



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON BASE EN FALLAS
RECURRENTES EN EL EQUIPO ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EN EL
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Aura Jannelly González Morales

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, enero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON BASE EN FALLAS
RECURRENTES EN EL EQUIPO ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EN EL
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

AURA JANNELLY GONZÁLEZ MORALES

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA ELECTRÓNICA

GUATEMALA, ENERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON BASE EN FALLAS RECURRENTE EN EL EQUIPO ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha de 15 julio de 2021.



Aura Jannelly González Morales

Guatemala 9 de septiembre de 2021

Ingeniero
Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Apreciable Ingeniero Rivera.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado "**Análisis del mantenimiento preventivo en base a las fallas recurrentes en el equipo, espectrofotómetro UV-VIS en el departamento de Guatemala**", de la señorita Aura Jannelly Gonzalez Morales, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de este.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Ingrid Rodríguez de Loukota', with a horizontal line drawn underneath the signature.

Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
Colegiada 5,356
Asesora

**Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiado 5356**

Universidad de San Carlos de
Guatemala



iería

Guatemala, 31 de octubre de 2021.
Ref.EPS.DOC.454.10.2021.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria Aura Jannelly González Morales de la Carrera de Ingeniería Electrónica, Registro Académico NO. 201314832 y CUI 2661 54638 0101, procedí a revisar el informe final, cuyo título es "ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A FALLAS RECURRENTE EN EL EQUIPO, ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA."

En tal virtud, LO DOY POR APROBADO, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Facultad de Ingeniería
Supervisor de Área de Ingeniería Eléctrica

c.c. Archivo
KIER/ra



Guatemala 31 de octubre de 2021.
Ref.EPS.D.245.10.2021.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A FALLAS RECURRENTE EN EL EQUIPO, ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA."** que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Aura Jannelly González Morales**, quien fue debidamente asesorada por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota y supervisada por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



REF. EIME 161 2021.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; AURA JANNELLY GONZÁLEZ MORALES titulado: ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A FALLAS RECURRENTES EN EL EQUIPO, ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA procede a la autorización del mismo.


Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 11 DE NOVIEMBRE 2,021.

Facultad de Ingeniería

Decanato
24189101-
24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.043.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A FALLAS RECURRENTE EN EL EQUIPO, ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por: **Aura Jannelly González Morales**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, enero de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser el que me ha dado la vida y sabiduría para culminar esta meta.

Mis padres

Walter González y Rosa Morales, por su amor y su apoyo a lo largo de la carrera.

Mi hermano

Roswalt González, por ser un apoyo emocional durante mi etapa académica.

Mi tío

Darwin Morales, por ser una importante influencia y apoyo a lo largo de mi carrera.

Amigo

Ricardo Mazariegos, por su amistad, cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que hizo posible el desarrollarme académicamente, entre otras cosas.

**Facultad de
Ingeniería**

Por ser una importante influencia en mi carrera y por permitirme este logro profesional.

**Mis amigos de la
Facultad**

Alfonso Goñas, Mario Ramos, Camillo Alemán, Mishell Joerin, por su amistad y ser quienes me brindaron su apoyo de manera incondicional en la carrera.

Asesora

Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota, por su paciencia, dedicación, sabiduría y entrega.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1. Historia.....	1
1.2. Misión y visión.....	2
1.3. Objetivos, principios y valores.....	2
1.4. Principales actividades.....	3
1.5. Organigrama	3
2. ONDAS.....	5
2.1. Características de una onda	6
2.2. Ondas electromagnéticas	6
2.3. Radiación	8
2.4. Ondas ionizantes y no ionizantes.....	9
2.4.1. Espectro de radiaciones	10
3. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	13
3.1. Definición de mantenimiento	13
3.2. Tipos de mantenimiento.....	14
3.2.1. Mantenimiento correctivo	15

3.2.1.1.	Mantenimiento correctivo planificado	15
3.2.1.2.	Mantenimiento correctivo no planificado	16
3.2.2.	Mantenimiento proactivo	16
3.2.2.1.	Mantenimiento predictivo	17
3.2.3.	Mantenimiento en uso.....	18
3.2.4.	Mantenimiento programado	19
3.2.5.	Mantenimiento preventivo	19
4.	ESPECTROFOTÓMETROS	23
4.1.	Espectrofotómetro UV-VIS	24
4.1.1.	Descripción del equipo.....	26
4.1.2.	Tipos de espectrofotómetros.....	26
4.1.3.	Composición interna de un espectrofotómetro.....	28
4.1.4.	Funcionamiento y características de un espectrofotómetro	32
4.2.	Gestión de repuestos.....	35
4.2.1.	Selección de repuestos.....	36
4.2.2.	Piezas sometidas a desgaste	36
4.2.3.	Consumibles	37
4.2.4.	Piezas eléctricas	37
4.2.5.	<i>Stock</i> de repuestos	37
5.	FALLAS RECURRENTES.....	41
5.1.	Fallas	41
5.1.1.	Tipos de fallas.....	42
5.1.2.	Beneficios del análisis de fallas	43
5.1.3.	Causas para tomar en consideración.....	44
5.1.4.	Aplicación del análisis de fallas.....	45
5.2.	Listado de problemas	46

5.3.	Metodología del análisis de fallas	48
5.4.	Información general sobre análisis de fallas	49
5.5.	Catalogación de fallas.....	49
6.	DEFINIR Y PROPONER SOLUCIONES.....	51
6.1.	Priorización de fallas.....	53
6.2.	Selección de soluciones más factibles y eficientes	56
6.3.	Programar soluciones	57
6.4.	Propuesta de control para varios equipos.....	58
7.	MARCO METODOLÓGICO	61
7.1.	Enfoque.....	62
7.2.	Tipo de estudio	62
7.3.	Área de estudio.....	62
7.4.	Desarrollo del estudio	63
7.5.	Métodos	65
7.6.	Diseño.....	65
8.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	69
8.1.	Repetibilidad de las fallas	69
8.2.	Resultados del análisis estadístico de la frecuencia de fallas.....	72
8.3.	Frecuencia porcentual.....	73
8.3.1.	Gráfico de frecuencia porcentual.....	74
8.4.	Histograma.....	76
8.4.1.	Gráfica de histograma	77
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
9.1.	Propuestas con base en el mantenimiento preventivo, para la minimización de las fallas más comunes en el equipo.....	80

CONCLUSIONES.....83
RECOMENDACIONES85
BIBLIOGRAFÍA.....87
APÉNDICES.....91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ondas en una cuerda.....	5
2.	Características de una onda.	6
3.	Onda electromagnética.	7
4.	Espectro electromagnético.....	8
5.	Radiación.	8
6.	Espectro de radiaciones ionizantes y no ionizantes.....	10
7.	Radiaciones ionizantes y no ionizantes.....	12
8.	Programa de mantenimiento proactivo.....	17
9.	Pasos para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo.....	20
10.	Componentes de los espectrofotómetros de laboratorio.....	23
11.	Esquemático de espectrofotómetro de UV-VIS haz simple.....	27
12.	Esquemático de espectrofotómetro UV-VIS de doble haz.	28
13.	Composición interna de un espectrofotómetro.....	28
14.	Sección transversal de un tubo fotomultiplicador	31
15.	Monocromador de rejilla.....	32
16.	Esquema gráfico de funcionamiento interno espectrofotómetro UV- Vis doble haz.....	33
17.	Esquema de funcionamiento dentro del equipo espectrofotómetro UV-VIS.	35
18.	Diagrama de flujo del análisis de fallas.	49
19.	Frecuencia de repetibilidad de la falla	70
20.	Gráfica del sesgo hacia la derecha.	73
21.	Gráfica porcentual de fallas.....	75

22.	Gráfica de polígono de frecuencias.	76
23.	Histograma cuantificado en las fallas.....	77

TABLAS

I.	Control de <i>stock</i>	39
II.	Causas-descripción de causas	44
III.	Fallas por categoría	50
IV.	Fallas detectadas y posibles soluciones	52
V.	Tabla de prioridades	54
VI.	Control equipo.....	56
VII.	Propuesta de control para varios equipos.....	59
VIII.	Detalle/repetibilidad de fallas	69
IX.	Cálculo estadístico.....	71
X.	Resultados estadísticos	72
XI.	Frecuencia porcentual	74

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
α	Alfa
Al	Aluminio
β	Beta
Cu	Cobre
cm	Centímetros
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
Hz	Hertz
=	Igual
kw	Kilovatios
kv	Kilovoltios
>	Mayor que
MHz	Mega Hertz
<	Menor que
m	Metros
nm	Nanómetros
Ω	Ohmio
%	Porcentaje
K	Potasio
UV-VIS	Ultravioleta visible
w	Vatios
v	Voltios

GLOSARIO

Bomba peristáltica	Tipo de bomba hidráulica de desplazamiento positivo usada para bombear una variedad de fluidos.
Campo electromagnético	Combinación de campos de fuerza eléctricos y campos magnéticos invisibles.
Corriente eléctrica	Desplazamiento de electrones portadores de carga eléctrica, a través de un material conductor en un circuito eléctrico.
Colimar	Sistema que, a partir de un haz (de luz, de electrones) divergente obtiene un haz paralelo. Se utiliza para homogenizar las trayectorias o rayos emitidos por una fuente que sale a todas direcciones y obtiene un chorro de partículas o conjunto de rayos con las mismas propiedades.
Frecuencia	Período (ciclos, picos, valles) por segundo de una onda completa, es medida en Hertz (Hz).
Haz	Corriente en una sola dirección de radiación electromagnética o de partículas.
<i>Impeller</i>	Rotor con rodillos unido a una circunferencia externa que comprime un tubo flexible.

Longitud de onda	Distancia entre los picos adyacentes de una onda, que puede ser medida en metros, centímetros o nanómetros (10^{-9}) metros).
Optimizar	Está basado en un modelo matemático que determina los máximos o mínimos de un proceso o sistema, con el fin de que el resultado obtenido sea el mejor posible.
Potencial eléctrico	Trabajo que debe realizar el campo electrostático sobre una partícula en movimiento con carga positiva, desde el punto inicial hasta el punto de referencia, dividido por unidad de carga de prueba.
Radiación	Energía que se libera en forma de partículas u ondas electromagnéticas.
Voltaje	Magnitud física que mide la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Su unidad de medida es voltios.

RESUMEN

En el ámbito del tema del mantenimiento preventivo, su objetivo es analizar las fallas recurrentes que tienen los equipos, determinar los factores que conllevan a un fallo, mala utilización, falta del seguimiento de instrucciones de las instituciones con base en consejos de uso óptimo del fabricante.

El trabajo se ha realizado bajo un marco metodológico mixto, con un estudio aplicativo, se han enumerado las características acordes a la investigación. El estudio es de tipo no experimental, debido a que la información es tomada mientras el objeto de estudio está en acción sin alterarlo.

En la investigación se incluye una comparación de los fallos pasados de los equipos mostrados con base en el mantenimiento preventivo y cómo están los dispositivos actualmente. Demostrando que el gasto por un repuesto es menor al costo por un paro, que se pudo evitar si se le hubiera dado mantenimiento preventivo, incrementado la productividad debido a las decisiones tomadas con anticipación. También se describen los métodos más utilizados y evitar un paro repentino en los equipos, tanto para reducir costos como para eliminar este tipo de inconveniente; integrando de esta manera una reducción de riesgos.

OBJETIVOS

General

Analizar el mantenimiento preventivo con base en fallas recurrentes en el equipo espectrofotómetro UV-VIS en el departamento de Guatemala

Específicos

1. Determinar si las fallas del equipo son con base en los componentes electrónicos o al mal uso del dispositivo.
2. Prever daños de gran escala ocasionados por no realizar mantenimientos preventivos en los equipos de trabajo.
3. Proponer soluciones con base en el análisis del mantenimiento preventivo.
4. Minimizar las fallas comunes en los equipos por medio del mantenimiento preventivo, dentro del parámetro aceptable de vida útil.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo es un proceso que se debe realizar con el fin de evitar la aparición de averías en los artefactos, equipos electrónicos, maquinarias, entre otros. Entre las acciones que conlleva un mantenimiento preventivo están: ajustes, limpieza, análisis, lubricación, calibración, reparación, cambios de piezas. Este incluye el mantenimiento programado, el cual se caracteriza por realizarse en determinado tiempo o kilometraje; un ejemplo de ello son los vehículos; ya que este se realiza por medio de un seguimiento que determina el momento en que debe darse la referida manutención y el mantenimiento de oportunidad, que como su nombre lo indica, se realiza aprovechando los períodos en que el objeto no tenga actividad o uso.

El mantenimiento se efectúa periódicamente, teniendo como objetivo el detectar fallas que ocasionen el mal funcionamiento del objeto en uso, evitar así, los altos costos de reparación, disminuyendo la probabilidad de paros imprevistos, a la vez que les permite una mayor duración a los dispositivos.

Por lo tanto, este estudio permitirá establecer la necesidad de la optimización de los recursos económicos, dando a conocer los alcances que tiene el buen cuidado de los aparatos electrónicos. Logrando establecer que, dependiendo de la aplicación de esta investigación, se puede llevar a un rango de aceptación sobre la vida útil de un equipo.

Tema de vital importancia, porque mediante su correcta implementación, se logra evitar gastos innecesarios o tratar de minimizarlos, antes del tiempo en

aparatos de uso diario, así como en las distintas industrias que presentan problemas; logrando obtener beneficios para la empresa.

El diseño metodológico utilizado tendrá un enfoque mixto con un estudio aplicativo, debido a que requiere de las características propias del instrumento en donde no hay variables, porque ya está destinado por el fabricante y su composición, solo se limitará a la observación e indagación sobre las circunstancias en las cuales se desarrollan dichos fenómenos.

El estudio será de carácter transeccional descriptivo; las variables se analizarán y serán estudiadas en un momento único en el tiempo dentro del contexto de mantenimiento preventivo de los equipos.

Las técnicas que se utilizarán para la recolección de datos serán la observación directa, análisis de datos existentes; aplicado por medio de la utilización de las herramientas de observación directa ordinaria no participativa. Tomando como universo al equipo de servicio para estar en los mantenimientos actuales de los equipos anteriormente expuestos.

Enfocada en la base teórica, se inicia el estudio, presentando a la empresa que apoyará el análisis, la manera ordenada a la cual se dedica, la misión y visión; fundamento de sus estrategias empresariales, así como sus principios y valores. Además, se describirá el organigrama de empresa. Asimismo, se describirán y definirán los mantenimientos preventivos en los equipos, espectrofotómetros, componentes de estos y su funcionamiento en general. También se darán a conocer algunos daños debido al desgaste natural por uso.

Seguidamente se hará una comparación entre los registros teóricos y los equipos que se encuentran en funcionamiento; con el fin de obtener la información necesaria para decidir cuál es la causa de los daños recurrentes en estos dispositivos electrónicos.

Finalmente, se explicarán las conclusiones a las que se llegó con esta investigación con el fin de que la mayoría de los equipos puedan llegar a un tiempo aceptado de uso, con base en el desgaste natural por uso. Por último, se describirán cuáles son las recomendaciones para el usuario, buscando siempre un beneficio para el cliente, gracias a la empresa a la que le están adquiriendo un servicio.

1. ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN

1.1. Historia

La empresa que dio el apoyo a la investigación fue fundada en 1986, como una sociedad limitada, hasta que en el año 2002 pasa a convertirse en sociedad anónima.

La empresa se dedica a la importación de equipos e insumos de laboratorio, enfocándose en la venta de equipos de alta tecnología, contando desde sus inicios con varios proveedores de renombre.

Es especialista en la asesoría, equipamiento y mantenimiento de equipo de laboratorio para el análisis químico.

Contando a lo largo de su trayectoria con la representación y el respaldo de marcas reconocidas a nivel mundial.

Se caracteriza por liderar en el territorio nacional con productos de alta calidad, agilizando los procesos de sus clientes, a la vez que brindan una excelente asesoría en la pre y post venta.

1.2. Misión y visión

Misión

“Brindar equipo y soporte a los laboratorios de análisis químico con las mejores marcas del mercado, dando un excelente servicio a nuestros clientes”¹.

Visión

“Lograr ser una empresa reconocida por manejar marcas de prestigio a nivel mundial, líderes en equipamiento de laboratorio a nivel regional, en una mejora continua para poder brindar siempre el mejor servicio técnico a nuestros clientes”².

1.3. Objetivos, principios y valores

La empresa tiene como objetivo la satisfacción del cliente, brindando trabajos de alta calidad garantizados.

Teniendo como principio fundamental el respeto, tanto interna como externa, elemento vital con el trato entre los colaboradores y clientes.

Los valores fundamentales más significativos son el respeto humano, cooperación entre compañeros de trabajo, respeto a los ideales y objetivos individuales.

¹ ANALÍTICA QUÍMICA INTERNACIONAL, S. A. <https://anaqui.com/> Consulta: 22 de noviembre de 2021.

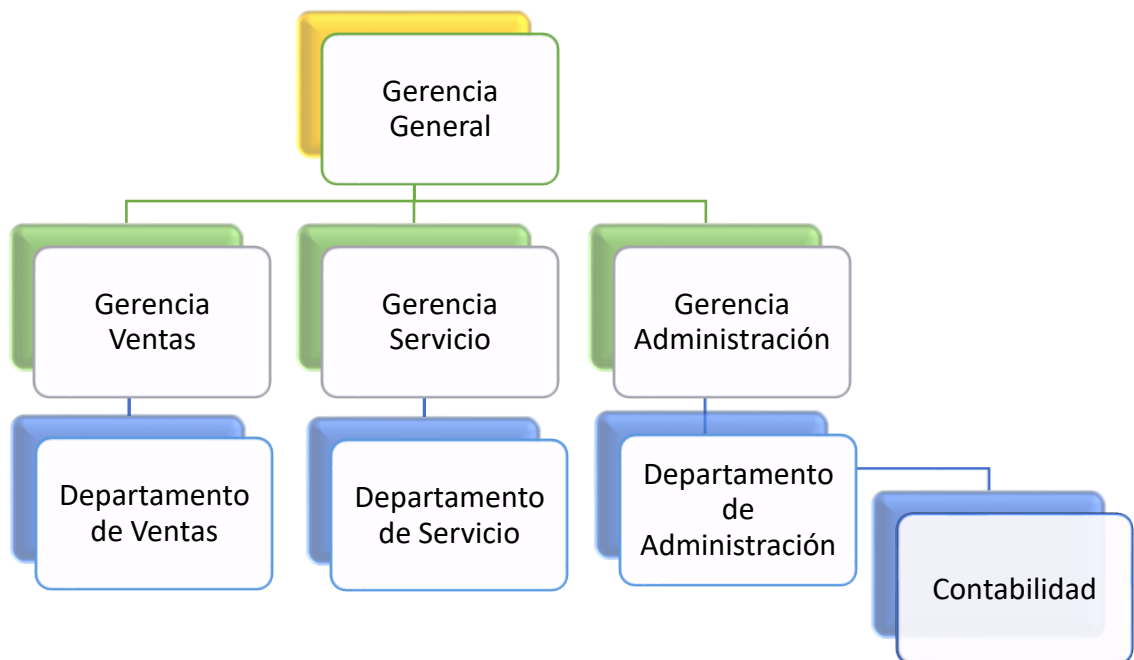
² Ibid.

1.4. Principales actividades

Entre las principales están: enfoque en el soporte/servicio, dispuestos a atender y asesorar las necesidades de sus clientes, con una excelente asesoría en equipos e instrumentos analíticos ideales para empresas privadas, industrias (farmacéuticas, alimentarias, ingenios), universidades privadas, universidad nacional y varias instituciones del gobierno.

A las cuales se les brinda visitas programadas, así como también solicitadas por los clientes.

1.5. Organigrama



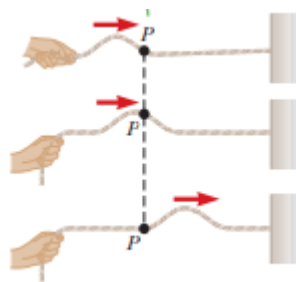
Fuente: elaboración propia, con información de la empresa objeto de estudio.

2. ONDAS

Estas se encuentran en el entorno, como la televisión, la radio, en el vibrar de una cuerda de guitarra, entre otros. Se producen cuando ocurre una perturbación en su medio; la forma más simple de notararlo es en el agua, cuando sobre esta cae algún objeto liviano o bien uno pesado y este la atraviesa, se nota la generación de ondas a partir del punto en donde se ha aplicado una fuerza externa a este medio.

“El mundo está lleno de ondas; acústicas, en una cuerda, sísmicas y electromagnéticas como la luz visible, las ondas de radio, las señales de televisión y los rayos X. Todas estas ondas tienen como fuente un objeto en vibración”³.

Figura 1. **Ondas en una cuerda**



Fuente: SERWAY, Raymond; VUILLE, Chris. *Fundamentos de física*. p. 457.

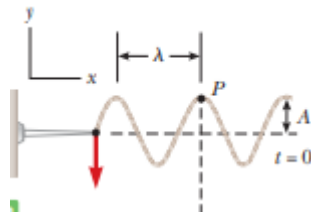
³. SERWAY, Raymond; VUILLE, Chris. *Fundamentos de física*. p. 457.

2.1. Características de una onda

Una onda está compuesta por frecuencia, periodo, amplitud y longitud de onda.

- Frecuencia: cantidad de ciclos en los que una onda se repite durante un periodo de tiempo.
- Periodo: tiempo en segundos de una onda.
- Amplitud: altura de una onda, identificado por la letra A.
- Longitud de onda: nombre que se le da a la distancia entre cada ciclo de la onda, se identifica por medio de la letra griega lambda. (λ).

Figura 2. Características de una onda



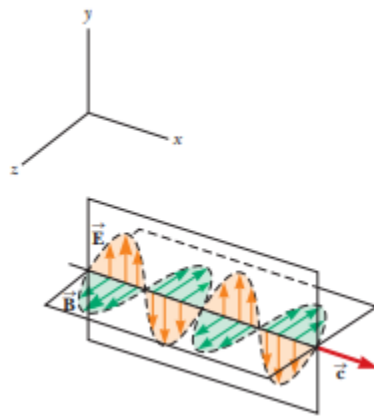
Fuente: SERWAY, Raymond; VUILLE, Chris. *Fundamentos de física*. p. 458.

2.2. Ondas electromagnéticas

Están creadas por cargas eléctricas, las cuales incluyen un rango de frecuencias y longitudes de onda amplias. Son ondas que tienen múltiples aplicaciones y características que se utilizan cada día.

“Una onda electromagnética enviada por las cargas que oscilan en una antena, representadas en un instante de tiempo y lejos de la antena, moviéndose en la dirección x positiva con velocidad c ”⁴.

Figura 3. **Onda electromagnética**



Fuente: SERWAY, Raymond; VUILLE, Chris. *Fundamentos de física*. p. 743.

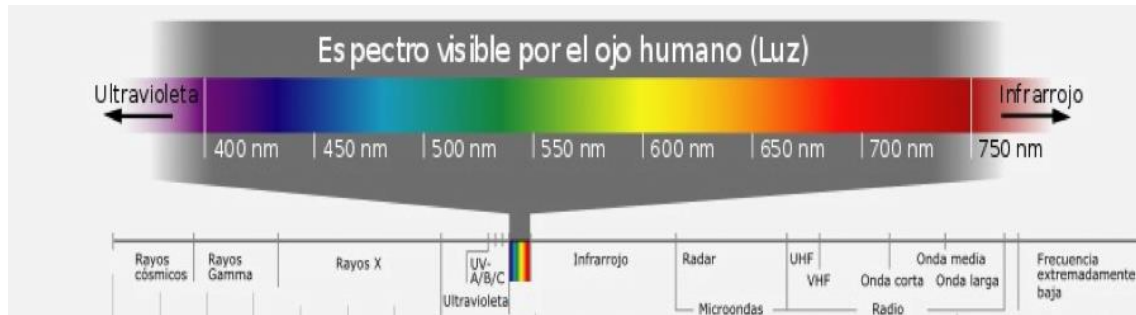
Dentro de las ondas electromagnéticas están el espectro electromagnético, que contiene un amplio rango de frecuencias y longitudes de onda, que se encuentra catalogado en un conjunto de tipos de luz o radiaciones electromagnéticas, las cuales se pueden catalogar en varios grupos: radio, microondas, ultravioleta, visible, infrarrojo, rayos gamma, rayos X. Los cuales tienen distintas aplicaciones en un enfoque de la vida cotidiana.

“El espectro electromagnético incluye ondas que abarcan un amplio rango de frecuencia y longitudes de onda. Estas ondas tienen varias aplicaciones y características, que dependen de sus frecuencias o longitudes de onda”⁵.

⁴ SERWAY, Raymond; VUILLE, Chris. *Fundamentos de física*. p. 743.

⁵ Ibid. p. 744.

Figura 4. **Espectro electromagnético**



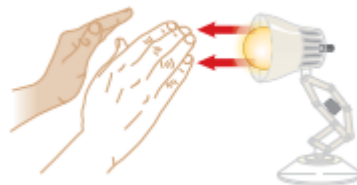
Fuente: SIERRA MOLINA, Jorge Albeiro. *Espectro de onda*. p. 4.

2.3. Radiación

Es una forma de transmisión de energía, por medio de las ondas que se generan a partir de un objeto, las cuales atraviesa el aire de su entorno hasta dispersarse con el tiempo o con algo que lo absorba.

Un ejemplo de esto es una lámpara, la cual puede calentar las manos mediante la transferencia de energía por radiación.

Figura 5. **Radiación**



Fuente: SERWAY, Raymond; VUILLE, Chris. *Fundamentos de física*. p. 382.

“Todos los objetos irradian energía continuamente en la forma de ondas electromagnéticas debido a vibraciones térmicas de sus moléculas. Estas vibraciones crean el característico brillo anaranjado del quemador de una estufa eléctrica, en un calentador eléctrico o en las bobinas de un tostador”.⁶

Radiación electromagnética: “Cuando se transfiere energía en la forma de ondas electromagnéticas como la luz, las microondas y las ondas de radio”⁷.

2.4. Ondas ionizantes y no ionizantes

Las ondas ionizantes y no ionizantes son radiaciones que se encuentran presentes en el entorno, dependerá del tipo de radiación en baja o alta energía lo que determina si tiene la capacidad de eliminar un electrón (partícula negativa) de un átomo o molécula. Debido a eso es que estas ondas son divididas en ionizantes (rayos X, rayos gamma, partículas de neutrones) y en no ionizantes (ultravioleta, visible, infrarroja, radio, microondas).

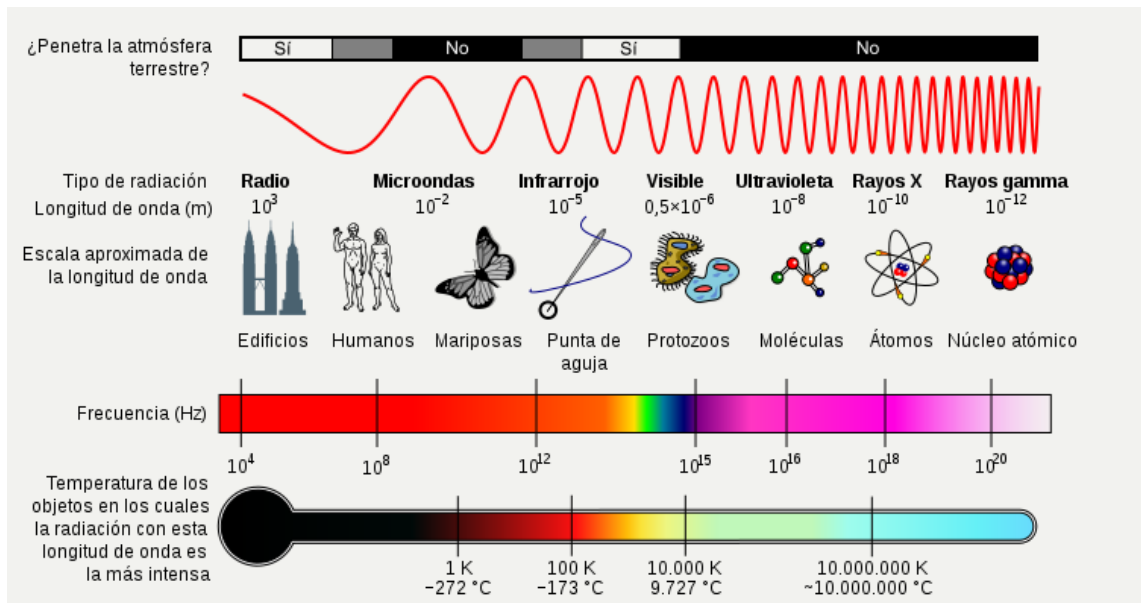
Radiación no ionizante: “Tipo de radiación de baja energía que no tiene suficiente energía como para eliminar un electrón (partícula negativa) de un átomo o molécula”⁸.

⁶ SERWAY, Raymond; VUILLE, Chris. *Fundamentos de física*. p. 381.

⁷ Ibid. p. 748.

⁸ Ibid. p. 974.

Figura 6. **Espectro de radiaciones ionizantes y no ionizantes**



Fuente: SIERRA MOLINA, Jorge Albeiro. *Espectro de onda*. p. 3.

2.4.1. Espectro de radiaciones

Se le llama así a la división de radiación ionizante y no ionizante, comprendidos en grandes grupos.

- Radio: conforman una parte del espectro electromagnético, comenzando la medición con una longitud de onda de 10^3 m por debajo de las ondas de microondas y con una frecuencia de 10^4 Hz. Por ejemplo, los radios, los medios de comunicación, entre otros.
- Microondas: estas ondas no penetran la atmósfera terrestre, produce radiación no ionizante. Es una de las más utilizadas debido a la frecuencia 10^8 Hz y longitud de onda 10^{-2} m, a la que se encuentra. Utilizada en telefonía, terapias medicinales, microondas, entre otros.

- Infrarrojo: su longitud de onda se encuentra en el rango de 10^{-5} m. Cuenta con una frecuencia de 10^{12} Hz. Es usada en algunos sistemas de comunicaciones, astrología, detectores de calor, entre otros.
- Visible: está ligada intrínsecamente a la radiación visible para el ojo humano. Por medio de la luz visible sobre los objetos, se considera un rango desde los 380 nm hasta los 750 nm en su longitud de onda.
- Ultravioleta: longitud onda de 10^{-8} m, siendo esta la que es irradiada por el sol, es una fuente emisora de radiación y una de las principales causas de cáncer en la piel por exposiciones prolongadas. Utilizada en campos de la medicina, fotocopiadoras, lámparas de uñas, entre otras.
- Rayos X: encontrada por encima de la radiación ultravioleta, con una longitud de onda de 10^{-10} m, capaz de atravesar cuerpos opacos. Utilizada en campos de medicina.
- Rayos gamma: dado por elementos radioactivos, con una longitud de onda de 10^{-12} m. Utilizada en la esterilización de equipo médico, exterminio de bacterias, insectos, entre otros.

Figura 7. Radiaciones ionizantes y no ionizantes

							
Radiación NO Ionizante					Radiación Ionizante		
Radio	Microondas	Infrarrojo	Luz Visible	Ultravioleta	Rayos X	Gamma	Cósmicos

Fuente: SIERRA MOLINA, Jorge Albeiro. *Espectro de onda*. p. 5.

3. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

Sistemas de mantenimiento es conocido como el conjunto de funciones orientadas a brindar un mayor soporte en la gestión de mantenimiento y lograr maximizar la disponibilidad de un equipo o dispositivo.

En general, se busca incrementar la disponibilidad de los recursos. Entendiendo por disponibilidad, el óptimo funcionamiento del equipo con base en el propósito para el cual fue diseñado.

Las ventajas que proporciona un sistema de mantenimiento son: incremento en la vida útil de los equipos, reducir costos en reparaciones, reducir los tiempos muertos, aumentar la confiabilidad, mejorar las condiciones de operación y trabajo, conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.

Dando a conocer que un sistema de este tipo encierra todo con base en una organización, aplicación y realización de las actividades que mejoren y conserven el funcionamiento de una máquina al más bajo costo posible.

3.1. Definición de mantenimiento

“Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación”⁹.

⁹ OXFORD. *Powered by Léxico*. Lexico.com. Consulta: 19 de abril de 2021.

Es una de las cosas mayoritariamente requeridas en cualquier ambiente del sector industrial, el objetivo deseado en cualquier equipo o insumo adquirido. Para la realización de un mantenimiento es necesario contar con una calendarización para mantener el servicio y la operación del equipo en el menor costo posible. ¿Qué hace que una falla se presente? Cuando ocurre una falla existen varios factores que afectan, los cuales se pueden clasificar en actos y condiciones.

Los actos son generados por el recurso humano, entre los cuales están: desconocimiento del equipo, mala operación de la maquinaria, mal uso de herramientas, capacitación nula del personal, instalación inadecuada, estos son algunos de los factores que se pueden prevenir.

3.2. Tipos de mantenimiento

Las condiciones hacen referencia a todos aquellos aspectos que no se encuentran directamente ligados a las manos del recurso humano, pero si es posible en algunos casos de reducir o evitarlos. Actualmente los mantenimientos se han clasificado por tipos, entre los ellos están los siguientes:

- Correctivo
- Proactivo
- En uso
- Programado
- Productivo total
- Preventivo
- Cero horas (*overhaul*)

Cada uno, con una característica que la hace única para diferenciarlas, aun así, todas con la meta de alcanzar el mismo fin. Cada aplicación depende de las necesidades que requiera la institución a la cual se le va a realizar dicho mantenimiento, basándose en costos, medidas de seguridad, tiempos, protocolos trabajados en conjunto con la programación estipulada y previamente establecida.

3.2.1. Mantenimiento correctivo

Es la corrección que se utiliza cuando se presentan fallas o averías. En donde debido a la avería se ha detenido una instalación, equipo maquinaria en la cual se ha dejado de prestar el servicio para el que fueron diseñados. Es efectuado por técnicos especialistas que, dependiendo de la complejidad del equipo, como antigüedad, será del tiempo mantenimiento.

En cuestión de antigüedad se debe considerar: es posible experimentar que, algunas veces debido al desgaste natural en las piezas, se puede dar un mayor número de paros en cuanto a producción respecta, lo cual a su vez dará repercusiones como: paradas no previstas y costos de mantenimiento no presupuestados.

3.2.1.1. Mantenimiento correctivo planificado

Este es un mantenimiento que se da durante un mantenimiento preventivo, en el cual ha sido necesaria la aplicación de un mantenimiento correctivo, debido a eso es que se le denomina mantenimiento correctivo planificado o bien, también es conocido como mantenimiento rutinario.

Se caracteriza por prever daños durante el momento de la revisión los cuales no afectan al dispositivo o maquinaria, no se puede asegurar del todo, pero existe una alta tendencia a tener fallos próximos. Es el punto de partida en el cual se da a conocer el pedido de repuestos para reemplazar las piezas que colapsarán futuramente, que fueron notadas durante la revisión programada del equipo.

3.2.1.2. Mantenimiento correctivo no planificado

También conocido como mantenimiento de emergencia, ocurrido por un fallo inesperado y que debe llevarse a cabo en el menor tiempo posible, con el fin de evitar el incremento de costos e impedir perjuicios ocasionados por un paro abrupto durante su utilización normal.

3.2.2. Mantenimiento proactivo

Es un mantenimiento caracterizado por desarrollarse bajo el conocimiento de todos los implicados dentro de su entorno, debido a que este mantenimiento implica con el control de una planificación en conjunto con las operaciones realizadas cotidianamente por el equipo de trabajo, ya que es necesaria la retroalimentación coordinada con la calendarización por medio de informes con la descripción de las actividades, errores encontrados, aciertos y logros.

Según Torres, en su trabajo de titulado *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas, S. A.* el mantenimiento proactivo está basado en tres principios:

- Mejorar los procedimientos antes de que se causen fallas
- Evitar paros inesperados del equipo por mantenimiento correctivo

- Aumentar el intervalo entre los intervalos para mantenimiento preventivo

Los tres principios están basados en lo que se busca dentro de este mantenimiento, al igual que se trata de controlar cinco aspectos, los cuales son: partículas de polvo, agua, temperatura, aire y químicos que se operan dentro de los equipos, debido a que algunos pueden ser ácidos que irán desintegrando el dispositivo internamente. Se muestra en la figura 8.

Figura 8. Programa de mantenimiento proactivo



Fuente: GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. p. 98.

3.2.2.1. Mantenimiento predictivo

Este se realiza con el equipo en funcionamiento, con base en las pruebas no destructivas, y es importante destacar que los instrumentos utilizados para realizar estas inspecciones tienen un alto costo, pero mientras se realiza el proceso no provoca paros de producción o tiempos muertos.

Esto es por el seguimiento de algunas de las variables más importantes de los equipos, por intervalos de tiempo definido para pronosticar la falla del equipo y realizar el mantenimiento antes de que ocurra el paro imprevisto.

Entre las variables más comunes a analizar están: temperatura, presión, aceites, el ruido, vibración, viscosidad, tintes penetrantes o ultrasonidos, entre otras. La aplicación de este mantenimiento se realiza en equipos que puedan poner en peligro a las personas que lo operan o bien causar grandes daños materiales. Con base en las variables descritas de los equipos, se describen algunos instrumentos con los que se realizan los análisis.

- De espesor: con ultrasonido
- De ruido: con decibelímetros
- De vibraciones: medidores de amplitud, velocidad y aceleración
- De temperatura: termografía

El beneficio de este tipo de análisis es la prolongación en cuanto a la vida útil de un equipo, y es una ventaja significativa como reemplazo de las maquinarias en correcta operación.

3.2.3. Mantenimiento en uso

También conocido como mantenimiento productivo total (TPM). Este mantenimiento pretende conservar la eficiencia de los equipos y productividad dentro de la empresa. Teniendo como base la proactividad, trabajo en equipo, la mejora continua en la realización de tareas sencillas y repetitivas para mejorar la competitividad de todo el personal.

Tiene como objetivo la reducción de costos del mantenimiento, incremento de la vida útil del equipo, el incremento de la disponibilidad de los equipos, que a su vez, contrae un incremento en eficiencia y motivación de los empleados.

“El TPM mejora el rendimiento de los equipos, ya que mantiene la velocidad óptima de trabajo y elimina los tiempos muertos”¹⁰.

3.2.4. Mantenimiento programado

Se puede determinar, también como un mantenimiento preventivo, debido a que está al pendiente de las recomendaciones dadas por el fabricante y personas que se encuentren al tanto del tema, obteniendo un cronograma de aplicación para el mantenimiento.

Una combinación entre preventivo y predictivo al mismo tiempo, ya que también son realizados con base en una periodicidad establecida con anterioridad, pero a diferencia de los anteriores, este mide una variable de control cada vez que se considere necesario.

3.2.5. Mantenimiento preventivo

Se caracteriza por tener un procedimiento que se realiza de una manera periódica y premeditada, con el fin de notificar los posibles deterioros o daños en placas de circuitos electrónicos, las cuales pueden tener desgaste, corrosión o deterioro, ya sea por suceso natural de las piezas, o por el manejo de sustancias

¹⁰ GUZMÁN ACEBEDO, Cely Jackeline. *Propuesta de mejora con base en la función de mantenimiento y orientados a la disponibilidad de servicios de la flota de vehículos pesados de la empresa de transporte Pereda*. p. 40.

altas en volatilidad que en algunas ocasiones eran las culpables de ocasionar averías futuras en los equipos electrónicos, maquinarias pesadas, artefactos.

Es importante mencionar que durante el desarrollo de este mantenimiento se puede dar un involucramiento involuntario de otros mantenimientos, dependiendo del estado actual del equipo al cual se le esté realizando su servicio o chequeo previamente calendarizado, con el fin de corregir estos futuros daños que dan lugar a un paro repentino, creando pérdidas considerables en cuanto a factor de fabricación/tiempo respecta.

Uno de los factores que se deben tomar en consideración al momento de la realización de este mantenimiento es la secuencia de pasos que se deben tomar para desarrollar un mantenimiento preventivo, ver figura 9.

Figura 9. **Pasos para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo**



Fuente: GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. p. 293.

Habitualmente se define como mantenimiento al conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

El mantenimiento preventivo previene las fallas que se puedan generar, detectadas estas con anterioridad por medio las actividades que conllevan revisiones e inspecciones, programadas en donde se establecen las secuencias correctivas o de cambio. Para realizar un mantenimiento preventivo es necesario contar con el apoyo del personal dentro de la empresa a la cual se le va a realizar dicho servicio, para planificarlo adecuadamente, mencionando que la base de este se encuentra en función del tiempo.

Es necesario llevar un registro de los mantenimientos realizados, y así obtener un análisis detallado de lo que ha sucedido con el equipo, de esta manera contar con un control en donde se sepa el período en el cual fue realizado, verificar si se han encontrado anomalías en el dispositivo, con el fin de detectar una solución eficaz, y si detecta una anomalía similar, lograr corregirla rápidamente.

“Una de las ventajas del mantenimiento preventivo es que se sabe con anticipación qué es lo que se debe de hacer, ya que se dispone de personal, documentos técnicos y repuestos”¹¹.

¹¹ CANTORAL VERAS, Harry Allan Roberto. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la industria de Café Quetzal*. p. 56.

El propósito del mantenimiento es mantener una instalación o equipo en funcionamiento. Está presente en varios aspectos como: costos de operación, calidad del producto de servicio, capacidad operacional, imagen y seguridad ambiental de la compañía. Todo esto ligado a tener un equipo en óptimas condiciones para que el proceso de cualquier industria no se vea afectado en cuanto a su producción.

4. ESPECTROFOTÓMETROS

Los espectrofotómetros son equipos funcionales de laboratorio, utilizados en las industrias por contar con estas funciones:

- Brindar información de la muestra
- Detectar la cantidad de sustancia que contiene la muestra

Figura 10. **Componentes de los espectrofotómetros de laboratorio**



Fuente: QUESADA MORA, Silvia. *La espectrofotometría y tipos de espectrofotómetros*. p.1.

- **Espectrofotómetros infrarrojos**
 - Son equipos basados en la absorción de radiación de longitudes de onda entre 400 y 4 000 nm. Su proceso de absorción se debe a la presencia de sobretonos y bandas de combinación. El uso de los espectrofotómetros infrarrojos se restringe a muestras sólidas y líquidas para el análisis medioambiental, farmacéutico, polímeros y alimentos.

- **Espectrofotómetros de absorción atómica**
 - Determinan la concentración de metales y otros elementos en soluciones. Los espectrómetros de absorción atómica se emplean para el análisis de aguas, suelos, bioquímica, farmacéutica, petroquímica, entre otros.

- **Espectrofotómetro de plasma acoplados a masas**
 - Analizan todos los elementos de la tabla periódica. Son ideales para analizar metales que se encuentran en concentraciones de partes por billón. Los espectrofotómetros de plasma acoplados a masas se utilizan para análisis del medio ambiente, química, electrónica, biomedicina, entre otros.

4.1. Espectrofotómetro UV-VIS

Es un instrumento que permite la determinación de compuestos de una manera cuantitativa por medio de la comparación de la radiación absorbida o transmitida hacia una solución que contiene soluto y otra que contiene una cantidad conocida de sustancia, dándolo a conocer como el proceso de absorción de radiación ultravioleta visible.

Regidos por la ley de la ecuación de Beer-Lambert. Los espectrofotómetros ultravioleta-visible pueden detectar la radiación con longitud de onda entre los 160 y 1 100 nm.

La ley de Beer-Lambert da a conocer una relación empírica en relación entre la absorción de luz con las propiedades del material que será atravesado, es calculado mediante la siguiente expresión:

$$\frac{P_t}{P_o} = e^{-klc}$$

Donde:

- P_t = rango de luz captado por el tubo de fotocolorimetría.
- P_o = rango de luz que sale del tubo de foto colorimetría y que va a llegar a la celda fotoeléctrica donde es captada y medida.
- k = capacidad de captación de haz del campo electromagnético.
- l = longitud del tubo de fotocolorimetría, en cm.
- c = concentración de la muestra ya ubicada en el tubo de fotocolorimetría.
-

La ley de Beer-Lambert, también tiene una ecuación para la cuantificación de la concentración de una muestra por UV, se da a conocer a continuación:

$$A = \epsilon Cl$$

Donde:

- A = absorbancia
- ϵ = coeficiente de extinción

- C = concentración (moles/l)
- l = longitud del paso de la cuba (cm)

El uso de la espectroscopia UV-VIS es para la identificación de algunos grupos funcionales de moléculas, así como para determinar el contenido y fuerza de las sustancias. Conveniente para el análisis de aguas y efluentes papeleros (DQO, color, hierro, sulfatos, lignina disuelta), así como la determinación e identificación de aditivos no celulósicos en almidón, resinas, papel entre otros.

4.1.1. Descripción del equipo

Los espectrofotómetros UV-VIS se agrupan en distintas series, marcas y modelos. De esto se partirá para determinar el rango de estudio, las capacidades con las que cada equipo cuenta.

Con estos equipos se tiene que es un poco limitada para la información de compuesto, debido a que los compuestos que contengan un cromóforo o insaturaciones son visibles en esta región, siendo este como un valor más dentro del cálculo. Un cromóforo es cualquier conjunto de átomos que absorban la luz independientemente de que se encuentre presente el color o no.

La máxima absorción se debe a la presencia de cromóforos para el análisis de compuestos aromáticos y ácidos carboxílicos (α y β) insaturados.

4.1.2. Tipos de espectrofotómetros

Los espectrofotómetros están divididos en dos tipos de funciones, se puede denominar en función simple, cuando el equipo solo cuenta con un haz; y función múltiple, cuando el equipo cuenta con haz doble.

- Espectrofotómetro de haz simple

Este tipo solo posee un único compartimiento para celda, en donde se debe realizar la medida de absorción de blanco para determinar un cero (referencia) y posteriormente medir la muestra.

Para tener una mejor comprensión de cuál es el funcionamiento, en la figura 4 se presenta un diagrama esquemático de para haz simple.

Figura 11. **Esquemático de espectrofotómetro de UV-VIS haz simple**



Fuente: SHEFFIELD HALLAN. *UV-VIS Absorption Spectroscopy*. p.1

- Espectrofotómetro de doble haz

Este equipo cuenta con dos compartimientos para celdas en donde se mide de manera simultánea el blanco y la muestra. Especificando que el blanco es la cantidad de energía radiante absorbida por una matriz, mientras que la energía absorbida por la muestra compuesta por la matriz es la que posteriormente se desea determinar.

De la misma manera como en la descripción breve de haz simple se presenta su funcionamiento por medio de un esquemático, se dará a conocer el de haz doble.

Figura 12. **Esquemático de espectrofotómetro UV-VIS de doble haz**

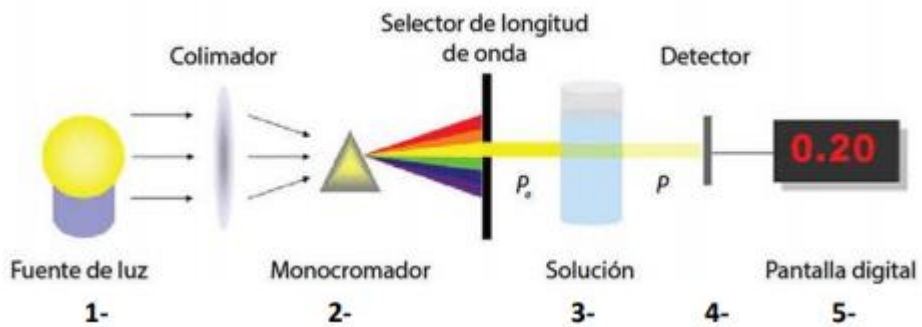


Fuente: SHEFFIELD HALLAN. *UV-Vis Absorption Spectroscopy*. p.1

4.1.3. Composición interna de un espectrofotómetro

La composición interna de un espectrofotómetro se encuentra diseñado en partes o segmentos con una función específica, en cuanto a la medición de la radiación UV-VIS, esta es regida por la configuración que se da a conocer en la figura 13.

Figura 13. **Composición interna de un espectrofotómetro**



Fuente: QUESADA MORA, Silvia. *La espectrofotometría y tipos de espectrofotómetros*. p.1.

Siendo los componentes descritos con un número en la parte inferior de cada uno de los componentes el siguiente:

- Fuentes o lámparas (UV-VIS)
- Selector de longitud de onda (monocromador)
- Contenedores de muestra
- Detector
- Procesador de señales y lectura

Fuentes o lámparas (UV-VIS) fuentes de radiación ultravioleta

La potencia de la fuente de radiación debe ser constante en el rango de longitud de onda, debido a que la excitación eléctrica de deuterio o hidrógeno a presión baja produce un espectro UV. Tanto las lámparas de deuterio como de hidrógeno producen radiación en un rango de 160 a 375 nm. Los materiales en los cuales se va a realizar la medición deben ser cuarzo, ya que de usarse vidrio este absorbería la radiación de longitudes de onda menores a 350 nm.

Fuentes de radiación visible

La lámpara de tungsteno se utiliza como fuente de luz visible. Tiene una longitud de onda de 350 a 25 000 nm. La energía emitida por una lámpara es proporcional a la cuarta potencia del voltaje de funcionamiento, y para que sea rentable, la lámpara debe ser muy estable.

En la mayoría de los espectrofotómetros modernos, la lámpara utilizada es tungsteno/halógeno en la cual su vida útil se duplica con respecto a una lámpara de tungsteno común. La salida logra extenderse hasta el ultravioleta.

Selector de longitud de onda (monocromador)

Los monocromadores están compuestos por los siguientes componentes:

- Una rendija de entrada
- Lente colimadora
- Un dispositivo de dispersión (generalmente prisma o una rejilla)
- Lente de enfoque
- Una rendija de salida

Contenedores de muestra

Los recipientes para la muestra y la solución de referencia deben ser transparentes a la radiación, ya que pasará a través de ellos. Para realizar espectroscopía se necesita que sean de sílice o cuarzo. Los vidrios de silicato se pueden utilizar para uso de 350 y 2 000 nm.

Detector

“El tubo fotomultiplicador es un detector de uso común en espectroscopía UV-VIS consiste en un cátodo foto-emisivo (cátodo que emite electrones cuando son golpeados por fotones de radiación), varios dinodos (que emiten varios electrones por cada electrón que los golpea) y un ánodo”¹².

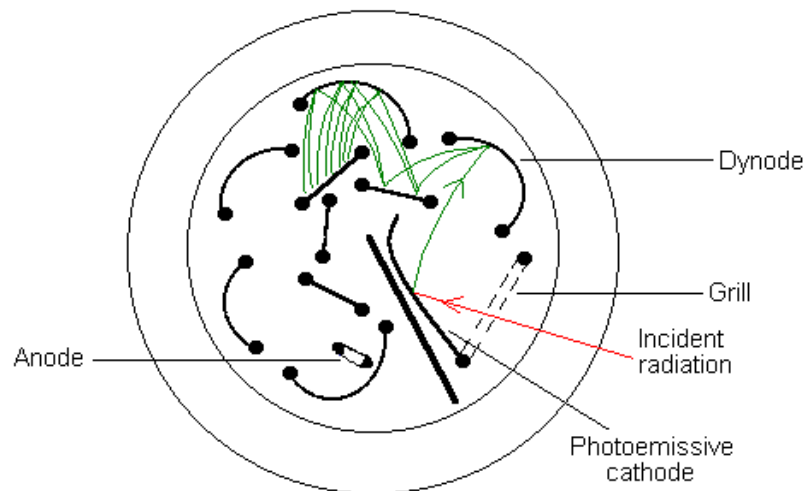
Los fotomultiplicadores son muy sensibles a la radiación UV y visible. Tienen tiempos de respuesta rápidos los cuales permiten un análisis eficiente. La luz

¹² CONNOR, Nick. *Dosimetría de radiación*. www.radiation-dosimetry.org. Consulta: 22 de octubre de 2021.

intensa daña los fotomultiplicadores; por ello se limitan a medir la radiación de baja potencia.

La detección dentro de los espectrofotómetros ocurre por medio de tubos fotomultiplicadores, estos son extremadamente sensibles a la radiación UV y visible, con tiempo de respuesta rápido, limitados a medir baja potencia, debido a que son dañados con mucha facilidad por la luz intensa.

Figura 14. **Sección transversal de un tubo fotomultiplicador**



Fuente: SHEFFIELD, Hallan. *UV-VIS Absorption Spectroscopy*. p. 3.

La matriz de fotodiodos lineales es un claro ejemplo de un detector de fotones multicanal. Estos son capaces de medir todos los elementos en un haz de radiación que se encuentra simultáneamente dispersa.

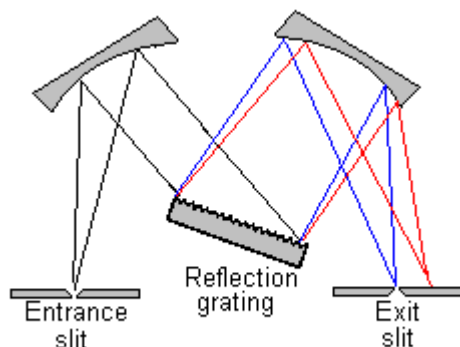
- Procesador de señales y lectura: también son conocidos como dispositivos de carga acoplada (CCD), son similares a los detectores de matriz de diodos, pero en lugar de diodos, es por medio de una matriz de fotocondensadores.

Los dispositivos de carga acoplada funcionan similares a los detectores de matriz de diodos, solo que por medio de foto condensadores en lugar de diodos.

4.1.4. Funcionamiento y características de un espectrofotómetro

La radiación de policromática (radiación de más de una longitud de onda) ingresa al monocromador a través de una rendija de entrada. El haz se colima para llegar al elemento de dispersión en un ángulo determinado. El haz se divide en las longitudes de onda que lo componen mediante la rejilla o el prisma. Al mover el elemento de dispersión o la rendija de salida, la radiación de solo una longitud de onda particular sale del monocromador a través de la rendija de salida¹³.

Figura 15. Monocromador de rejilla



Fuente: SHEFFIELD, Hallan. *UV-VIS Absorption Spectroscopy*. p. 3.

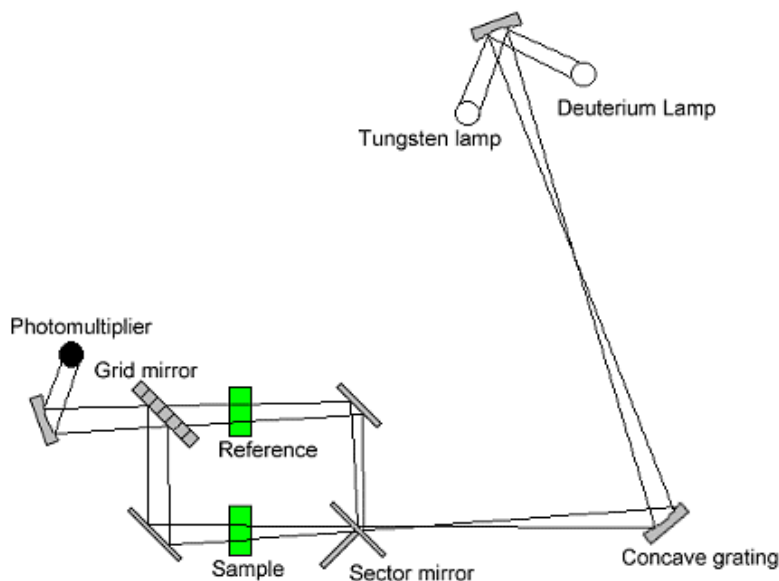
¹³ SHEFFIELD, Hallan. *UV-VIS Absorption Spectroscopy*. University teaching.shu.ac.uk.

El funcionamiento es relativamente sencillo, aunque dependerá si es un espectrofotómetro de un haz o de doble haz. Si es un haz se deberá colocar el blanco para que este sirva de referencia para la muestra a analizar.

De ser de haz doble se colocará el blanco en la celda de silicio en la segunda posición y la muestra en la primera posición vista desde la parte frontal del equipo.

Posteriormente, el espectrofotómetro comparará el valor dado de referencia con la muestra en cuestión, este analizará la radiación transmitida por medio del detector y el procesador de señales y lectura, que es también conocida como matriz de fotodiodos el cual obtendrá el espectro de absorción al barrer la longitud de onda de la luz para posteriormente entregar un resultado.

Figura 16. **Esquema gráfico de funcionamiento interno espectrofotómetro UV-VIS doble haz**

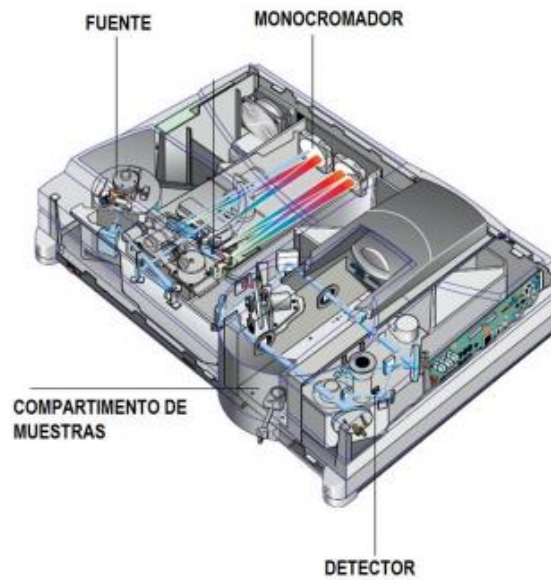


Fuente: SHEFFIELD. Hallan. *UV-VIS Absorption Spectroscopy*. p. 3.

Las características de un espectrofotómetro son pequeñas notas de información que ayudarán a conocer un poco más sobre los materiales por medio de los cuales este equipo se compone. Los compartimientos en los cuales se coloca el blanco y la muestra son celdas de silicio para evitar que la luz se refracte y, que, a la vez, atraviese la muestra sin que sea un elemento de error en el cálculo de la cantidad de sustancia que posee el componente que se está analizando.

- El equipo, para su perfecto funcionamiento, utiliza dos lámparas: una de H o deuterio para el análisis dentro de la región ultravioleta y una de W/halógeno para el análisis en la región visible.
- El que es conocido como blanco o valor de referencia debe contener únicamente solvente, para que cuando la luz pase por la muestra y el valor de referencia, la radiación sea detectada y absorbida correctamente.

Figura 17. **Esquema de funcionamiento dentro del equipo espectrofotómetro UV-VIS**



Fuente: Instituto Nacional de Metrología de Colombia. *Guía de calibración de espectrofotómetro UV-VIS INM/GTM-FR-E/01*. p. 8.

4.2. **Gestión de repuestos**

Los costos más grandes dentro del mantenimiento son los repuestos. En la mayoría de las empresas se cuenta con un Departamento de Compras, el cual es el encargado de adquirir lo necesario para la empresa.

En este, generalmente se encargan de tener el menor *stock* posible, lo cual es un poco contradictorio para los mantenimientos, ya que en ellos se trata de tener la mayor cantidad de *stock*/repuestos posibles para cubrir cualquier eventualidad.

Lo que se intenta no es tener repuestos sin sentido, una gestión de lo necesario y más importante para mantener a la maquinaria en operación, la mayor cantidad de tiempo posible.

4.2.1. Selección de repuestos

La selección de las piezas a necesitar va a depender de los aspectos que dan a conocer durante el mantenimiento del equipo. Algunas veces los fabricantes de dichos aparatos electrónicos son los que dan una lista propuesta de las piezas a cambiar por desgaste natural.

Lo normal es que el valor de dichos repuestos es de un 3 a un 6 % del valor del equipo, aunque no es de sorprenderse que algunos repuestos tengan un valor más elevado que un equipo nuevo.

Es necesario tomar en consideración que los poseen estas piezas de desgaste natural, por lo tanto, es necesario tomar medidas al respecto.

4.2.2. Piezas sometidas a desgaste

Las piezas que son sometidas a desgaste en un equipo se pueden dividir en dos ramas, las cuales pueden ser:

- Fijas: son sometidas a fatiga o bien por corrosión, como tuberías, varillas.
- Móviles: rotores, correas, poleas, ejes, rodamientos, cojinetes, relés, contactores.

4.2.3. Consumibles

Son los elementos cuya duración es fácil de determinar con un bajo costo, son sustituidas sin síntomas de mal estado, pero su desatención puede provocar daños en el equipo. En general, los más usados son las lámparas de tungsteno y halógenas.

4.2.4. Piezas eléctricas

A estas se les da una gran fiabilidad y hace referencia a los circuitos impresos, fusibles, fuentes de alimentación, contactores, entre otros. Siendo la principal causa de fallos, las sobretensiones, cortocircuitos y calentamientos.

4.2.5. *Stock* de repuestos

El *stock* de repuestos para un espectrofotómetro va a depender del modelo que se esté utilizando, aunque la mayoría, sus únicos consumibles son las lámparas, ya que son utilizadas para la realización de los análisis en estos equipos.

Las lámparas tienen una vida útil aproximada de 4 años, por lo tanto para su control se propone una tabla tanto en Excel como en la nube de los correos institucionales de la compañía, para que sea de conocimiento de todas las áreas implicadas: departamentos de Ventas, de Compras, equipo de analistas, especialistas, coordinadores, Junta Directiva, entre otros; quienes están al pendiente de los cambios o requerimientos para mantener el equipo en función, de ser posible todo el tiempo, sin fallos repentinos por falta de mantenimiento.

Los otros repuestos necesarios, en cuanto a desgaste natural por uso, se tendrá el control de mantenimiento preventivo, con el fin de prever en qué

momento será necesario el cambio de estas piezas; de la misma manera con las lámparas se puede utilizar este modelo propuesto adaptándolo a las necesidades.

Es necesario tomar el modelo para cualquiera equipo debido a que será la única forma de determinar el tiempo estimado en que una pieza se encuentra con problemas, ya que dependerá de los compuestos que se analicen, lo que dictará el cambio de ellas, debido a que hay muestras a analizar y que son muy corrosivas y aceleran el desgaste.

El pedido de cualquier pieza requiere un tiempo aproximado de espera de 2 meses, los cuales deben de tomarse en consideración al momento de requerir un cambio.

Estas son tablas dinámicas, es por ello que se puede notar el color rojo en una de las celdas de la tabla I, creadas con el fin de llevar un control de uso del equipo de manera automática o sistematizada, pudiéndola vincular a Google y calendarizar para que se notifique por medio de un mensaje en un dispositivo móvil programado.

Tabla I. **Control de stock**

Equipo: espectrofotómetro UV-VIS				Modelo: 1D		Serie: P	
Fecha y hora	Pieza	Descripción	Fecha de instalación	Contador de días de uso	Días restantes de uso	Fecha para pedir repuesto	Fecha para cambio
24/06/21 10:15	Lámpara Deuterio	Encargada de emisión de fuente UV.	23/06/21	1	1396	20/04/2025	20/06/25
		Modelo: TYT					
		Serie: UVU					
		Marca: Espectro					
24/06/21 10:15	Consumibles	Disecante, mantiene un ambiente óptimo.	23/03/21	93	57	20/08/21	20/06/22
		Modelo: ToT					
		Serie: UnU					
		Marca: Espectro					
24/06/21 10:15	Otros	Piezas de desgaste por uso.	23/02/20	487	4	28/06/21	28/08/21
		Modelo: TT					
		Serie: UU					
		Marca: Espectro					

Fuente: elaboración propia.

5. FALLAS RECURRENTE

Un análisis de fallas es una serie de procesos, creado con el fin de identificar la causa de eventos relevantes que envuelven cambios de seguridad, ambiente, producción, calidad, entre otros. Para lograr optimizar la producción industrial, y de esta manera evitar que recurran los mismos eventos.

Tiene como objetivo obtener la más alta productividad, reduciendo los costos totales de mantenimiento de una manera eficiente, segura y económica. Convirtiéndose en un sistema integral generador de utilidades, por medio del cual se aportan estrategias de mejoramiento.

5.1. Fallas

Este es un error que afecta negativamente a una empresa, ya que no se desea que esto ocurra. Debido a que es un paro y pérdidas en cuanto a producción respecta, como se describía con anterioridad es cuando un equipo deja de realizar correctamente la función para la cual fue diseñado y es evidente que no se lleve a cabo ninguna acción para que sea corregido.

Las causas de un fallo pueden estar asociadas a:

- Diseño
- Mal uso
- Mantenimiento inadecuado

5.1.1. Tipos de fallas

Una vez se detecta que ha ocurrido un fallo, se identifica la causa que lo provocó. Cada equipo tiene distintas funciones sobre las cuales se encuentran trabajando, estas van desde primarias, las cuales son de uso fundamental para los procesos; secundarias, que apoyan a las principales, y terciarias, tienen que ver con la estética del elemento.

La clasificación depende del momento de la vida útil en que este ocurrió y se pueden catalogar en varios tipos de fallas, entre las cuales están: crítica o mayor, parcial, reducida, esporádica, crónica, transitoria, tardías.

- Fallas críticas o mayores: afectan las funciones principales de un instrumento y pueden perjudicar a la seguridad de las personas y al medio ambiente.
- Fallas parciales: afectan solo algunas funciones.
- Fallas reducidas: afectan al instrumento sin que pierda sus funciones principales y secundarias.
- Falla crónica: afecta al equipo en forma sistemática y el daño puede ser crítico, parcial o reducido.
- Falla esporádica: afecta al instrumento de forma aleatoria y puede ser crítico o parcial.

- Falla transitoria: afecta al instrumento durante un tiempo limitado para luego desaparecer sin necesidad de realizar ninguna acción de mantenimiento.
- Fallas tardías: se presentan en el equipo con una pequeña fracción de fallas en la etapa final de la vida útil de un equipo.

La pérdida de funciones que sufre el equipo o sistema con una falla se divide en total o parcial:

- Pérdida total: cuando el equipo o sistema se encuentra inhabilitado de realizar la acción o acciones para las cuales fue diseñado.
- Pérdida parcial: cuando es solo una sección de sus funciones la que ha parado y el equipo puede seguir funcionando, aunque no sea en óptimas condiciones; se encuentra un paso antes de que sea una pérdida total. En este caso el equipo aún puede ser reparado.

Una manera de encontrar la solución para el fallo es considerar la prioridad de reparación con base en su función, teniendo como fundamento el tipo de pérdida ante la cual es fácil de encontrar.

5.1.2. Beneficios del análisis de fallas

Los beneficios que se obtiene al aplicar el análisis de fallas son:

- Proporciona la capacidad de reconocer un patrón de fallas y la repetición de estas.

- Aumenta la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad de los equipos.
- Mejora las condiciones de seguridad industrial y evita tiempos improductivos necesarios.
- Disminuye el número de incidentes, reduce los impactos ambientales y los accidentes.
- Reduce las frustraciones del personal de mantenimiento y de operarios.

Estos beneficios evitarán pérdidas económicas y de tiempo, disminución de accidentes, impactos ambientales que pueden recurrir en posteriores daños para la empresa, retrasos por falta de operación de la maquinaria.

Aumentando la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad tanto industrial como del equipo, gracias a que con este análisis podrá reconocer patrones dados por la repetibilidad de fallas.

5.1.3. Causas para tomar en consideración

Las causas para tomar en consideración son factores externos que pueden afectar al equipo, produciendo fallos por condiciones externas que no cumplen con requisitos de funcionamiento óptimo del equipo.

Tabla II. **Causas-descripción de causas**

No.	Causas consideradas	Detalles	Descripción
1	Ambiente		
	Humedad	Lluvioso, nuboso.	Cuando se presenta este tipo de ambiente se ha notado que dentro de los equipos se pueden presentar hongos parásitos dentro del banco óptico, lo que perjudica los datos calculados de instrumento, siendo estos erróneos.

Continuación de tabla II.

	Altitud	Presión de funcionamiento	Este afecta a las muestras a ser calculadas, el equipo no se verá afectado.
	Polvo	Materia orgánica, gases, químicos, elementos metálicos.	Cuando se crea la acumulación de polvo, esta puede contener algunas partículas o todas la mencionadas en características. Pueden crear aumentos de temperatura que ocasionen un daño irreparable en el equipo.
2	Energía eléctrica		
	Transitorias	Impulsivos, oscilatorios	Este tipo de falla se puede dar por dos motivos: uno la subida de tensión repentina, conocida como impulsivos; y dos, debido a cambios de estado de la condición estable de la tensión, también conocidos como oscilatorios.
	Interrupciones	Instantánea, momentánea, temporal, sostenida.	Se encuentra definida por la pérdida de tensión o corriente. Según su duración, el cual se encuentra definido en las características, siendo instantánea la más corta y sostenida 2 minutos como mínimo hasta un tiempo indefinido.
	Bajada de tensión/ sub-tensión	Fallas del sistema	Generadas por encender cargas de demandas altas en la corriente al momento de arranque.
3	Usuario		
	Errores de operación	Se opera de una forma inadecuada el equipo.	Errores que delatan la ausencia de decisiones acertadas, entre las cuales puede estar una omisión o convicción. Entre ellas se puede mencionar el no dar el mantenimiento adecuado a los equipos.
	Deterioro normal	Desgaste natural	Fallo ocasionado por uso, en donde solo se puede prever tener los insumos necesarios para continuar con el equipo en operación.

Fuente: elaboración propia.

5.1.4. Aplicación del análisis de fallas

Se da cuando se consideran causas de fallas crónicas (repetitivas) como también esporádicas (una vez). Identificando las deficiencias de los programas

de entrenamiento y procedimientos operativos, siendo sumamente importante la supervisión de las actividades, sobre todo en un entorno donde se vive con frecuencia el cambio de personal.

Se debe aplicar en problemas críticos, puntuales dentro de un proceso o cuando se dan fallas repetitivas, recomendándose bajo los siguientes casos:

- Cuando se presentan fallas de reincidencia y comunes.
- Fallas esporádicas: paradas de emergencia, incendios, explosiones, muerte, lesiones importantes o fallas graves poco frecuentes en los equipos.
- Aplicación de procedimientos operativos en conjunto con la supervisión de actividades que son realizadas durante los mantenimientos preventivos.
- Aspectos operativos: aumento de consumo de energía, utilización de equipo por mayor tiempo, defectos de calidad e incidentes ambientales.
- Deficiencias organizacionales y de calendarización.

5.2. Listado de problemas

Para hacer uso de la aplicación del análisis de fallas correctamente, es necesario tener una base por medio de la cual se va a decidir cuáles son los problemas para tratar, de la misma manera, determinar cómo se van a tratar dichos problemas o fallas recurrentes.

- Hongos en espejos: problema presentado en algunas ocasiones por el entorno o ambiente en el cual se trabaja, en alguno de estos podría ser volatilidad en las muestras que se analizan. Es un problema que se presenta por varios motivos, siendo uno de los más comunes el desgaste

natural de las piezas, cuando no se tiene la rutina de mantenimiento preventivo.

- No conecta: en algunas ocasiones cuando el software no reconoce alguna parte del hardware del equipo.
- Fugas: generalmente, por desgaste natural de las piezas que transportan las muestras, en el caso de que el espectrofotómetro tenga auto muestreador agregado o bien este contenga una bomba peristáltica en donde las muestras a analizar serán absorbidas por el equipo, para realizar su respectivo análisis.
- No funciona: se encuentra vinculado a varias razones, entre ellas, que el equipo no se encuentre conectado a una fuente de energía eléctrica, por este motivo el equipo no funciona. También se identificó que se congelaba a mitad de su función, refiriéndose específicamente al software debido a que el mismo había perdido la conexión con el hardware. En algunas ocasiones el equipo no logra vincularse con la computadora que lo controla, cuando no se le da al equipo el tiempo prudencial para que este dé un buen resultado, dando como respuesta el paro momentáneo del mismo.
- Corrosión en placas: se presenta cuando los análisis de muestras que se realizan es con componentes que tienen una alta volatilidad, creando a largo plazo daños internos.
- Corrimiento de landa: error de calibración, en ocasiones es por el monocromador o controlador del haz de luz, en la mayoría de los casos se ha presentado por error de calibración por parte del usuario.

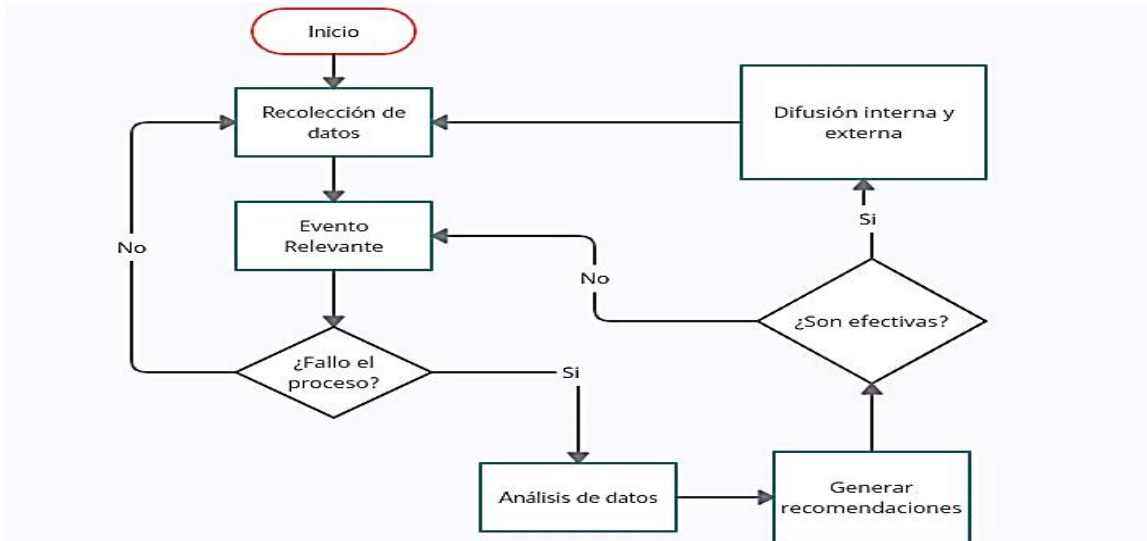
- Otros: problemas que se presentan en un punto medio, el equipo no conecta y no funciona, debido a que este puede estar en función normal y dar un resultado, pero al siguiente momento el equipo ya no muestra nada o da errores de repetibilidad.

5.3. Metodología del análisis de fallas

Son técnicas que van a aplicarse, cuando hay una interrelación entre los diversos niveles de un proceso para lograr considerar los factores, aspectos y condiciones que se encuentran presentes dentro de un entorno en el cual una falla pudiera ocurrir. Es necesario contar un protocolo, el cual va antecedido o evaluado con base en un diagrama de flujo para su representación.

En la figura 18 se muestra el diagrama de flujo con la propuesta de un diseño de diagrama de flujo sobre el cual se basa el análisis de la metodología/protocolo para la minimización, reducción y medida de lo posible la eliminación de fallas.

Figura 18. Diagrama de flujo del análisis de fallas



Fuente: elaboración propia, empleando programa Canvas.

5.4. Información general sobre análisis de fallas

Se puede definir como una metodología disciplinada con base en la cual se pueden determinar las causas físicas, humanas y latentes de cualquier tipo de falla o incidente que ocurren de una o varias veces para la toma de acciones que reducirán los costos durante el ciclo de la vida útil del equipo que permitirá tener menos paros en alguna de las áreas de producción, investigación o análisis que se esté llevando a cabo en cualquier institución.

5.5. Catalogación de fallas

Para tener una vista más clara respecto a los incidentes citados como fallas dentro de los equipos se ha creado la tabla III que los resume.

Tabla III. **Fallas por categoría**

No.	Defecto/falla	Detalle
1	Hongo en el espejo	La medición tiene una exactitud menor.
2	No conecta	El software no detecta el equipo.
3	Fugas	Los componentes para analizar se dispersan sobre el equipo.
4	No funciona	Al enchufar el equipo, no enciende.
5	Corrosión de placas	Produce serias averías en el equipo, con riesgo de no tener solución.
6	Otros	Defectos diferentes a los descritos.
7	Corrimiento de landa	Error de calibración, por parte del usuario.

Fuente: elaboración propia.

6. DEFINIR Y PROPONER SOLUCIONES

Las posibles soluciones serán enlistadas con base en los errores encontrados, es importante mencionar que estas se encuentran íntimamente ligadas a los mantenimientos preventivos, en combinación con el mantenimiento correctivo, el cual es aplicado dentro del mantenimiento preventivo cuando se requiera. Se citan cuatro enfoques, en los cuales se deduce que deben de realizarse por ser conveniente.

- La frecuencia: falla prematura que puede reducirse, muchas veces, con lubricación, limpieza, pequeños ajustes e inspecciones en función del desempeño.
- Control físico (medible): se conoce que una falla no puede prevenirse del todo, pero se puede mitigar realizando inspecciones, mediciones periódicas para evitar consecuencias negativas en cuanto a seguridad, ambiente o calidad de producción.
- Control visual y tangible: si el equipo realiza algún tipo de vibración, aumento de temperatura, debe considerarse aviso de falla inminente.
- Emergencia: a pesar de que el costo de un mantenimiento correctivo de emergencia es mayor a uno planeado, de no realizarlo en ese momento, la reparación se puede ver afectada de manera negativa debido a la presión de lo que una emergencia representa.

En la tabla IV se muestra el listado de problemas basados en fallos visuales o de funcionamiento, también se plantean algunas de las soluciones posibles.

Tabla IV. **Fallas detectadas y posibles soluciones**

Falla	Posibles soluciones
Hongos en espejo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Este tipo de fallos se encuentran con el fin de extender la vida útil del equipo.
No conecta	La no conexión de software con hardware. En el caso de tener conectado el equipo a un suministro de energía eléctrica, aun así, este no establece conexión, es necesario un reinicio del software del equipo.
Fugas	Cuando el problema se presenta por desgaste natural de las piezas, la solución bastará con reemplazarlas. En otras ocasiones, en donde las piezas son nuevas, el problema se da por error de ajuste al momento de la instalación de las nuevas piezas dándole solución, ya sea por medio de aflojar un poco las piezas o apretándolas.
No funciona	En algunas ocasiones, este problema se da debido a no tener voltaje de alimentación, fusibles desconectados. La solución sería la verificación de voltaje en el suministro y oprimir el botón de encendido.
Corrosión en placas	Este no es considerado un problema de prioridad, ya que no afecta en nada el funcionamiento del equipo, es únicamente estética. Aun así, la solución es realizar los cuidados de limpieza periódica al equipo para retardar lo más posible este deterioro por desgaste natural.

Continuación de tabla IV.

Corrimiento de landa	En caso de incurrir demasiado en este error, es necesario tener los calibradores estándar de fábrica, y así eliminar el factor del equipo. En caso de que fallen los calibradores de fábrica, se contacta al equipo de mantenimiento.
Otros	En el caso de que el problema se encuentre en el punto medio de no conectar y no funcionar, es necesario realizar un reinicio del software que controla el hardware, si después de ello, siguen detectando errores, la solución es contactar al equipo de mantenimiento preventivo para pruebas estándar con el equipo para verificación de muestras.

Fuente: elaboración propia.

Soluciones para implementar con base en posibles causas encontradas

- Desarrollar un programa de inducción/capacitación al nuevo personal.
- Establecer un programa o control, por ejemplo, una tabla de *stock* para los equipos, según sea el caso.
- Establecer un control para equipos, aunque solo se posea uno.

6.1. Priorización de fallas

existen algunos problemas que no son relevantes, ya que no afectan en sí el desempeño del equipo como tal, por lo cual, en la tabla V se presenta una descripción de acuerdo con el nivel de prioridad que estas representan, siendo las categorías por considerar.

- Prioridad baja (01)
- Prioridad media (05)
- Prioridad alta (10)

Tabla V. **Tabla de prioridades**

No.	Falla	Nivel de prioridad
1	Hongo en el espejo	05
2	No conecta	05
3	Fugas	10
4	No funciona	05
5	Corrosión en placas	10
6	Corrimiento de landa	07
7	Otros	05

Fuente: elaboración propia.

El nivel de prioridad se tomó con base al tiempo en el que un equipo se vio afectado en función a su desempeño, no obstante, las soluciones a tomar serán acorde a los requerimientos de dichos equipos, siendo de suma importancia que la funcionalidad y disponibilidad sea en condiciones óptimas.

Las soluciones propuestas, en caso de no tener función específica, se debe contactar al equipo de mantenimiento. Debido a que las soluciones ofrecidas son en gran medida pruebas por parte del usuario para evitar pérdidas de tiempo y producción con problemas que, muchas veces, el usuario final puede solventar sin necesitar del equipo de mantenimiento antes de su respectivo mantenimiento

preventivo, el cual tiene que programarse y calendarizarse, si se trabaja con estos equipos.

También es necesario considerar las soluciones a implementar con base en las posibles causas encontradas. En donde se ha determinado desarrollar un programa de inducción/capacitación al nuevo personal, establecer un programa para *stock*, control de equipos. Los cuales se procederán a detallar a continuación, ya que se pretende que puedan agrupar los problemas expuestos y posteriormente dar paso a la selección de soluciones factibles y eficientes.

Desarrollar un programa de inducción/capacitación al nuevo personal: esta es una solución que minimiza la curva de aprendizaje personal, debido a que, en algunas ocasiones, por el mal uso del equipo y no se cuentan con los conocimientos de configuración, los análisis no son correctos.

El beneficio que se obtendrá es un mayor compromiso con el personal operativo y minimización de costos por mantenimientos innecesarios. Para ello se recomienda trabajar bajo la siguiente metodología, asignada al jefe de área.

- Identificar las necesidades de capacitación: personal nuevo que ingresa, es necesario darle a conocer todo respecto a su nueva área laboral, pero también es importante revisar durante el primer mes, mínimo una vez a la semana, la manipulación del equipo que se encuentra a cargo de este.
- Con base en el conocimiento del equipo, se darán a conocer los conocimientos generales para generarlos a fin de que cada nuevo colaborador que ingresa al área de operaciones pueda mantenerse al tanto desde que inicia.
 -

- Establecer un programa para *stock*: la mayoría de los equipos requieren de consumibles para su funcionamiento, así como también hay piezas que sufren desgaste por uso, si bien no se tiene un control se recomienda tomar el ejemplo colocado en la tabla I.
- Control del equipo: aunque solo se posea uno, es necesario conocer qué ha fallado y qué tan recurrente este, por medio de un análisis en donde se tengan las fechas de los mantenimientos y si estos han reportado fallas.

Tabla VI. **Control equipo**

Espectrofotómetro UV-VIS		Serie: UV	Modelo: UV-VIS
Servicio	Fecha	Próxima fecha	Observaciones
Mantenimiento preventivo	01/07/21	01/12/21	El equipo se encuentra en óptimas condiciones
No funciona	03/07/21	01/12/21	No se sabía cómo reiniciar el equipo.

Fuente: elaboración propia

6.2. Selección de soluciones más factibles y eficientes

Con base en las fallas presentadas, las soluciones serán divididas en dos, el conocimiento del equipo y el control en cuanto a su funcionamiento. La mejor manera de tratarlo sería de la siguiente forma:

- Conocimiento del equipo: da la referencia en cuanto al diario trabajo del equipo, debido a que ya se conoce el funcionamiento del software con el

hardware, cómo estos tendrán interacción con el usuario final con base en los análisis realizados por el usuario final.

- Control de funcionamiento del equipo: para esta medida es necesario tener un control de las fallas que este ha dado en el tiempo que se tiene en uso. Para determinar de una manera más eficiente el motivo por el que incurre una falla. Esta es una solución más factible debido a que engloba el conocimiento del equipo por medio de su función.
- Tener guías o programas preestablecidos para capacitación del personal. Teniendo preparado previamente un manual o guía de uso de los equipos nuevos en la institución para el personal a capacitarse por el ingreso del nuevo personal o el de un nuevo equipo. Las guías ayudarán a reforzar y repasar las capacitaciones de usos y cuidados de los equipos, minimizando de esta manera los tiempos muertos por desuso del equipo, pese a que este se encuentre en óptimas condiciones y el desconocimiento de función software, hardware esté afectando.

6.3. Programar soluciones

Crear una calendarización mensual por medio de algún servicio *online*. Actualmente, uno muy efectivo, en donde todo el personal puede estar al pendiente de los cambios que se pueden presentar durante un período de tiempo es *Google calendar*, en el cual se puede agregar al equipo de trabajo que se encuentre a cargo de los equipos. Para crear armonía en el área de trabajo al mismo tiempo que se reducen los tiempos muertos dentro del área laboral.

Teniendo el control de equipo (tabla VI) en orden se procede a calendarizar el primer día de cada mes para notificar a todas las disposiciones que se tendrán

con el equipo. En condiciones normales del equipo, este permitirá crear las visualizaciones de su desempeño.

Otra solución es programar en caso de tener más de un equipo, crear una tabla de uso general en la cual se tengan todos los equipos, y estos también se encuentren dentro del programa mensual propuesto.

6.4. Propuesta de control para varios equipos

En algunas industrias se trabaja por medio de sectores, debido a esto se cuenta con varios espectrofotómetros por el tipo de análisis que dichas empresas realizan, con el fin de tener un control para determinar el tiempo y cantidad de fallas ocurridas durante el recorrido del uso, se propone una medida de control para constatar su correcto funcionamiento.

Se propone el uso de una tabla dinámica en donde se accederá a los equipos para tener un control individual, se propone para equipos individuales en control equipo de acuerdo con la tabla VI. De la misma manera que con el control de *stock*, estas tablas dinámicas, junto con una guía para agregar más equipos de una forma dinámica, ver apéndice 1.

En la tabla VII se presenta un ejemplo de la propuesta para trabajar los fallos de equipos espectrofotómetros UV-VIS.

Tabla VII. Propuesta de control para varios equipos

No.	Equipo	Fallas reportadas	Conteo de fallas	Daños ocasionados por fallos		Soluciones	Observaciones
				Software	Hardware		
1	Espectrofotómetro UV-Vis 1-A25	Ninguno	0	No aplica	No aplica	No aplica	Sus mantenimientos se han mantenido al día
2	Espectrofotómetro UV-Vis 2-B35	Desfase de onda	0	Ninguno	Ninguno	Se aplicó el protocolo estándar del equipo.	Se encontraron problemas en las muestras, el equipo se encontraba funcionando en óptimas condiciones. El problema se atribuye al usuario. Los mantenimientos se han mantenido al día.
3	Espectrofotómetro UV-VIS 3-C50	Fuga de compuesto a analizar	1	Ninguno	Ninguno	Se colocó de nuevo la manguera, presionándola con el <i>impeller</i> .	Solo se había perdido la tensión correcta a la que debe encontrarse colocada la manguera. Había residuos de sustancia dentro del <i>impeller</i> . Los mantenimientos que se realizan son correctivos. Sin calendarización previa.

Continuación de tabla VII.

4	Espectrofotómetro UV-VIS 4-D160	Ninguno	-	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
5	Espectrofotómetro UV-VIS 5-E180	Ninguno	0	Ninguno	Ninguno	No aplica	Sus mantenimientos se han mantenido al día.
6	Espectrofotómetro UV-VIS 6-P365	Fallo inicialización	3	No detecta hardware	Ninguno	Reinstalación de software	Sus mantenimientos se han mantenido al día

Fuente: elaboración propia.

Nota: los equipos colocados en la tabla VII están basados en espectrofotómetros reales. Las soluciones y observaciones que se han escrito se notaron durante el mantenimiento preventivo del equipo o bien durante alguna visita de requerimiento por el cliente, trabajando con mantenimiento correctivo el cual se encuentra englobado dentro del mantenimiento preventivo.

No es posible colocar el nombre, serie, modelo del equipo por acuerdo de privacidad y confidencialidad entre proveedores con sus clientes.

7. MARCO METODOLÓGICO

En una sociedad, en constante crecimiento, es parte vital el estar informados de cada actualización de algún dispositivo o avance tecnológico, pero estos avances no hubiesen sido posibles sin una creación inicial.

Siguiendo esta línea de pensamiento, los aparatos para la industria, así como para la vida cotidiana, tienen una esencia de funcionamiento, por lo que se dispone a utilizar la información para lograr evitar que se sigan produciendo daños en los equipos. Cuando existe una posibilidad de realizar el cambio.

Se observó la necesidad de encontrar los fallos en el equipo, se describen los datos recaudados de los modelos para posteriormente examinarlos críticamente, dando propuesta racionales y lógicas con el fin de obtener un resultado coherente claro y preciso.

Se va a segmentar el fenómeno, analizándolo de distintas maneras (clima al que se encuentra ambientado, uso, limpieza, cuidado, fluctuación de la energía eléctrica en el lugar) y distintas formas de solventarlo, en caso sea un problema que se dé en la zona en donde el dispositivo se encuentra, para lograr ordenar y clasificar los datos obtenidos en categorías.

Para lo cual se propone un diseño y el desarrollo del contenido.

7.1. Enfoque

Se basa en un enfoque mixto, en un principio es necesario determinar las variables cualitativas, y establecer las características propias del equipo. Terminando con un enfoque cuantitativo, para determinar las causas que influyen en las fallas, afectando la productividad óptima.

7.2. Tipo de estudio

El tipo de estudio es descriptivo no experimental; ya que los fenómenos a tratar no se podrán manipular las variables involucradas, únicamente se limitará a observar e indagar las circunstancias en las cuales se dan dichos fenómenos.

El tiempo en el cual se aplicará el estudio será de carácter transeccional descriptivo, debido a que las variables que se analizarán serán estudiadas durante un momento único en el tiempo bajo en contexto de uso del equipo.

7.3. Área de estudio

El área de estudio donde se llevará a cabo la investigación es el ambiente de los equipos de análisis químico en la Ciudad de Guatemala. Específicamente el área de servicio técnico, analizando los componentes, reportes, daños ocasionados por factores humanos, ambiente o cualquier otro elemento que pudiera afectar, provocando algún fallo y también, por medio de los mantenimientos preventivos.

7.4. Desarrollo del estudio

La investigación contó con el apoyo de las personas de servicio técnico, quienes se encuentran involucradas enteramente en el mantenimiento de los equipos.

Los datos para realizar el estudio están tomados de los equipos en operación y reportes de estos, por medio de los cuales se realizará una tabla para la realización del análisis estadístico descriptivo de datos no agrupados. Dando a conocer los cálculos de medidas de tendencia central (moda, media, mediana), medidas de dispersión (rango, varianza, desviación estándar), medidas de forma (curvas simétricas, sesgo derecho, sesgo izquierdo), en la sección de resultados para posteriormente dar propuestas con un enfoque científico, siendo la estadística una rama matemática.

A continuación, se darán a conocer los conocimientos básicos en los cuales se basará el análisis estadístico.

- Medidas de tendencia central
 - Media: es el promedio de los datos calculados. Se determina por medio de la siguiente ecuación:

- $$X = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad \text{o} \quad X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

En donde, $x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$ representa a cada uno de los datos sumados y n es el número total de los datos a calcular.

- Mediana: es el valor central de los datos calculados

- Moda: es el valor que más se repite
- Medidas de dispersión

La tabla que se realizará con la muestra de los datos sera la base para realizar una nueva tabla que cuenta con la terminología descrita a continuación, para determinar hacia dónde tienden los resultados. Posteriormente realizar los cálculos del rango, la varianza y la desviación estandar.

N: total de los datos

x_i : datos ordenados

\bar{x}_i : sumatoria de los datos ordenados

X: media estadística

- Rango (R): es la resta entre el número mayor de los datos y el menor.

$$R = D \text{ mayor} - D \text{ menor} \quad (2)$$

- Varianza o cuasi-varianza: da a conocer la dispersión de los datos.
Se calcula por la siguiente ecuación:

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n} \quad \text{o} \quad s_c = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n - 1} \quad (3)$$

En donde x_i es la sumatoria de los datos, X es la media y n es el total de los datos.

- Desviación estándar: es la raíz de la varianza. Calculado por la ecuación:

$$\sqrt{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n}} \quad \text{o} \quad \sqrt{s_c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n - 1}} \quad (4)$$

- Medidas de forma
 - Sesgo: es la comparación entre la mediana y la media que permitirá saber si los datos son mayores o menores a la media.

Si la mediana es igual que la media (X): los datos son simétricos

Si la media (X) es mayor que la mediana: los datos son sesgados hacia la derecha.

Si la media (X) es menor a la mediana: los datos son sesgados hacia la izquierda.

7.5. Métodos

Los métodos que se utilizaron en esta investigación son de tipo descriptivo, analítico, deductivo y método estadístico. Los mismos ayudarán a describir las características que afectan el funcionamiento, el desgaste natural de los equipos o los fenómenos externos.

7.6. Diseño

Para el análisis del mantenimiento preventivo con base en fallas recurrentes en el equipo espectrofotómetro UV-VIS se desarrollaron los siguientes pasos, los cuales dictaron el proceso a seguir para que dicho análisis sea lo más fiel posible

al artefacto a estudiar y lograr determinar sus errores frecuentes; se dividió en 4 fases:

- Fase de investigación
 - Objetivo: conocer el equipo de una manera teórica.
 - Técnicas: investigación de información teórica mediante la consulta de fuentes primarias como libros, artículos científicos y otros, también fuentes secundarias como tesis, artículos o informes en la web.
 - Herramientas: se utilizó la lectura, subrayado, resúmenes, paráfrasis, aplicándolo a fichas técnicas de trabajo.

- Fase de análisis
 - Objetivo: obtener antecedentes del equipo basado en los registros.
 - Técnicas: investigación documental, por medio de la información proporcionada por la empresa se describirán las actividades que se realizan y analizar el detalle de los fallos registrados en equipos pasados, logrando obtener valores numéricos de las variables involucradas
 - Herramientas: reportes de trabajo para la investigación documental, al obtener los datos proporcionados por la empresa se tabularán en hojas en Excel, para observar la evolución que se ha tenido y obtener un margen de errores en forma general.

- Fase de comparación
 - Objetivo: analizar los registros con los equipos en uso.
 - Técnicas: comparación de la información teórica con el juicio de los equipos que, hasta el momento del análisis, se encuentren en funcionamiento óptimo.
 - Herramientas: reportes proporcionados por la empresa, así como las visitas técnicas. Determinando el desenvolvimiento y comportamiento de los equipos, para concluir si este se encuentra en un parámetro aceptable, dentro de lo que se denomina tiempo vida útil.

Por medio de esta comparación se pretende encontrar fallas recurrentes con el fin de proceder a dictaminar las conclusiones de los datos recaudados tanto en lo pasado como la actual, dando a conocer las soluciones que preverán daños en una manera temprana.

- Fase de presentación de resultados
 - Presentación de datos obtenidos: se realizará por medio de tablas realizadas en Excel en donde se darán a conocer los datos obtenidos en conjunto con gráficas que hará la comprensión más sencilla. Estas tablas tendrán la información obtenida de la observación de manera directa e indirecta.

- Análisis de datos: con los datos recopilados, mediante estadísticas se analizarán usando métodos científicos con el afán de que la interpretación de resultados sea lo más exacta posible. Se utilizan los métodos de estadística descriptiva, medidas de tendencia central, desviación estándar, medidas de dispersión y rangos.
- Interpretación de datos: aquí será necesario la utilización de histogramas, diagramas de dispersión con los cuales se tomará el criterio necesario, junto con la información inicial, si se cumplen los objetivos de la investigación. Al cumplirse los objetivos se obtendrán las conclusiones que darán paso a la construcción de las recomendaciones.

8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

8.1. Repetibilidad de las fallas

Con base en los datos mostrados en la tabla III, fallas por categoría, se representan los defectos o las fallas, resaltando la frecuencia en la cual se dan los fallos en los equipos. En la tabla VIII se resumen estos.

Tabla VIII. **Detalle/repetibilidad de fallas**

No.	Defecto/falla	Detalle	Repetibilidad
1	Hongo en el espejo	La medición tiene una exactitud menor	1
2	No conecta	El software no detecta el equipo	2
3	Fugas	Los componentes por analizar se dispersan sobre el equipo	1
4	No funciona	Al enchufar el equipo, no enciende	2
5	Corrimiento de landa	Error de calibración, por parte del usuario	3
6	Otros	Defectos diferentes a los descritos	0

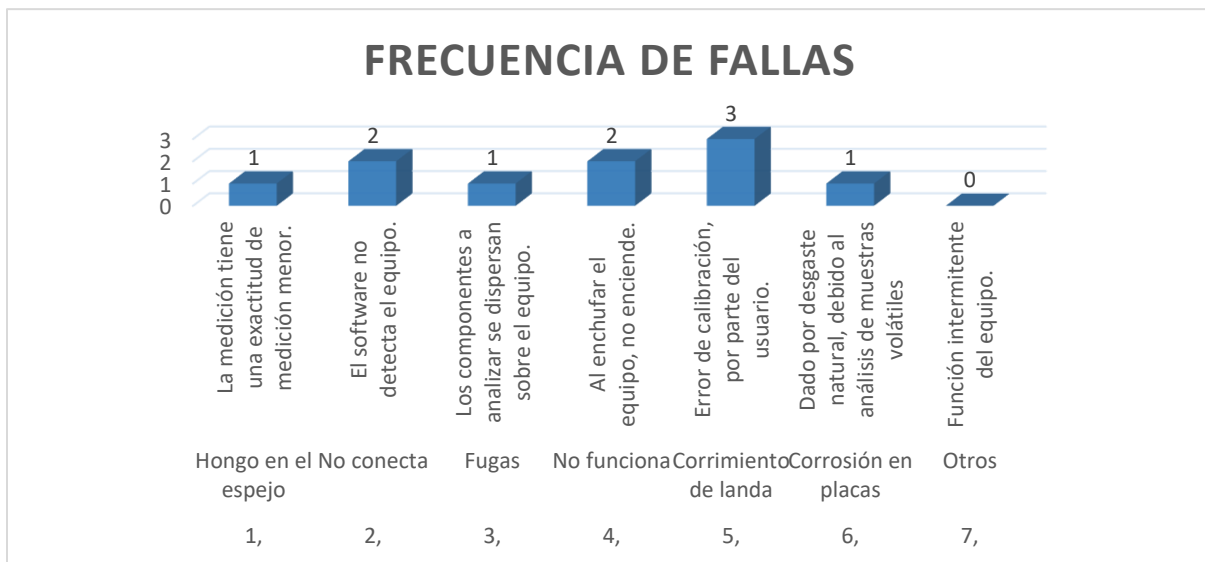
Continuación de tabla VIII.

7	Corrosión en placas	Produce serias averías en el equipo, con riesgo de no tener solución	1
Total			10

Fuente: elaboración propia.

Después del desglose se procede a representar los datos descritos, en forma gráfica, ver figura 19.

Figura 19. Frecuencia de repetibilidad de la falla



Fuente: elaboración propia.

Los datos contenidos en la tabla VIII son la base para la realización de los cálculos estadísticos que se dan a conocer, partiendo de la ecuación (1) se

determinarán las medidas de posición, tabla de las medidas de dispersión y medidas de forma.

Medidas de posición:

Media:

$$X = \frac{1 + 2 + 1 + 2 + 3 + 0 + 1}{7} = 1.43$$

Mediana:

Datos ordenados: 0, 1, 1, ① 2, 2, 3

Moda:

Datos ordenados: 0, ① 1, 1, 1, 2, 2, 3.

Medidas de dispersión:

Tabla IX. **Cálculo estadístico**

N	x_i	\bar{x}_i	X	$x_i - X$	$(x_i - X)^2$
1	0	0	1,43	-1,43	2,04
2	1	1	1,43	-0,43	0,18
3	1	2	1,43	-0,43	0,18
4	1	3	1,43	-0,43	0,18
5	2	5	1,43	0,57	0,33
6	2	7	1,43	0,57	0,33
7	3	10	1,43	1,57	2,47
	N = 7	X = 10/7 X = 1,43			$\sum (x_i - X)^2 = 5,71$

Fuente: elaboración propia.

Rango: este cálculo se realizará con base en la ecuación (2)

$$R = 3-0$$

$$R = 3$$

Varianza: cálculo basado en la ecuación (3)

$$s = \frac{5,71}{7} = 0,82 \text{ o } s_c = \frac{5,71}{6} = 0,95$$

Desviación estándar: cálculo tomando como base la ecuación (4):

$$\sqrt{s} = \sqrt{0,82} = 0,90 \text{ o } \sqrt{s_c} = \sqrt{0,95} = 0,98$$

8.2. Resultados del análisis estadístico de la frecuencia de fallas

La tabla VIII posee los datos usados para el análisis estadístico descriptivo de los obtenidos durante los mantenimientos preventivos. El desglose de los cálculos realizados se encuentra en los apéndices.

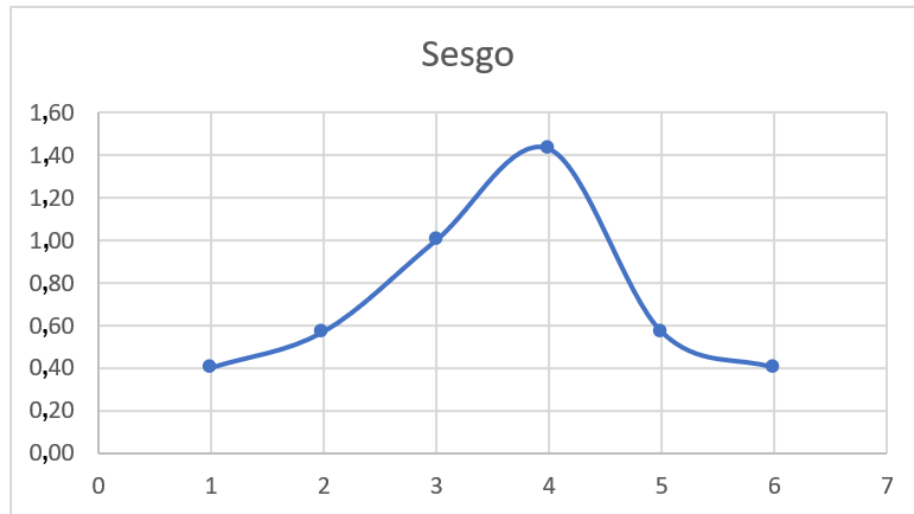
Con base en los datos obtenidos, estos se presentan en la tabla X y figura 20.

Tabla X. **Resultados estadísticos**

Datos no agrupados	
Media	1,43
Moda	1
Mediana	1
Rango	3
Varianza	0,95
Desviación estándar	0,90
Tipo de sesgo	Sesgo hacia la derecha

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Gráfica del sesgo hacia la derecha**



Fuente: elaboración propia.

8.3. Frecuencia porcentual

Para representar de manera porcentual los datos de la tabla VIII, se ha añadido una columna del lado izquierdo, con el fin de visualizar de una manera diferente los datos analizados, ver tabla XI.

Tabla XI. **Frecuencia porcentual**

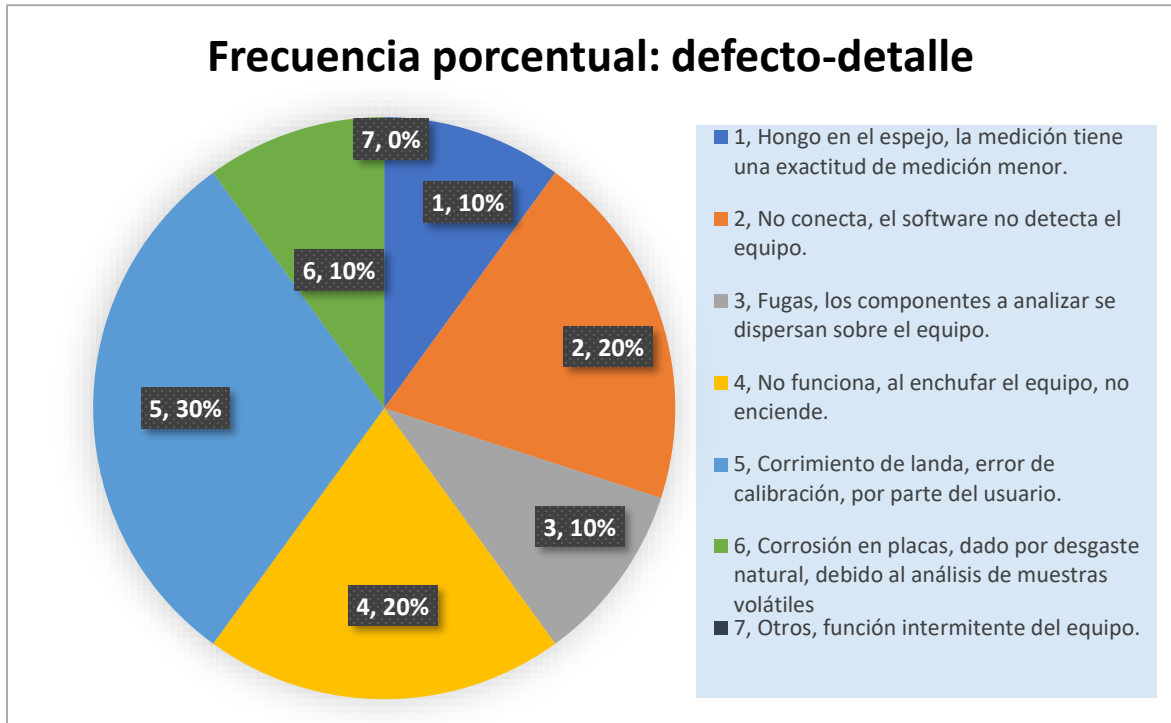
No.	Defecto/falla	Detalle	Cantidad	%
1	Hongo en el espejo	La medición tiene una exactitud menor	1	10
2	No conecta	El software no detecta el equipo	2	20
3	Fugas	Los componentes por analizar se dispersan sobre el equipo	1	10
4	No funciona	Al enchufar el equipo, no enciende	2	20
5	Corrimiento de landa	Error de calibración, por parte del usuario	3	30
6	Otros	Defectos diferentes a los descritos	0	0
7	Corrosión de placas	Produce serias averías en el equipo, con riesgo de no tener solución	1	10
Total			10	100

Fuente: elaboración propia.

8.3.1. **Gráfico de frecuencia porcentual**

En la gráfica mostrada en la figura 21, se puede notar el desglose que se encuentra en la tabla XI.

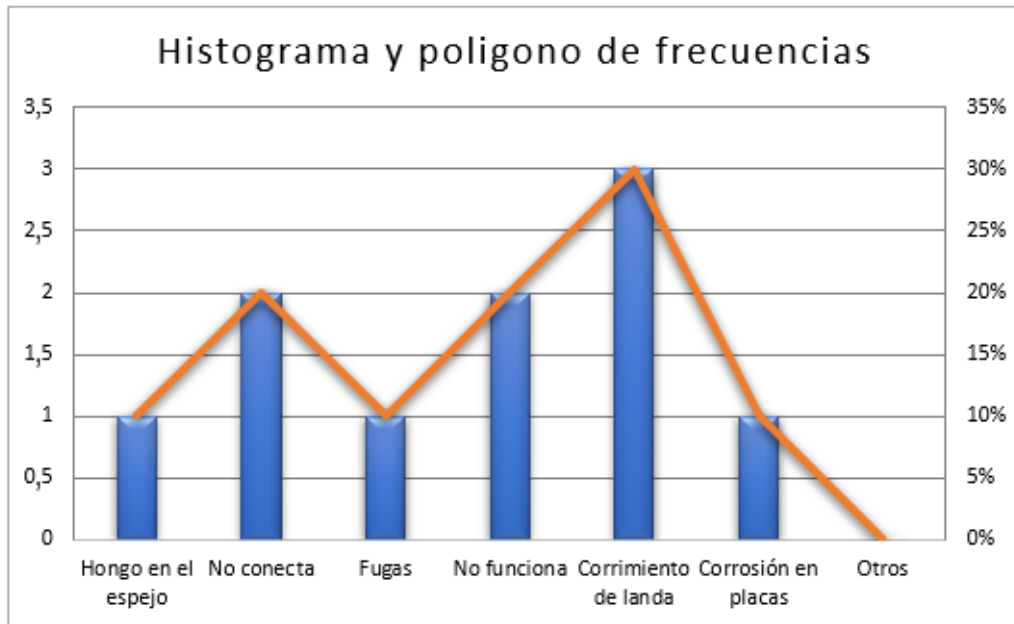
Figura 21. Gráfica porcentual de fallas



Fuente: elaboración propia.

En la figura 22, se presenta el polígono de frecuencias, en conjunto con el porcentaje en que ocurren los eventos.

Figura 22. **Gráfica de polígono de frecuencias**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Excel.

8.4. **Histograma**

En la tabla XII, se presentan los datos ordenados de mayor a menor con el fin de notar cuál es el que posee mayor incidencia.

Tabla XII. **Datos ordenados**

No.	Defecto/Falla	Detalle	Cantidad
1	Corrimiento de landa	Error de calibración, por parte del usuario.	3
2	No funciona	Al enchufar el equipo, no enciende.	2
3	No conecta	El software no detecta el equipo.	2

Continuación de la tabla XII.

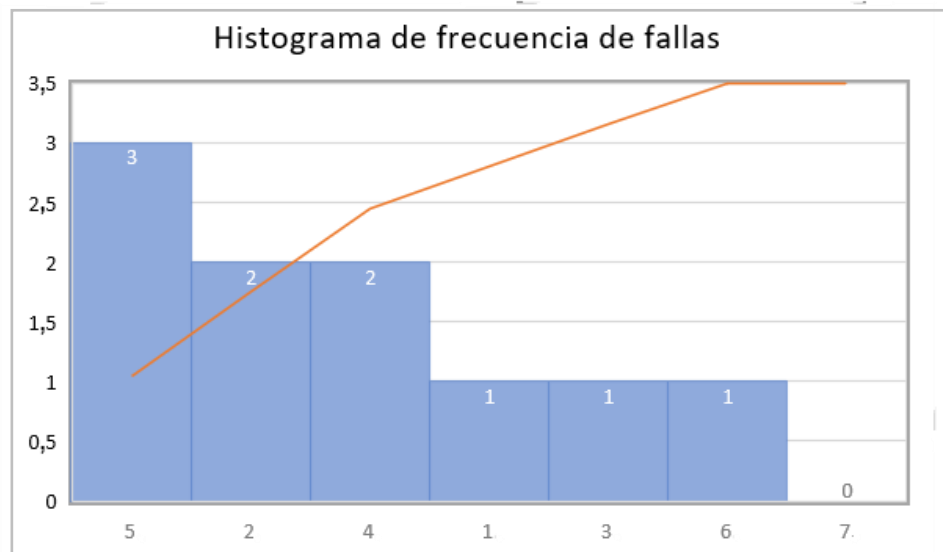
4	Fugas	Los componentes para analizar se dispersan sobre el equipo.	1
5	Corrosión de placa	Produce serias averías en el equipo, con riesgo de no tener solución.	1
6	Hongo en el espejo	La medición tiene una exactitud menor.	1
7	Otros	Defectos diferentes a los descritos.	0

Fuente: elaboración propia.

8.4.1. Gráfica de histograma

La gráfica de la figura 23 presenta los datos mostrados en la tabla XI.

Figura 23. **Histograma cuantificado en las fallas**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Excel.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el análisis y discusión de resultados se toma como punto de partida la tabla III, (fallas por categoría), tomando en cuenta que para la realización de los cálculos estadísticos se agrupó la información en la tabla VIII, (detalle/repetibilidad de fallas), la cual a su vez fue la base de los resultados de la tabla IX, (resultados estadísticos).

Dados los resultados, se pueden notar que la media se encuentra arriba de la mediana, lo que indica que la falla más común se encuentra en el rango de 3 en adelante, este es un error de calibración por factor humano.

También se observa que la dispersión de los datos es estrecha esto lo muestra la varianza y la desviación estándar con valores de 0,95 y 0,90, respectivamente.

Describiendo de una manera visual, desde un enfoque científico estadístico descriptivo, se tiene el sesgo de análisis, el cual se encuentra ligeramente dirigido hacia la derecha, notado desde los valores de comparación de la media con un valor de 1,43 respecto a la mediana con un valor de 1. En donde es claro que $\text{mediana} < \text{media}$. Con lo que se puede concluir que los resultados apuntan a que el error es mayoritariamente humano.

Dándose a conocer de una forma porcentual, gráfica 21, que la falla más reportada es el corrimiento de landa, que ocurre por error de calibración por parte del usuario. Teniendo más enfoques gráficos por medio del polígono de frecuencias e histograma.

9.1. Propuestas con base en el mantenimiento preventivo, para la minimización de las fallas más comunes en el equipo

El objetivo de dar estas propuestas es dejar como último recurso el equipo de mantenimiento, debido a que en muchas ocasiones es gasto de recursos y tiempo por fallas que son solucionables por las personas, recurrirá en pérdidas económicas para la empresa o institución en la cual se realicen estos análisis. Tomando en consideración que la probabilidad de que este fallo ocurra, según la gráfica del sesgo, esto es frecuente a ocurrir. Los cuales son errores netamente humanos por descuidos, en algunas ocasiones.

- Propuesta 1

Cuando las muestras no pasan, se encuentran desfasadas o en un caso extremo no se detecte el componente que se analiza y se encuentran seguros de que sí está el elemento a analizar.

Si este es un problema recurrente para el equipo, se propone hacer una adquisición de estándares de fábrica, con el fin de descartar, en primer lugar, al equipo pasar dichos estándares y anular esta falla en caso de que no pasarán estos estándares y se contacta al equipo de mantenimiento.

- Propuesta 2

Cuando el equipo se encuentre en operación normal y aún no sea el tiempo del mantenimiento preventivo de rutina, se puede pasar el estándar de calibración por posible sospecha de mal funcionamiento del equipo.

- Propuesta 3

Siempre, antes de iniciar a utilizar el equipo, revisar que se encuentre conectado a un suministro de energía eléctrica para que, desde un inicio, descartar la falla de no encendido por falta de suministro energético.

- Propuesta 4

En caso de estar operando el equipo y que este deje de funcionar o bien, se quede trabado en sus operaciones, comenzar con un reinicio general del equipo.

Tomando en consideración que el reinicio general, aparte del equipo incluye computadoras controladoras del mismo.

Muchas veces el equipo se satura y este bloqueo se desvanece con un simple reinicio del equipo, ahora bien, en caso de no funcionar, contactar al equipo de mantenimiento.

- Propuesta 5

Se notó que en varias instituciones no se cuenta con un control de su equipo, en donde la empresa sea consciente del historial de fallos, lo cual hace difícil dar solución de manera más eficiente, debido a que se debe realizar un diagnóstico general cada que ocurre un fallo.

Se propone llevar un control para calendarizar calibraciones en un tiempo prudencial, conocer cuántos mantenimientos se le han dado al equipo de

ambas partes, tanto de la institución como de la empresa que realiza los mantenimientos.

Esto con el fin de agilizar el proceso, porque si la empresa que utiliza el equipo sabe qué le ocurre o cuando le pasó en su historial se llegaría a una solución más rápida, minimizando los tiempos muertos y reduciendo las pérdidas económicas debido a paro repentino del espectrofotómetro.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que las fallas del equipo son, en su gran mayoría, debidas al mal uso del dispositivo debido al desconocimiento del uso correcto del mismo.
2. Se analizó el equipo con base en el mantenimiento preventivo, verificando su correcto funcionamiento, se obtuvieron resultados que son aceptables para lograr una vida útil óptima del equipo.
3. Se puede prever algunos daños, como el crecimiento de hongos dentro del equipo, en los cuales se pueden minimizar y agilizar la reparación mediante el control adecuado de mantenimientos preventivos.
4. Se proponen soluciones con base en el análisis realizado del mantenimiento preventivo, minimizando las fallas más comunes reportadas para este equipo.
5. Se aportan estrategias para el mejoramiento de uso del equipo.

RECOMENDACIONES

1. Mantener un control de los equipos, para conocer cuáles son los fallos más recurrentes en el dispositivo y lograr mejorar la toma de decisiones de una manera eficiente y rápida para evitar pérdidas económicas debido a paros inesperados.
2. Utilizar el mantenimiento preventivo como una herramienta, programada correctamente, permitirá la detección temprana de algunos fallos futuros, y determinar la solución de una manera anticipada.
3. Hacer un análisis sencillo con base en los datos adquiridos en el control de los mantenimientos preventivos, con la finalidad de obtener una solución a problemas de índole sencilla.
4. Trabajar con el equipo conectado a algún suministro de energía eléctrica, revisar que el ordenador que controla al equipo lo reconozca, estar presente durante las calibraciones de estándar que realiza el instrumento al iniciar, notar que todos se encuentren correctos y adecuados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANALÍTICA QUÍMICA INTERNACIONAL, S. A. *Analítica química internacional, S. A.* [en línea] <<https://anaqui.com/>> [Consulta: 22 de noviembre de 2021].
2. CANTORAL VERAS, Harry Allan Roberto. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la industria de Café Quetzal. Biblioteca Central Usac.* [en línea] <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0579_M.pdf> [Consulta: 17 de mayo de 2021].
3. CHANG NIETO, Enrique. *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler.* Lima, Perú: Repositorio Academico UPC. s.n., 21. 94 p.
4. CONNOR, Nick. *Dosimetría de radiación.* [en línea] <<https://www.radiation-dosimetry.org/es/que-es-el-tubo-fotomultiplicador-pmt-definicion/>> [Consulta: 22 de marzo de 2021.]
5. CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION Non-Comercial Share Alike 3.0 License. 2019. *Radiaciones Ionizantes y no ionizantes.* España: s.n., 2019.

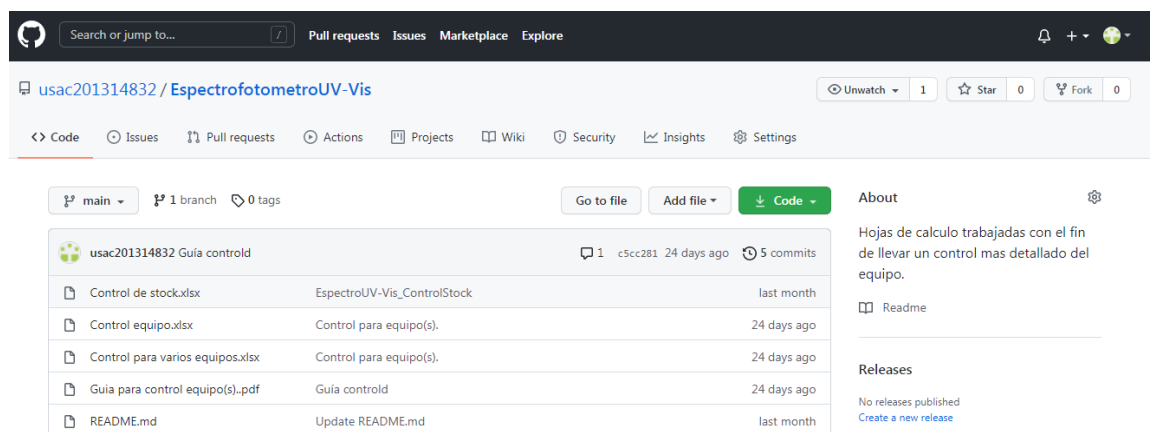
6. FUENTES, Arderiu. *Técnicas Coagulométricas*. [aut. libro] Fuentes Arderiu. [ed.] X. Fuentes Arderiu. *Bioquímica clínica y patología molecular. I*. Ecuador: Reverte, Vol. I, 6. 1997. 604 p.
7. GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Díaz de Santos, 2010. ISBN 8479785772, 9788479785772. 320 p.
8. GONZÁLEZ GUZMÁN, Jorge Luis. *Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción de la empresa Latercer s.a.c*. Chiclayo: s.n., 2016. 102 p.
9. GUZMÁN ACEBEDO, Cely Jackeline. *Propuesta de mejora con base en la función de mantenimiento y orientados a la disponibilidad de servicios de la flota de vehículos pesados de la empresa de transporte Pereda*. Lima, Perú: s.n., 2020. 205 p.
10. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA DE COLOMBIA. *Guía de calibración de espectrofotómetro UV-Vis INM/GTM-FR-E/01*. Bogotá: s.n., 2019. 32 p.
11. LEXICO.com. Powered by Oxford Lexico. *Powered by Oxford*. [en línea] <<https://www.lexico.com/es/definicion/mantenimiento>> [Consulta: 19 de abril de 2021].
12. LINARES GONZÁLEZ, Virginia. *Diagnosis de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311*. España: Ic Editorial, 2018. 414 p.

13. MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS. aulavirtual. *Espectrofotometría. Métodos espectrofotométricos.* [en línea] <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/43546/mod_resource/content/3/Espectrofotometr%C3%ADa%202019%20versi%C3%B3n%20final.pdf> [Consulta: 22 de octubre de 2021].
14. NIH. Instituto Nacional del Cáncer. *Transformación de descubrimientos en salud.* [en línea] <<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/radiacion-no-ionizante>> [Consulta: 27 de octubre de 2021].
15. OLCOT EJCALÓN, Henry Armando. *Implementación de un análisis de fallas recurrentes para los telares de la empresa Sacos Agroindustriales, S. A.* Guatemala, Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2010. 323 p.
16. QUESADA MORA, Silvia. *Manual de experimentos de laboratorio para bioquímica.* Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (UNJFSC). San José: EUNED, ISBN 449 913 60 77 20130. 2021. 20 p.
17. ROSALES VELÁSQUEZ, Rubí Ingrid Stefany. *Propuesta de un plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del área lavadero Salinas de la empresa DELISHELL S. A. C.* USP Universidad de San Pedro. Chimbote, Perú: s.n., 2017. 173 p.

18. SERWAY, Raymond; VUILLE, Chris. *Fundamentos de física*. [ed.] Sergio R. Cervantes González y Abril Vega Orozco. [trad.] Dra. Ana Elizabeth García Hernández. 9a ed. Col. Cruz Manca, Santa Fe : Cengage Learning, 2012. Vol. 1 y 2. ISBN: 978-607-481-877-2. 618 p.
19. SHEFFIELD HALLAN UNIVERSITY. *UV-Vis Absorption Spectroscopy*. *UV-Vis Absorption Spectroscopy*. [en línea] <https://teaching.shu.ac.uk/hwb/chemistry/tutorials/molspec/uvvisa_b3.htm> [Consulta: 22 de marzo de 2021].
20. SIERRA MOLINA, Jorge Albeiro. *Espectro de onda*. Intitución univesitaria de envigado. Sevilla: s. n. 2014. 11 p.
21. VALDIVIESO TORRES, Juan Carlos. *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S. A.* Universidad Politecnica Salesiana Ecuador. Cuenca: s.n., 2010. 115 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Repositorio con tablas utilizadas para control de equipos



Fuente: elaboración propia, con información en:
<https://github.com/usac201314832/EspectrofotometroUV-Vis>.

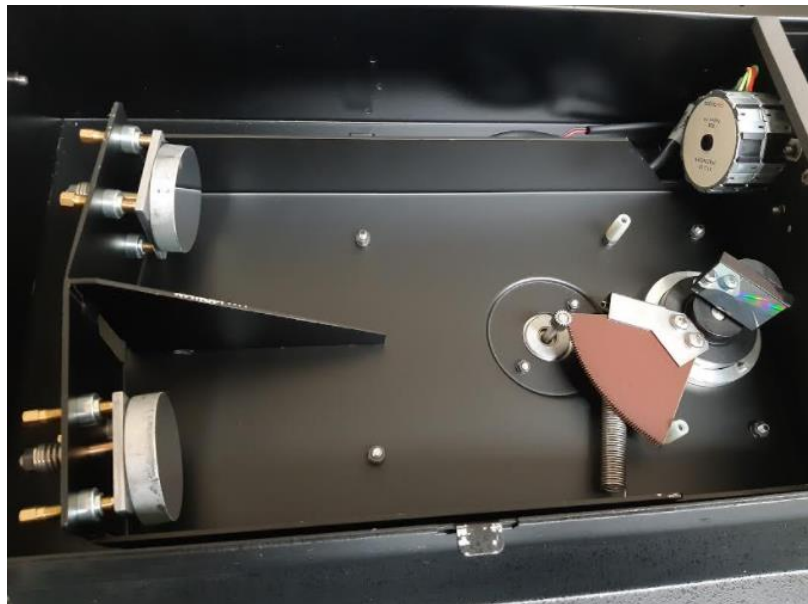
Las imágenes mostradas a continuación fueron tomadas durante los mantenimientos preventivos, tomados de base para la creación de la tabla de control para varios equipos, con la única diferencia que estos pertenecen a distintas instituciones, no obstante se ha considerado su colocación para que también se tenga en consideración como se ven los equipos sin ningún problema y equipos que ya han sido deteriorados por uso, entorno en el cual se desenvuelven, corrosión por muestras analizadas, entre otros.

Apéndice 2. **Espectrofotómetro UV-VIS (vista interna)**



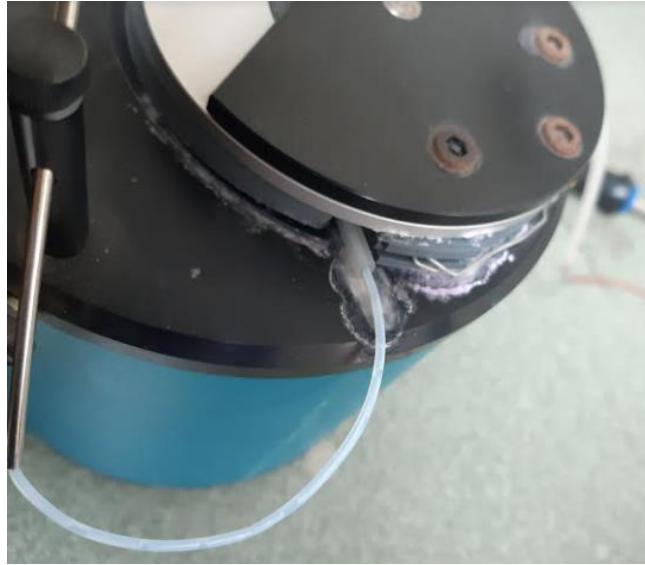
Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Industria Farmacéutica.

Apéndice 3. **Banco óptico UV-VIS**



Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Industria Farmacéutica.

Apéndice 4. **Bomba peristáltica**



Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Laboratorio de Suelos.

Apéndice 5. **Ajuste en bomba peristáltica, corrección por fuga**



Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Laboratorio de Suelos.

Apéndice 6. Espectrofotómetro con extensión de bomba peristáltica



Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Laboratorio de Suelo.

Apéndice 7. Comparativa entre lente en óptimas condiciones vs. lente con hongo



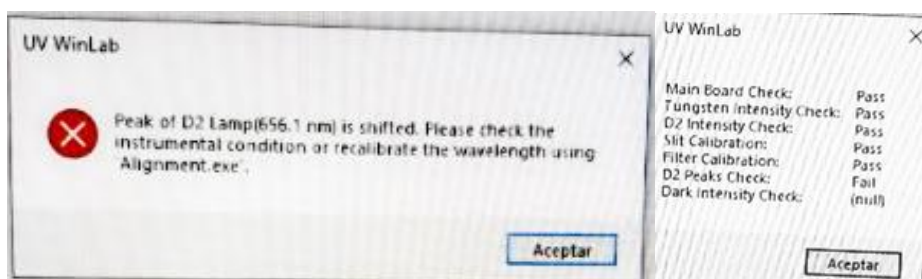
Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Laboratorio de Suelos.

Apéndice 8. Error de conexión de software con hardware



Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Industria Farmacéutica.

Apéndice 9. Errores mostrados por falta de conexión software/hardware



Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Industria Farmacéutica.

Apéndice 10. **Corrosión por sustancia, óxido visible**



Fuente: elaboración propia, empresa objeto de estudio. Laboratorio de Suelos.

