadas en sistemas de monitoreo*. (Trabajo de Grado Maestría en Automatización Industrial). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

- Pereira, J. (2014). *Diagnóstico de la Gestión de Activos para la Investigación en la Universidad EAFIT*. (Proyecto de Grado). Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- Ramírez, D. (2013). *Laboratorios de Electrónica: criterios de selección con base en Gestión Tecnológica*. (Trabajo de Investigación Maestría en Ingeniería Electrónica). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
- The Institute of Asset Management. (2014). *The Self-Assessment Methodology - Guidance*. The Institute of Asset Management (IAM).
- The Institute of Asset Management. (2016). *Escala y directriz de madurez en la gestión de activos (Maturity Scale)*. IAM.
- The Institute of Asset Management. (2015). *Gestión de Activos: una anatomía*. Reino Unido: Great George Street, The Institute of Asset Management (IAM).
- Tywoniak, S., Rosqvist, T., Mardiasmo, D., & Kivits, R. (2009). Towards an integrated perspective on fleet asset management: engineering and governance considerations. *Proceedings of the 3rd World Congress on Engineering Asset Management and Intelligent Maintenance Systems*, 1553-1567.

Apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice 1. Formato Metodología de Autoevaluación

Apéndice 2. Respuesta Formato Metodología de Autoevaluación Laboratorista 1

Apéndice 3. Respuesta Formato Metodología de Autoevaluación Laboratorista 2

Apéndice 4. Respuestas Formato Metodología de Autoevaluación Directivo

Apéndice 5. Amperímetro análogo de 2 CC

Apéndice 6. Amperímetro análogo de 5 AC

Apéndice 7. Amperímetro análogo de 10 AC

Apéndice 8. Amperímetro análogo de 10 CC

Apéndice 9. Amperímetro análogo de 20 CC

Apéndice 10. Autotransformador trifásico

Apéndice 11. Carga Capacitiva Ficha técnica

Apéndice 12. Carga Capacitiva

Apéndice 13. Carga Resistiva Ficha técnica

Apéndice 14. Carga Resistiva

Apéndice 15. Carga Inductiva Ficha técnica

Apéndice 16. Carga Inductiva

Apéndice 17. Frecuencímetro Análogo con Láminas FC5V Ficha técnica

Apéndice 18. Frecuencímetro Análogo con Láminas FC5V

Apéndice 19. Maquina síncrona trifásica Ficha técnica

Apéndice 20. Maquina síncrona trifásica

Apéndice 21. Medidor Trifásico Multipropósito Digital Uni-Trend UT267B Ficha técnica

Apéndice 22. Medidor Trifásico Multipropósito Digital Uni-Trend UT267B

Apéndice 23. Mini-pinza amperimétrica acdc tru rms 4350 peaktech ficha técnica

Apéndice 24. Mini-pinza amperimétrica acdc tru rms 4350 peaktech

Apéndice 25. Motor asíncrono trifásico de jaula Ficha técnica

Apéndice 26. Motor asíncrono trifásico Jaula de Ardilla

Apéndice 27. Motor de CC de excitación derivada Ficha técnica

Apéndice 28. Motor de CC de excitación derivada

Apéndice 29. Motor de inducción trifásico Rotor devanado ficha técnica

Apéndice 30. Motor de inducción trifásico Rotor devanado

Apéndice 31. Motor universal Ficha técnica

Apéndice 32. Motor Universal

Apéndice 33. Multímetro Digital TRU RMS 117 ficha técnica

Apéndice 34. Multímetro Digital TRU RMS 117

Apéndice 35. Pinza amperimétrica ACDC AMPROBE AMP-320 600 A TRMS Ficha técnica

Apéndice 36. Pinza amperimétrica ACDC AMPROBE AMP-320 600 A TRMS

Apéndice 37. Pinza amperimétrica ACDC52NAV Ficha técnica

Apéndice 38. Pinza amperimétrica ACDC52NAV

Apéndice 39. Transformador monofásico 2k VA

Apéndice 40. Transformador trifásico 3k VA

Apéndice 41. Transformador trifásico 8k VA

Apéndice 42. Variador de Velocidad Ficha técnica

Apéndice 43. Variador de velocidad

Apéndice 44. Planilla de Hoja de vida de los activos

Apéndice 45. Fluke 1520 MegOhmMeter Ficha técnica

Apéndice 46. Fluke 1520 MegOhmMeter

Apéndice 47. Actas de reuniones

Apéndice 48. Documentos de mantenimiento tecnológico