



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Plan de mantenimiento eléctrico en un centro comercial
aplicando la norma NFPA 70B**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

José Esteban Macalupú Antón

Asesor:
Mgtr. Ing. José Hugo Fiestas Chévez

Piura, enero de 2024

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, José Esteban Macalupú Antón, egresado del Programa Académico de Ingeniería Mecánico - Eléctrico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 75177875.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Plan de mantenimiento eléctrico en un centro comercial aplicando la norma NFPA 70B"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional² de Ingeniero Mecánico Eléctrico.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Mgr. Ing. Jose Hugo Fiestas Chevez, identificado con DNI N° 80543428
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 18/12/2023.



Firma del autor optante³

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Idéntica al DNI; no se admite digital, salvo certificado.

Agradecimientos

Primeramente, agradecido con Dios todopoderoso por hacer posible y permitir el desarrollo de esta investigación.

También agradecer a mis padres por el apoyo incondicional y también a mi asesor por acompañamiento, orientación y apoyo durante este proceso de investigación.



Resumen

La importancia del mantenimiento eléctrico radica en la preservación de los equipos, la seguridad operativa y el aumento de la productividad y eficiencia. En este estudio, se propone el desarrollo de un plan de mantenimiento específicamente diseñado para los equipos eléctricos de un centro comercial.

A través de una investigación exhaustiva, se ha establecido una base técnica esencial para comprender los lineamientos básicos necesarios en la creación de un plan de mantenimiento. Esta revisión abarca la clasificación de conceptos fundamentales, desde la definición misma del mantenimiento hasta una descripción detallada del equipamiento, junto con la normativa vigente aplicable al tema.

La normativa NFPA 70B, que establece estándares para el mantenimiento de equipos eléctricos, proporciona una guía detallada sobre las diversas pruebas esenciales necesarias para la preservación de los equipos. Estas pruebas abarcan inspecciones visuales, limpieza, pruebas mecánicas y pruebas eléctricas, además de definir las condiciones que deben cumplir los equipos para aplicarlas a una frecuencia óptima que permita un control efectivo de su rendimiento. Es por esto, que esta norma es considerada como punto de partida para el desarrollo del estudio.

Con el objetivo de mantener un control riguroso de la información, de forma que esta sirva para evaluar el plan de mantenimiento a implementar, se proponen fichas de registro que recopilen datos durante el desarrollo de los trabajos de mantenimiento. Así, se puede analizar la pertinencia de la frecuencia de mantenimiento de los equipos, asegurando un enfoque proactivo y eficaz en la gestión de la preservación y funcionamiento de los sistemas eléctricos esenciales.

Tabla de contenido

Introducción	9
Capítulo 1 Marco teórico.....	10
1.1 Plan de mantenimiento.....	10
1.2 Centro comercial	12
1.3 Real Plaza Trujillo	13
1.4 Equipamiento eléctrico en un centro comercial.....	14
1.4.1 Sistema de utilización de media tensión.....	14
1.4.2 Subestación eléctrica	14
1.4.3 Celdas	15
1.4.4 Generador eléctrico de emergencia	15
1.4.5 Red de distribución en baja tensión.....	15
1.4.6 Tableros eléctricos	15
1.4.7 Sistema de alimentación ininterrumpida.....	15
1.4.8 Banco de condensadores	15
1.5 Normativa NFPA 70B.....	16
Capítulo 2 Propuesta de plan de mantenimiento de equipamiento eléctrico del centro comercial Real Plaza.....	17
2.1 Metodología del plan de mantenimiento	17
2.2 Descripción de equipamiento eléctrico del centro comercial Real Plaza Trujillo.....	17
2.2.1 Cables y conductores de alimentación	17
2.2.2 Transformador eléctrico.....	18
2.2.3 Unidad de alimentación ininterrumpida.....	19
2.2.4 Tableros eléctricos	20
2.3 Pruebas fundamentales en equipamiento eléctrico según NFPA 70B	21
2.3.1 Cables y conductores de alimentación	21
2.3.2 Transformador eléctrico.....	22
2.3.3 Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).....	24
2.3.4 Tableros eléctricos	27
2.4 Frecuencia de las pruebas eléctricas.....	28

2.4.1 Condición física 1 del equipo.....	29
2.4.2 Condición física 2 del equipo	29
2.4.3 Condición física 3 del equipo	29
2.5 Protocolos de trabajo en pruebas eléctricas	31
2.5.1 Cables y conductores de alimentación	31
2.5.2 Transformadores eléctricos	33
2.5.3 Sistema de alimentación ininterrumpida.....	35
2.5.4 Tableros eléctricos	37
2.6 Organización del mantenimiento eléctrico.....	39
Conclusiones.....	43
Referencias.....	44



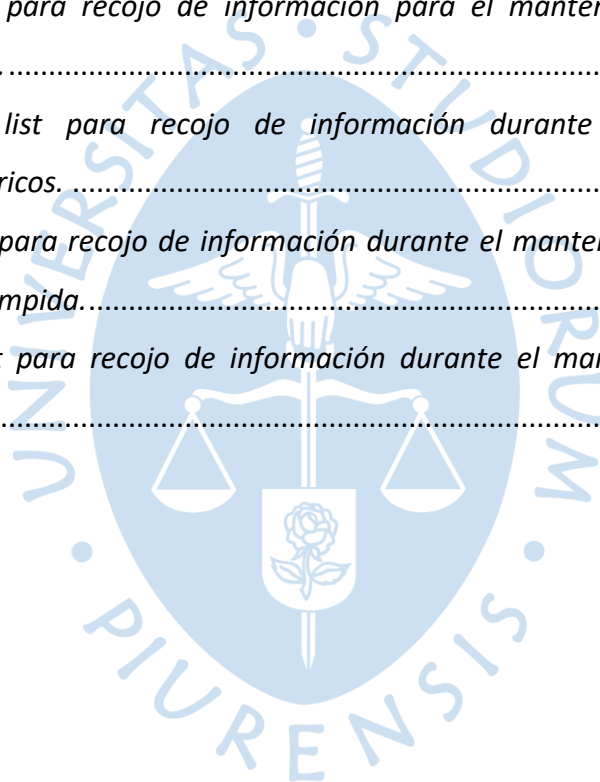
Lista de tablas

Tabla 1 <i>Evolución de las expectativas de mantenimiento.</i>	10
Tabla 2 <i>Intervalos de mantenimiento.</i>	30
Tabla 3 <i>Procedimientos para la realización del mantenimiento de cables y conductores.</i>	32
Tabla 4 <i>Procedimientos para la realización del mantenimiento de transformadores eléctricos.</i>	34
Tabla 5 <i>Procedimientos para la realización del mantenimiento de sistemas de alimentación ininterrumpida.</i>	36
Tabla 6 <i>Procedimientos para la realización del mantenimiento de tableros eléctricos.</i>	38
Tabla 7 <i>Organización del mantenimiento eléctrico</i>	40
Tabla 8 <i>Continuación 1 de la organización del mantenimiento eléctrico</i>	41
Tabla 9 <i>Continuación 2 de la organización del mantenimiento eléctrico</i>	42



Lista de figuras

Figura 1. <i>Proceso de la gestión del mantenimiento.</i>	11
Figura 2. <i>Perspectivas acerca de las fallas.</i>	12
Figura 3. <i>Real Plaza Trujillo.</i>	13
Figura 4. <i>Diagrama referencial del sistema eléctrico del centro comercial.</i>	14
Figura 5. <i>Diagrama de flujo del plan de mantenimiento.</i>	17
Figura 6. <i>Recorrido de la acometida del Real Plaza.</i>	18
Figura 7. <i>Ubicación de subestaciones del Real Plaza.</i>	19
Figura 8. <i>Ubicación referencial de un UPS en Real Plaza.</i>	20
Figura 9. <i>Check list para recojo de información para el mantenimiento de cableado y conductores eléctricos.</i>	22
Figura 10. <i>Check list para recojo de información durante el mantenimiento de transformadores eléctricos.</i>	24
Figura 11. <i>Check list para recojo de información durante el mantenimiento de sistemas de alimentación ininterrumpida.</i>	26
Figura 12. <i>Check list para recojo de información durante el mantenimiento de tableros eléctricos.</i>	28



Introducción

El plan de mantenimiento eléctrico se erige como una herramienta esencial para salvaguardar la duración óptima de los equipos eléctricos, garantizar la seguridad de los trabajadores y fomentar la productividad en entornos industriales y comerciales.

Los centros comerciales, caracterizados por su alta afluencia de visitantes de diversas edades, experimentan un incremento constante en la demanda energética. La cantidad de visitantes alcanzó cifras significativas incluso antes de la pandemia, con un promedio de 900 mil visitas al mes (Retail, 2020).

Ante este panorama, resulta imperativo mantener en funcionamiento sistemas críticos como seguridad, climatización, refrigeración e iluminación; así como, prevenir interrupciones en el suministro energético. Un plan de mantenimiento eléctrico robusto se convierte así en la piedra angular para asegurar la operación continua y segura de maquinarias y equipos esenciales. Además, su implementación adecuada no solo prolonga la vida útil de los equipos, evitando reparaciones costosas e imprevistas, sino que también contribuye a la eliminación de pérdidas de energía (Pérez Rondón, 2021).

La normativa NFPA 70B desempeña un papel central en esta investigación, proporcionando las directrices necesarias para aplicar un mantenimiento adecuado a los equipos eléctricos. Con la firme convicción de la importancia de preservar estos equipos, se plantea el diseño de un plan de mantenimiento eléctrico. Este proceso incluirá un análisis descriptivo de los equipos eléctricos presentes en un centro comercial, la delineación de pruebas fundamentales y la evaluación de estrategias pertinentes, todo ello en estricto cumplimiento con la normativa NFPA 70B. Finalmente, se condensará toda la información recopilada en un plan integral de mantenimiento eléctrico.

La estructura de este trabajo se divide en dos capítulos. El primero presenta los fundamentos teóricos esenciales para comprender el tema de investigación, mientras que en la segunda parte se adentra en el desarrollo concreto del plan de mantenimiento para equipos eléctricos en un contexto específico, como es el caso de un centro comercial.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1 Plan de mantenimiento

El mantenimiento es una serie de acciones que al aplicarlas aumentan la confiabilidad de los equipamientos e infraestructura civil. Además, facilita el anular circunstancias riesgosas.

Tal como la indica (IntegraMarkets, 2018), el mantenimiento se define como “el conjunto de procedimientos realizados a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria, e instalaciones de una planta (fábrica), garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial”.

Según (García Palencia, 2006), el mantenimiento “son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico los equipos de producción, herramientas y demás propiedades físicas de las diferentes instalaciones de una empresa”.

Resumiendo, el mantenimiento tiene como objetivo aumentar las ganancias de las empresas, evitando costosas pérdidas por reparaciones o paradas intempestivas durante los eventos de producción. En la tabla 1 se muestra las expectativas del mantenimiento en sus tres etapas.

Tabla 1
Evolución de las expectativas de mantenimiento.

Evolución de las expectativas del mantenimiento		
Primera generación	Segunda generación	Tercera generación
<ul style="list-style-type: none">• Reparar cuando falla	<ul style="list-style-type: none">• Reparaciones mayores programadas.• Sistema de planeamiento y control de trabajo.• Computadoras grandes y lentas.	<ul style="list-style-type: none">• Monitoreo de condición.• Diseño direccionado a la confiabilidad y facilidad para el mantenimiento.• Estudio de riesgos.• Computadoras pequeñas y rápidas.• Análisis de modos de falla y sus efectos.• Sistemas expertos.• Trabajo multifacético y en grupos.

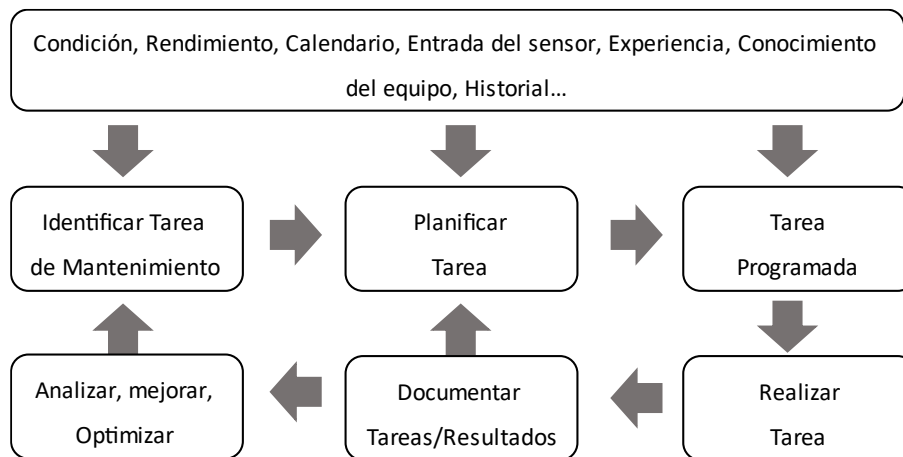
Nota: Tomado de (Silva, 2023)

Un plan de mantenimiento es un registro de actividades o tareas programadas que son ejecutadas para mantener la disponibilidad de un equipo. Este documento puede y será modificado como consecuencia de las incidencias ocurridas (Beltran et al, 2014).

Para la elaboración de un plan de mantenimiento es necesario descomponer por áreas el establecimiento, realizar un listado de los equipos que las componen, desglosar estos equipos en sistemas y elementos, realizar una codificación para su identificación y determinar un modelo de mantenimiento para los equipos. El mejor plan de mantenimiento ha identificado exhaustivamente todos los fallos y determinado pautas para prevenirlas (Beltran et al, 2014). A continuación, se muestra el proceso de la gestión del mantenimiento en la Figura 1.

Figura 1.

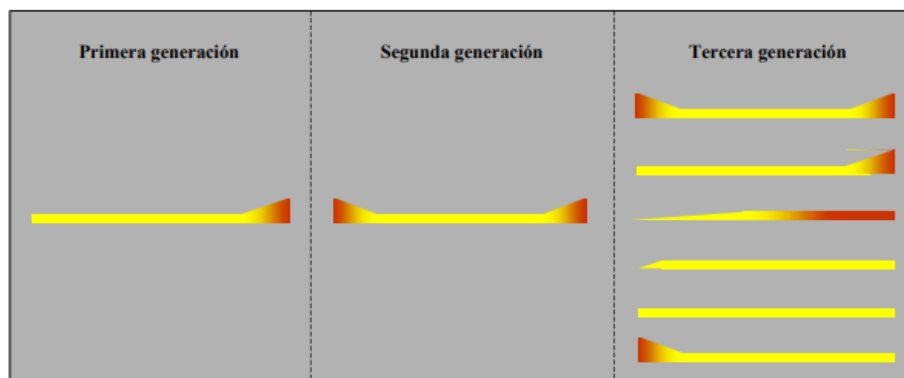
Proceso de la gestión del mantenimiento.



Nota: Adaptado de (Valdes & Cunningham, 2023)

Es importante saber definir un plan de mantenimiento para los equipos eléctricos, ya que enfocan en el camino correcto, con requisitos adecuados para aplicar en cada equipo, de lo contrario se generarían deficiencias e ineficiencias durante las inspecciones. Además, se corre el riesgo de aplicar métodos que son destructivos para los equipos, lo que deterioraría su estructura, provocando un envejecimiento prematuro. (Malhotra et al, 2021)

Al inicio lo ideal era que las fallas aumentaban conforme el activo envejecía. Para una segunda generación se fue consiente de una “mortalidad infantil” que adaptó la idea de la curva de la bañera. No obstante, en la tercera generación existen múltiples patrones de falla, tal como se muestra en la Figura 2. (Silva, 2023)

Figura 2.*Perspectivas acerca de las fallas.**Nota: Tomado de (Silva, 2023)*

1.2 Centro comercial

Un centro comercial es un recinto donde se localizan distintas tiendas o negocios donde están al alcance de los clientes para que puedan satisfacer sus necesidades, una ventaja que otorga es que dispone para el usuario distintas alternativas a escoger. (Westreicher, 2020)

En el Perú, la Galería Boza es considerado como el primer centro comercial, inaugurada en 1956 en Lima centro. Posterior a ello de abrieron muchos más centros comerciales. Para 1976 se inauguró el Centro Comercial Plaza San Miguel el primero con formato americano. Finalmente, en los noventa abrió sus puertas al público el Centro Comercial Jockey Plaza, marcando un inicio para los nuevos centros comerciales en el Perú. (Flores & Plenge, 2020)

Según (Flores & Plenge, 2020) los principales operadores de centros comerciales en el Perú son:

- Intercorp con 21 malls con las marcas Real Plaza.
- Parque Arauco con 21 malls con marcas como: Megaplaza, Mergaplaza Express, Larcomar, InOutlet, El Quinde, Plaza Jesús María y Parque Lambramani.
- Grupo Wong con dos malls con marcas Plaza Norte y Mall del Sur.
- Falabella con 11 malls de la marca Open Plaza.
- Altas Cumbres/Administradora Jockey Plaza Shopping Center con dos malls Jockey Plaza y Boulevard de Asia.
- Pontificia Universidad Católica del Peru/Mall Service con un mall de marca Plaza San Miguel.

- Falabella/Aventura Plaza con tres malls de marca Mallplaza.
- Grupo Ripley/Mall Aventura con dos malls de marca Mall Aventura Plaza.
- Cencosud con tres malls de marcas: Plaza Lima Sur, Arequipa Center y Balta Shopping.
- Grupo Breca/Urbanova con 9 malls de marcas: La Rambla, Paso, Molina Plaza, Torre del Parque y Torre del Arte.

Los centros comerciales hoy en día son lugares muy concurridos, por ejemplo, de acuerdo con estadísticas del Real Plaza de Trujillo se registran un promedio de 900 mil visitas al mes (Retail, 2020).

1.3 Real Plaza Trujillo

Trujillo, una de las ciudades del Perú, es la tercera ciudad con mayor población del Perú con 1 030 300 habitantes, según el (INEI, 2023). El Real Plaza Abarca un área de 81 mil metros cuadrados donde se ubican tiendas comerciales principales como Plaza Vea, Cineplanet, Oeschle, Interbank, La Curazao. Además, cuenta con zonas como patio de comidas, juegos, gimnasio, discoteca, plaza gourmet, boulevard financiero, entre otras tiendas. Su horario de atención es de 8:30 am a 10:00 pm (DePeru.com, s.f.). En la Figura 3 se muestra la entrada principal del Real Plaza.

Figura 3.

Real Plaza Trujillo.



En lo que respecta a la demanda energética, en el caso del Real Plaza Trujillo se tiene una potencia instalada de 6492 kW para mantener en funcionamiento sistemas de seguridad, climatización, refrigeración, iluminación, etc.

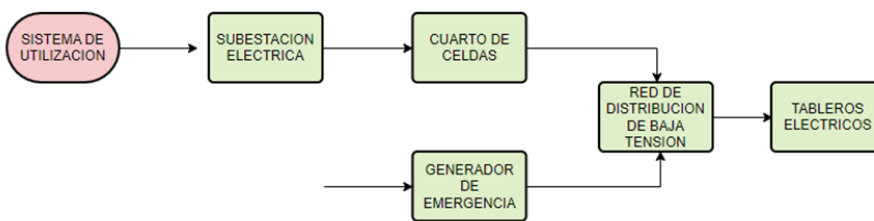
El centro comercial cuenta con técnicos de mantenimiento que se encargan de monitorear los diferentes equipos eléctricos y de reportar en caso de averías a quien corresponda para proceder con las medidas necesarias. Para los trabajos de mantenimiento correctivo o mantenimiento preventivo se subcontratan a empresas para la ejecución de estas, basadas en órdenes de compra.

1.4 Equipamiento eléctrico en un centro comercial

El equipamiento eléctrico es una parte esencial para el funcionamiento de un establecimiento, pues facilita ciertos procesos complejos para la mano humana, y en este caso en particular alimenta energéticamente a otros dispositivos. En la Figura 4 se muestra un diagrama referencial que se utilizará como guía para entender qué equipos componen el sistema eléctrico del centro comercial.

Figura 4.

Diagrama referencial del sistema eléctrico del centro comercial.



1.4.1 Sistema de utilización de media tensión

Es un sistema que engloba todas las instalaciones eléctricas de media tensión. Dicho sistema abarca desde el punto de entrega, donde se hace la derivación de energía, hasta los bornes de conexión de baja tensión del transformador encargado de suministrar energía al cliente (Ministerio de Energía y Minas, 2002).

Dichos sistemas de utilización son necesarios para sectores que tengan demandas mayores a 20kW, como las plantas industriales, supermercados o centros comerciales. Debido a este tipo de demanda es necesario una subestación exclusiva para el suministro eléctrico. El sistema eléctrico en media tensión está conformado por un sistema de medición, redes eléctricas aéreas o subterráneas, equipos de protección y maniobra.

1.4.2 Subestación eléctrica

Una subestación eléctrica contiene máquinas, dispositivos y circuitos que permiten modificar ciertos parámetros de la potencia eléctrica, además de, permitir maniobrar una conexión y desconexión de sistemas con la finalidad de controlar el flujo de energía o para permitir el acceso al personal de mantenimiento (Alonso et al, 2012).

1.4.3 Celdas

Son unidades verticales en las que se instalan equipos de maniobra, medida, protección y control para recibir y distribuir energía eléctrica. (Admin, 2020)

Según (CDA Ingenieros, 2022), hay cuatro tipos de celdas principales:

- Celda de llegada: se encarga de dar protección cuando ocurra un cortocircuito, mediante el uso de fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva.
- Celda de transformación: cumple la función de acoplamiento entre el transformador y la subestación.
- Celda de medición: diseñado para contener el equipo de medición (transformador mixto) de la compañía suministradora de energía.
- Celda de baja tensión: permite la conexión entre el transformador y el interruptor termomagnético para la distribución de cargas de la red interna.

1.4.4 Generador eléctrico de emergencia

Generación de emergencia o también conocidos como grupo electrógenos, es un equipo que da energía mediante un generador que es accionado por un motor de combustión interna que puede utilizar como combustible diésel o gas natural. (Colin, 2022)

1.4.5 Red de distribución en baja tensión

Es el conjunto de elementos o equipos necesarios para transportar la energía eléctrica con una tensión nominal menor o igual a 1000 V., por lo general este tipo de redes es usado para llevar la energía eléctrica desde el transformador de distribución hasta la acometida del usuario último. (Aguirre & Hernández, 2017)

1.4.6 Tableros eléctricos

Los tableros eléctricos son gabinetes, parte esencial ya que dentro de ellos se ubican los dispositivos de seguridad, control, protección, medición y distribución, que hacen posible el buen funcionamiento de una instalación eléctrica. (Camacho, 2018)

1.4.7 Sistema de alimentación ininterrumpida

El sistema de alimentación ininterrumpida (UPS en adelante), es una fuente de poder sin interrupciones que suministra energía eléctrica al momento de sufrir un corte de energía de la fuente de alimentación principal, suele alimentar a equipos de cargas críticas que necesitan una alimentación confiable y sin picos de tensión o caídas de voltaje. (Hubert, 2011)

1.4.8 Banco de condensadores

Son utilizados en subestaciones de media y baja tensión para reducir la potencia reactiva y mejorar el factor de potencia, por ejemplo, se usan en los transformadores para compensar la potencia reactiva lo que reduce los costos de facturación (Guadalupe, 2020).

1.5 Normativa NFPA 70B

La National Fire Protection Association (NFPA) en adelante, fundada hace más de 125 años, es la encargada de brindar soluciones para la prevención de incendios, la preparación para incendios forestales, la seguridad eléctrica, la reducción de riesgo comunitario y la seguridad pública. Actualmente cuenta con más de 300 códigos y normas de acceso digital. La NFPA está comprometida con los usuarios a brindar las herramientas, servicios e información necesaria para la seguridad tanto en el hogar como en el trabajo (NFPA, 2023).

La NFPA tiene tres normas básicas en la industria de control y distribución de energía eléctrica que aplican al entorno comercial y residencial. La NFPA contiene requisitos para las instalaciones residencial, comerciales e industriales de infraestructura eléctrica. La norma NFPA 70E de Seguridad Eléctrica en el Trabajo. Y por último la norma NFPA 70B para el Mantenimiento de Equipos Eléctricos (Valdes & Cunnighan, 2023).

La NFPA 70B es una norma para el mantenimiento de equipos eléctricos, que entró en vigor a partir del 16 de enero del 2023, aprobado por el Instituto Nacional de Normalización Estadounidense (ANSI). Además, también busca dar protección a las personas, las propiedades y los procedimientos de los riesgos vinculados a las fallas o al mal funcionamiento de los equipos eléctricos, además de proporcionar condiciones de mantenimiento garantizando seguridad y confiabilidad (Hannahs, 2023).

La NFPA 70B cuenta con 38 capítulos y 13 anexos que “cubre el mantenimiento preventivo de sistemas y equipos eléctricos, electrónicos y de comunicaciones”. Además de presentar lineamientos para la ejecución segura y confiable del mantenimiento eléctrico, proporciona protección para el usuario. Esta norma solo aplica a los sistemas, equipos que pueden ser eléctricos, electrónicos y de comunicaciones, instalados en plantas industriales, edificios institucionales y comerciales y a grandes residencias multifamiliares (Valdes & Cunnighan, 2023).

Capítulo 2

Propuesta de plan de mantenimiento de equipamiento eléctrico del centro comercial Real Plaza

2.1 Metodología del plan de mantenimiento

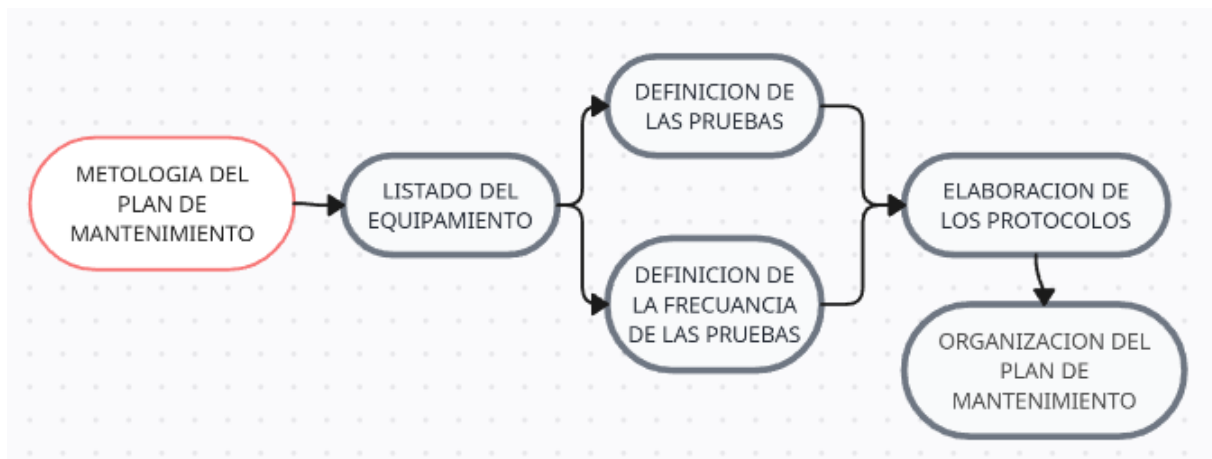
Se define al plan de mantenimiento como una serie de protocolos documentados por el propietario de un equipo para aplicar en caso de fallas o averías, o para preservar el buen funcionamiento, evitando paradas intempestivas que a su vez evite generar pérdidas en la producción.

Para el desarrollo de un plan de mantenimiento lo primero es documentar en una lista el equipamiento a intervenir, registrar las características del equipamiento al que se le aplicará el mantenimiento, para ello dicha información se obtiene de las placas informativas o del manual de fabricante de cada equipo eléctrico, posterior a ello se clasifica el estado de cada equipo y se realiza una descripción de pruebas fundamentales que se deben aplicar durante su mantenimiento (inspección visual, limpieza, pruebas mecánicas y pruebas eléctricas), todo estos procedimientos respaldados por una normativa vigente y aprobada como la NFPA 70B.

Basado en estas normas se pueden definir protocolos para cada equipo eléctrico. Además, tomando como base la norma NFPA 70B se plantearán los periodos de frecuencia de las actividades de mantenimiento eléctrico. En la Figura 5 se muestra un diagrama de flujo referencial para la elaboración de un plan de mantenimiento.

Figura 5.

Diagrama de flujo del plan de mantenimiento.



2.2 Descripción de equipamiento eléctrico del centro comercial Real Plaza Trujillo

2.2.1 Cables y conductores de alimentación

La acometida del Real Plaza inicia en el punto de alimentación fijado en la red Distribuidora de Hidrandina, utiliza conductor eléctrico 3-1x120mm² N2XSY, 8.7/15KV, la

alimentación es subterránea. En la Figura 6 se muestra recorrido de la acometida desde el punto de medición a la intemperie (PMI) hasta las celdas.

Figura 6.

Recorrido de la acometida del Real Plaza.



2.2.2 Transformador eléctrico

Los transformadores del real plaza están ubicados en las 10 subestaciones eléctricas de propiedad del real plaza, distribuidas en las zonas principales como trastienda, plaza vea, sótano, promart.

- subestación N°2 – cines, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 400 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=4.5%.
- subestación N°3 – locales comerciales, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 1250 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=6.25%.
- subestación N°4 – áreas generales y locales comerciales, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 1250 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=6.25%.
- subestación N°5 – locales comerciales, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 1250 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=6.25%.
- subestación N°6 – estilos, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 400 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=4.5%.
- subestación N°7 – Delosi, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 315 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=6.25%.
- subestación N°8 – IPAE, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 800 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=4.5%.

- subestación N°9 – Promart, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 400 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=6.25%.
- subestación N°10 – ampliación patio de comidas, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 1250 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=4.5%.
- subestación N°11 – H&M, conformado por una celda de llegada y una celda de transformación de 800 kVA, 10 2x2.5% / 0.23kV, Dyn11 y Zcc=6.25%.

En la Figura 7 se muestra la ubicación referencial de las subestaciones.

Figura 7.

Ubicación de subestaciones del Real Plaza.



2.2.3 Unidad de alimentación ininterrumpida

Existen varios dispositivos de alimentación ininterrumpida ubicados en distintos lugares necesarios, uno de estos dispositivos está ubicado en el pasillo de bancos, tiene una potencia de 10 kVA y transformador de aislamiento de la misma capacidad. En la Figura 8 se muestra su ubicación referencial.

Figura 8.

Ubicación referencial de un UPS en Real Plaza.



2.2.4 Tableros eléctricos

Según el diagrama unifilar del real plaza existen 10 tableros generales auto soportados IP 54, uno por cada subestación eléctrica, además de otros tableros de distribución.

- El tablero de la subestación N°2 perteneciente a Cines con una máxima demanda de 256 kW.
- El tablero de la subestación N°3 perteneciente a Locales Comerciales con una máxima demanda de 800 kW.
- El tablero de la subestación N°4 perteneciente a Áreas Generales y LC con una máxima demanda de 800 kW.
- El tablero de la subestación N°5 perteneciente a Locales Comerciales con una máxima demanda de 800 kW.
- El tablero de la subestación N°6 perteneciente a Estilos con una máxima demanda de 256 Kw.
- El tablero de la subestación N°7 perteneciente a Delosi con una máxima demanda de 201.6 kW.
- El tablero de la subestación N°8 perteneciente a IPAE con una máxima demanda de 512 kW.
- El tablero de la subestación N°9 perteneciente a Promart con una máxima demanda de 256 kW.
- El tablero de la subestación N°10 perteneciente a Ampliación de Patio de Comidas con una máxima demanda de 800 kW.

- El tablero de la subestación N°11 perteneciente a H&M con una máxima demanda de 512 kW.

2.3 Pruebas fundamentales en equipamiento eléctrico según NFPA 70B

Las pruebas fundamentales según la NFPA 70B que se deben aplicar a equipos eléctricos de apartado 1.4 se detallan a continuación.

2.3.1 Cables y conductores de alimentación

Para el mantenimiento preventivo de cables y conductores eléctricos de alimentación se deben ejecutar las siguientes actividades según la (NFPA-70B, 2023):

- Durante la inspección visual de los cables y conductores de energía se debe verificar si hay deterioro, corrosión, correcta identificación de las fases y etiquetado de las mismas, verificar los conectores a tierra y los terminales, integridad de los buzones de paso en caso de ser subterráneos, de ser aéreos verificar si hay deterioro en los soportes, en sistema de suspensión o en el sistema de aislamiento, revisar si los conductos tienen las uniones ajustadas y finalmente que las barras no presenten deterioro.
- Se realiza limpieza al aislamiento de cables y conductores, a las cubiertas, los terminales. El material aislante debe mantenerse limpio para evitar la acumulación de contaminantes que pueden afectar a su funcionamiento, reducir su vida útil o crear un peligro para la seguridad del personal.
- Pruebas eléctricas para los cables y conductores de alimentación se dividen en dos partes: para cables y conductores de alimentación menores a 1000V se recopilará información de la resistencia de aislamiento y calidad de conexión¹. Para cables y conductores de alimentación mayores a 1000V se tendrá en cuenta las emisiones acústicas ultrasónicas en el aire, la frecuencia, prueba de sobretensión, factor de disipación, descarga parcial (PD), frecuencia de potencia y prueba de onda oscilante.

En la Figura 9 se muestra una lista de comprobación para el recojo de información durante las inspecciones y trabajos de mantenimiento.

¹ Verificación mediante caída de tensión, baja resistencia de aislamiento o mediante termografía infrarroja.

Figura 9.

Check list para recojo de información para el mantenimiento de cableado y conductores eléctricos.

REGISTRO DE INFORMACION			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	LUGAR:	TRUJILLO	
	EJECUTOR:	Universidad de Piura	
EQUIPO:		MARCA:	
CODIGO:			
PERIODO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO:			
INSPECCION VISUAL	SI	NO	OTRO
DETERIORO EN LOS CABLES			
SIGNOS DE CORROSION			
ROTULADO DE LOS CIRCUITOS Y ETIQUETADO			
LOS CIRCUITOS CON TERNIMALES Y CONECTORES			
AEREO, DETERIORO DE SOPORTES			
CONDUCTOS, UNIONES AJUSTADAS			
DETERIORO EN BARRAS			
TAREAS REALIZADAS	CHECK	OBSERVACIONES	
LIMPIEZA DE BUZONES ELECTRICOS			
LIMPIEZA DE CABLES Y CONDUCTORES			
LIMPIEZA DE CUBIERTA Y TERMINALES			
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO			
EMISIONES ACUSTICAS ULTRASONICAS EN EL AIRE			
PRUEBA DE SOBRETENSION			
PRUEBA DE FACTOR DE DISIPACION			
PRUEBA DE DESCARGA PARCIAL			
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA			
PRUEBA DE ONDA OSCILANTE			
FECHA DE REALIZACION	DIA:	MES:	AÑO:
FIRMA DE TECNICO			
FIRMA DE SUPERVISOR			
DURACION DEL TRABAJO			

2.3.2 Transformador eléctrico

Para el mantenimiento preventivo de transformador eléctrico se deben ejecutar las siguientes actividades según la (NFPA-70B, 2023):

- Durante la inspección visual de los transformadores se tiene en cuenta el ajuste de las conexiones, el estado del tanque de refrigeración, el nivel de refrigerante y la presión, la conexión de los bornes de puesta a tierra, el sistema de presión de las botellas de nitrógeno, el dispositivo de alivio de presión, el relé de presión súbita,

revisión de manómetro y alarmas del tanque, verificación de la cajuela y de la ventilación.

- Durante la limpieza se retirará la acumulación de suciedad y desechos de la caja del transformador, de todos los aisladores y conductores accesibles. Estos se deben limpiar con un paño para eliminar la acumulación de contaminantes sobre la superficie.
- En el mantenimiento mecánico se ajustará las conexiones eléctricas, se verifica el anclaje, alineación y la puesta a tierra del transformador, los dispositivos de enfriamiento, filtros de ventilación y pantallas, conexiones y limpieza de los centros de control.
- Para un transformador eléctrico se deben realizar pruebas de resistencia de aislamiento, corriente de excitación, la puesta a tierra del transformador, factor de potencia de cada bushing, análisis de la respuesta de frecuencia, análisis de aceite, prueba de alarmas de temperatura, de presión, de nivel.

En la Figura 10 se muestra una lista de comprobación para el recojo de información durante las inspecciones y trabajos de mantenimiento.

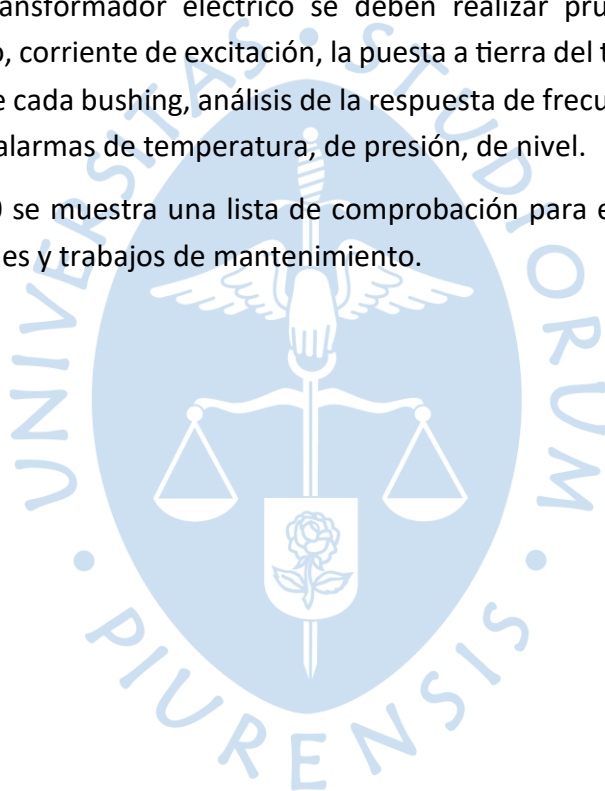


Figura 10.

Check list para recojo de información durante el mantenimiento de transformadores eléctricos.

REGISTRO DE INFORMACION			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		LUGAR:	TRUJILLO
		EJECUTOR:	Universidad de Piura
EQUIPO:		MARCA:	
CODIGO:			
PERIODO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO:			
INSPECCION VISUAL	SI	NO	DESCRIPCION
AJUSTE DE LAS CONEXIONES			
ESTADO DEL TANQUE DE REFRIGERACION			
EL NIVEL DE REFRIGERANTE			
LOS CIRCUITOS CON TERMINALES Y CONECTORES			
SISTEMA DE PRESION DEL REFRIGERANTE			
SISTEMA DE ALIVIO DE PRESION			
REVISION DE MANOMETRO Y ALARMAS DEL TANQUE			
AEREO, DETERIORO DE SOPORTES			
VERIFICACION DE CAJUELA			
TAREAS REALIZADAS	CHECK	OBSERVACIONES	
LIMPIEZA Y RETIRO DE DESECHOS DEL TRANSFORMADOR			
LIMPIEZA DE AISLADORES Y CONDUCTORES			
AJUSTE DE CONEXIONES ELECTRICAS			
AJUSTE DE ANCLAJE Y ALINEACION			
AJUSTE DE PUESTA A TIERRA			
REVISION DE DISPOSITIVOS DE ENFRIAMIENTO			
CAMBIO DE FILTROS DE VENTILACION			
LIMPIEZA DE CENTROS DE CONTROL			
PRUEBA DE PUESTA A TIERRA			
ANALISIS DE LA RESPUESTA DE FRECUENCIA			
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE CADA BUSHING			
ANALISIS DE ACEITE			
PRUEBAS DE ALAWA DE TEMPERATURA Y DE PRESION			
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO			
PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACION			
FECHA DE REALIZACION	DIA:	MES:	AÑO:
FIRMA DE TECNICO			
FIRMA DE SUPERVISOR			
DURACION DEL TRABAJO			

2.3.3 Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)

Para el mantenimiento preventivo de sistemas de alimentación ininterrumpida se deben ejecutar las siguientes actividades según la (NFPA-70B, 2023):

- La inspección visual durante la revisión del UPS se considera inspección del equipo en busca de abolladuras, corrosión o falta de hardware, funcionamiento de los ventiladores, estado del cableado y conexiones, hinchazón en condensadores, signos de sobrecalentamiento o deterioro en rectificador, inversor, interruptor estático, tableros de control y condensadores.
 - Limpieza de filtros y rejillas de ventilación, limpieza de superficie de contacto de interruptor con agente limpiador no corrosivo.
 - Se realiza lubricación a los equipos rotativos del UPS.
 - Al realizar el mantenimiento mecánico se verifican los enclavamientos mecánicos, se aseguran las conexiones eléctricas de hardware, los interruptores y sistemas de transferencia.
 - Las pruebas eléctricas para considerar es la termografía infrarroja, medición de corriente a plena carga, registro de parámetros de voltaje, corriente, frecuencia, en interruptor, entrada y salida de baterías y módulos, se hace pruebas de transferencia manual y bypass, se prueban todas las alarmas y paradas de emergencia.
 - Se realizan actualizaciones y revisiones del software del equipo. Las actualizaciones y revisiones del software del equipo se realizarán según sea necesario.
 - Transferencia de carga y pruebas de carga. Las pruebas del sistema se realizarán de acuerdo con lo siguiente:
 - Cuando lo justifiquen circunstancias especiales, como fallas repetidas de un sistema para pasar las verificaciones de mantenimiento de rutina.
 - Periódicamente, donde el grado deseado de confiabilidad simplifica el procedimiento.
- En la Figura 11 se muestra una lista de comprobación para el recojo de información durante las inspecciones y trabajos de mantenimiento.

Figura 11.

Check list para recojo de información durante el mantenimiento de sistemas de alimentación ininterrumpida.

REGISTRO DE INFORMACION				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		LUGAR:	TRUJILLO	
		EJECUTOR:	Universidad de Piura	
EQUIPO:		MARCA:		
CODIGO:				
PERIODO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO:				
INSPECCION VISUAL		SI	NO	DESCRIPCION
ABOLLADURAS EN LA CARCASA				
CORROSION				
FUNCIONAMIENTO DE VENTILADORES				
ESTADO DEL CABLEADO Y CONEXIONES				
HINCHAZON EN LOS CONDENSADORES				
SOBRECALENTAMIENTO O DETERIORO EN RECTIFICADOR				
SOBRECALENTAMIENTO O DETERIORO EN INVERSOR				
SOBRECALENTAMIENTO O DETERIORO EN INTERRUPTOR				
SOBRECALENTAMIENTO O DETERIORO EN TABLEROS				
SOBRECALENTAMIENTO O DETERIORO EN CONDENSADORES				
TAREAS REALIZADAS		CHECK	OBSERVACIONES	
LIMPIEZA DE FILTROS Y REJILLAS DE VENTILACION				
LIMPIEZA DE CONTACTO DEL INTERRUPTOR				
LUBRICACION DE EQUIPOS ROTATIVOS				
AJUSTE DE ENCLAVAMIENTO MECANICOS				
PRUEBA DE TERMOGRAFIA INFRARROJA				
MEDICION DE CORRIENTE A PLENA CARGA				
REGISTRO DE PARAMETROS DEVOLTAJE, CORRIENTE Y FRECUENCIA EN INTERRUPTORES				
REGISTRO DE PARAMETROS DE VOLTAJE, CORRIENTE Y FRECUENCIA EN BATERAS Y MODULOS				
PRUEBA DE TRANSFERENCIA MANUAL Y BYPASS				
PRUEBAS DE ALARMAS				
PRUEBA DE PARADAS DE EMERGENCIA				
ACTUALIZACION DE SOFTWARE				
PRUEBAS DE ALARMA DE TEMPERATURA Y DE PRESION				
TRANSFERENCIA DE CARGA Y PRUEBA DE CARGA				
FECHA DE REALIZACION		DIA:	MES:	AÑO:
FIRMA DE TECNICO				
FIRMA DE SUPERVISOR				
DURACION DEL TRABAJO				

2.3.4 Tableros eléctricos

Para la correcta aplicación del mantenimiento preventivo de tableros eléctricos se deben ejecutar las siguientes actividades según la (NFPA-70B, 2023):

- En la inspección visual se verifica la condición e integridad de las etiquetas, los anclajes de las puestas a tierra, verificar que los interruptores sean los adecuados al diagrama unifilar, de haber interfaz hombre-maquina (HMI) verificar que estén bien conectados, verificar que los aislamientos estén en buen estado, las herramientas y repuestos deben estar disponibles, verificar que las barras de fase y los controladores ambientales.
- Se realiza limpieza al aislamiento de la barra, el aislamiento de los cables, los terminales o terminaciones, las superficies de los equipos eléctricos, los gabinetes y los materiales aislantes para mantenerse en un estado limpio y libre de contaminantes.
- Se realiza lubricación de los terminales, piezas mecánicas y piezas operativas que existen para abrir, cerrar, insertar y disparar. El disyuntor, interruptor o dispositivo de protección deben lubricarse según sea necesario de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- En el mantenimiento mecánico se verifica la condición del tablero y disponibilidad de herramientas, se inspecciona la puesta a tierra y el ajuste de las conexiones atornilladas, se opera mecánicamente los interruptores, lubricación de las piezas móviles, verificar el anclaje y filtros y verificación de sistema portafusibles.
- En las pruebas eléctricas se verifican las conexiones eléctricas del hardware, medición de resistencia de aislamiento, se prueban los dispositivos, sistemas de protección y sistemas operativos, se prueban los controles de transformadores de potencia y medición, además de controladores ambientales.

En la Figura 12 se muestra una lista de comprobación para el recojo de información durante las inspecciones y trabajos de mantenimiento.

Figura 12.

Check list para recojo de información durante el mantenimiento de tableros eléctricos.

REGISTRO DE INFORMACION				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		LUGAR:	TRUJILLO	
		EJECUTOR:	Universidad de Piura	
EQUIPO:		MARCA:		
CODIGO:				
PERIODO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO:				
INSPECCION VISUAL		SI	NO	DESCRIPCION
AJUSTE DE CONEXIONES				
AJUSTE DE ANCLAJES DE LA PUESTA A TIERRA				
INTERRUPTORES SON ADECUADOS				
DIAGRAMA UNIFILAR				
CONEXIÓN DE INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA				
AISLAMIENTOS DE LOS CONECTORES				
HERRAMIENTAS Y REPUESTOS DISPONIBLES				
INSPECCION DE BARRAS DE FASES				
ESTADO DE ETIQUETAS				
TAREAS REALIZADAS		CHECK	OBSERVACIONES	
LIMPIEZA DE AISLAMIENTO DE BARRAS Y CABLES				
LIMPIEZA DE TERMINALES y EQUIPOS ELECTRICOS				
LIMPIEZA DE GABINETE				
LUBRICACION DE TERMINALES, PIEZAS MECANICAS				
REVISION DEL ESTADO DEL TABLERO				
LIMPIEZA DE LA PUESTA A TIERRA				
AJUSTE DE CONEXIONES				
REVISION DE DEL SISTEMA PORTAFUSIBLES				
CONEXIONES ELECTRICAS DEL HARDWARE				
MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO				
PRUEBA DE SISTEMAS DE PROTECCION				
PRUEBA DE CONTROL DE TRANSFORMADORES				
PRUEBA DE CONTROLADORES AMBIENTALES				
FECHA DE REALIZACION		DIA:	MES:	AÑO:
FIRMA DE TECNICO				
FIRMA DE SUPERVISOR				
DURACION DEL TRABAJO				

2.4 Frecuencia de las pruebas eléctricas

Después de definir las pruebas fundamentales para cada equipo a intervenir se clasifica el estado del equipo, posteriormente se determina la periodicidad con la que se debe aplicar el mantenimiento preventivo. Esta periodicidad se aplicará por dos periodos a menos que se presenten fallas repentinas. También se recomienda que, para fallas repentinas, el causante de la falla se usará para ver si es conveniente modificar los intervalos de mantenimiento. Si se

aplican dos periodos de mantenimiento sin requerir un servicio adicional, se evalúa el ampliar la periodicidad del mantenimiento.

La periodicidad podrá ser modificada en función del riesgo hacia el personal o debido al funcionamiento esperado por el equipo. Se tendrá en cuenta tres condiciones para la periodicidad del mantenimiento, las cuales se detallan a continuación según la (NFPA-70B, 2023):

2.4.1 Condición física 1 del equipo

Para determinar la condición física 1 de deben cumplir las siguientes características:

- El equipo tiene apariencia nueva.
- La carcasa del equipo se encuentre limpia, sin infiltración de la humedad y tenga hermeticidad.
- No hay alertas del sistema de monitoreo continuo.
- No deben existir pautas o recomendaciones provenientes de un estudio predictivo para dicho equipo.
- El mantenimiento previo ha sido desarrollado de acuerdo con un programa de mantenimiento eléctrico.

2.4.2 Condición física 2 del equipo

Para determinar la condición física 2 de deben cumplir las siguientes características:

- Según registros de mantenimientos aplicados anteriormente, los mantenimientos son aplicados con más frecuencia que lo recomendado por el fabricante.
- ay notificaciones del sistema de monitoreo desde el ultimo mantenimiento.
- ay recomendaciones provenientes del estudio predictivo.

2.4.3 Condición física 3 del equipo

Para determinar la condición física 3 de deben cumplir las siguientes características:

- De acuerdo con el programa de mantenimiento eléctrico, el equipo no ha recibido su mantenimiento dos veces de manera consecutiva.
- En los dos últimos mantenimientos se determinó la reparación o reemplazo de componentes de gran importancia para el funcionamiento del equipo.
- ay notificaciones activas de sistema de monitoreo.
- ay recomendaciones urgentes provenientes de un estudio predictivo.

Una vez definido las tres condiciones del estado de los equipos se definen los intervalos para el mantenimiento preventivo, estos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2*Intervalos de mantenimiento.*

Equipo	Tareas para realizar	Evaluación del estado del equipo		
		Condición 1	Condición 2	Condición 3
Transformador eléctrico	Inspección visual	12 meses	12 meses	6 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación		Reservado	
	Mantenimiento mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
Cables eléctricos	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Mantenimiento mecánico	Reservado	Reservado	
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses
UPS	Inspección visual	6 meses	3 meses	1 meses
	Limpieza	12 meses	6 meses	3 meses
	Lubricación		Reservado	
	Mantenimiento mecánico	12 meses	6 meses	3 meses
	Pruebas eléctricas	12 meses	6 meses	3 meses
	Procedimientos especiales	24 meses	24 meses	24 meses
Tableros eléctricos	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Lubricación	60 meses	36 meses	12 meses
	Mantenimiento mecánico	60 meses	36 meses	12 meses
	Pruebas eléctricas	60 meses	36 meses	12 meses

Nota: Adaptado de (NFPA-70B, 2023)

2.5 Protocolos de trabajo en pruebas eléctricas

La elaboración de los protocolos a seguir durante un mantenimiento eléctrico preventivo está basada en las pruebas fundamentales en equipamiento eléctrico según la normativa NFPA 70B.

2.5.1 Cables y conductores de alimentación

El mantenimiento preventivo será ejecutado por el supervisor, encargados del trabajo y técnico de mantenimiento encargado.

Los supervisores y encargados realizarán una inspección del área de trabajo, equipos y herramientas a utilizar, el procedimiento de los trabajos a realizar, equipos en media y baja tensión.

Se identifican los peligros y riesgos en la zona de trabajo, se distribuye al personal con designación de tareas e identificación de accesos, salidas de emergencia y áreas restringidas.

Revisión de implementos de seguridad:

- Zapatos dieléctricos
- Guantes de badana
- Guantes de nitrilo
- Cascos de seguridad/c barbiquejo
- Lentes de seguridad
- Uniforme
- Arnés de cuero completo c/línea de vida
- Chalecos de alta visibilidad

Revisión de materiales a utilizar:

- Malla naranja
- Cinta de señalización
- Soporte de concreto o PVC (cachacos)
- Solvente dieléctrico
- Trapo industrial
- Tocuyo
- Detergente
- Escoba

Revisión de equipos a utilizar:

- Destornilladores
- Revelador de tensión
- Pinza amperimétrica
- Guantes dieléctricos clase 3
- Megómetro
- Equipo de prueba VLF/TD
- Ultrasonido

Procedimiento para la realización del mantenimiento:

Para el desarrollo del procedimiento del mantenimiento preventivo de cables y conductores eléctricos se tiene la siguiente estructura que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Procedimientos para la realización del mantenimiento de cables y conductores.

	TRAMITE INICIAL	ACTIVIDADES ANTES DEL MANTENIMIENTO O PREVENTIVO	DURANTE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TRAMITE FINAL
JEFE DE OPERACIONES	(1) APROBACIÓN DEL MANTENIMIENTO				(13) APROBACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO
CONCESIONARIA		(3) CORTE DE ENERGÍA			(12) RECONEXIÓN DE ENERGÍA
PREVENCIONISTA		(4) VERIFICACIÓN DE LOS EPP'S Y CHARLA DE 5 MINUTOS	(7) MANTENER ORDEN, LIMPIEZA Y SEÑALIZACIÓN	(11) VERIFICA QUE EL ÁREA DE TRABAJO QUEDE LIMPIA	
SUPERVISOR	(2) SOLICITUD DE CORTE DE ENERGÍA	(5) CUMPLIMIENTO DE LAS 5 REGLAS DE ORO	(8) VERIFICAR LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS	(10) CIERRE DEL TRABAJO PROGRAMADO	

TÉCNICO
ELECTRICISTA

(6) VERIFICACIÓN
DE AUSENCIA DE
ENERGÍA

(9) INSPECCIÓN
VISUAL, LIMPIEZA
MANUAL,
MANTENIMIENTO Y
PRUEBAS
ELÉCTRICAS

2.5.2 Transformadores eléctricos

El mantenimiento preventivo será ejecutado por el supervisor, encargados del trabajo y técnico de mantenimiento encargado.

Los supervisores y encargados realizarán una inspección del área de trabajo, equipos y herramientas a utilizar, el procedimiento de los trabajos a realizar, equipos en media y baja tensión.

Se identifican los peligros y riesgos en la zona de trabajo, se distribuye al personal con designación de tareas e identificación de accesos, salidas de emergencia y áreas restringidas.

Revisión de implementos de seguridad:

- Zapatos dieléctricos
- Guantes de badana
- Guantes de nitrilo
- Cascos de seguridad/c barbiquejo
- Lentes de seguridad
- Uniforme
- Arnés de cuero completo c/línea de vida
- Chalecos de alta visibilidad

Revisión de materiales a utilizar:

- Malla naranja
- Cinta de señalización
- Soporte de concreto o PVC (cachacos)
- Solvente dieléctrico
- Trapo industrial
- Tocuyo
- Detergente

- Escoba
- Recipiente para muestra de aceite

Revisión de equipos a utilizar:

- Destornilladores
- Revelador de tensión
- Pinza amperimétrica
- Guantes dieléctricos clase 3
- Megometro
- Equipo de prueba VLF/TD
- Ultrasonido
- Telurómetro

Procedimiento para la realización del mantenimiento:

Para el desarrollo del procedimiento del mantenimiento preventivo de transformadores eléctricos se tiene la siguiente estructura que se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Procedimientos para la realización del mantenimiento de transformadores eléctricos.

	TRAMITE INICIAL	ACTIVIDADES ANTES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DURANTE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TRAMITE FINAL
OPERACIONES	(1) APROBACIÓN DEL MANTENIMIENTO				(13) APROBACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO
CONCESIONARIA		(3) CORTE DE ENERGÍA			(12) RECONEXIÓN DE ENERGÍA

PREVENCIÓNISTA		(4) VERIFICACIÓN DE LOS EPP'S Y CHARLA DE 5 MINUTOS	(7) MANTENER ORDEN, LIMPIEZA Y SEÑALIZACIÓN	(11) VERIFICA QUE EL ÁREA DE TRABAJO QUEDE LIMPIA
SUPERVISOR	(2) SOLICITUD DE CORTE DE ENERGÍA	(5) CUMPLIMIENTO DE LAS 5 REGLAS DE ORO	(8) VERIFICAR LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS	(10) CIERRE DEL TRABAJO PROGRAMADO
TÉCNICO ELECTRICISTA		(6) VERIFICACIÓN DE AUSENCIA DE ENERGÍA	(9) INSPECCIÓN VISUAL, LIMPIEZA MANUAL, MANTENIMIENTO Y PRUEBAS ELÉCTRICAS	

2.5.3 Sistema de alimentación ininterrumpida

El mantenimiento preventivo será ejecutado por el supervisor, encargados del trabajo y técnico de mantenimiento encargado.

Los supervisores y encargados realizarán una inspección del área de trabajo, equipos y herramientas a utilizar, el procedimiento de los trabajos a realizar, equipos en media y baja tensión.

Se identifican los peligros y riesgos en la zona de trabajo, se distribuye al personal con designación de tareas e identificación de accesos, salidas de emergencia y áreas restringidas.

Revisión de implementos de seguridad:

- Zapatos dieléctricos
- Guantes de badana
- Guantes de nitrilo
- Cascos de seguridad/c barbiquejo
- Lentes de seguridad
- Uniforme
- Chalecos de alta visibilidad

Revisión de materiales a utilizar:

- Malla naranja
- Cinta de señalización
- Soporte de concreto o PVC (cachacos)
- Solvente dieléctrico
- Trapo industrial
- Escoba
- Computadora

Revisión de equipos a utilizar:

- Destornilladores
- Revelador de tensión
- Pinza amperimétrica
- Guantes dieléctricos clase 3
- Cámara infrarroja
- Multímetro

Procedimiento para la realización del mantenimiento:

Para el desarrollo del procedimiento del mantenimiento preventivo de sistemas de alimentación ininterrumpida se tiene la siguiente estructura que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Procedimientos para la realización del mantenimiento de sistemas de alimentación ininterrumpida.

	TRAMITE INICIAL	ACTIVIDADES ANTES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DURANTE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TRAMITE FINAL
OPERACIONES	(1) APROBACIÓN DEL MANTENIMIENTO				(12) APROBACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

PREVENCIONISTA		(4) VERIFICACIÓN DE LOS EPP'S Y CHARLA DE 5 MINUTOS	(7) MANTENER RDEN, LIMPIEZA Y SEÑALIZACIÓN	(11) VERIFICA QUE EL ÁREA DE TRABAJO QUEDE LIMPIA
SUPERVISOR	(2) SOLICITUD DE CORTE DE ENERGÍA INTERNO	(5) CUMPLIMIENTO DE LAS 5 REGLAS DE ORO	(8) VERIFICAR LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS	(10) CIERRE DEL TRABAJ PROGRAMADO
TÉCNICO ELECTRICISTA	(3) CORTE DE ENERGÍA	(6) CORTE DE ENERGÍA Y VERIFICACIÓN DE AUSENCIA DE ENERGÍA	(9) INSPECCIÓN VISUAL, LIMPIEZA MANUAL, MANTENIMIENTO, PRUEBAS ELÉCTRICAS Y PRUEBAS DE TRANSFERENCIA	(11) RECONEXIÓN DE ENERGÍA

2.5.4 Tableros eléctricos

El mantenimiento preventivo será ejecutado por el supervisor, encargados del trabajo y técnico de mantenimiento encargado.

Los supervisores y encargados realizarán una inspección del área de trabajo, equipos y herramientas a utilizar, el procedimiento de los trabajos a realizar, equipos en media y baja tensión.

Se identifican los peligros y riesgos en la zona de trabajo, se distribuye al personal con designación de tareas e identificación de accesos, salidas de emergencia y áreas restringidas.

Revisión de implementos de seguridad:

- Zapatos dieléctricos
- Guantes de badana
- Guantes de nitrilo
- Cascos de seguridad/c barbiquejo
- Lentes de seguridad
- Uniforme
- Arnés de cuero completo c/línea de vida

- Chalecos de alta visibilidad

Revisión de materiales a utilizar:

- Malla naranja
- Cinta de señalización
- Soporte de concreto o PVC (cachacos)
- Solvente dieléctrico
- Trapo industrial
- Tocuyo
- Detergente
- Escoba
- Compresora

Revisión de equipos a utilizar:

- Destornilladores
- Revelador de tensión
- Pinza amperimétrica
- Guantes dieléctricos clase 3
- Megometro
- Telurómetro

Procedimiento para la realización del mantenimiento:

Para el desarrollo del procedimiento del mantenimiento preventivo de tableros eléctricos se tiene la siguiente estructura que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Procedimientos para la realización del mantenimiento de tableros eléctricos.

TRAMITE INICIAL	ACTIVIDADES ANTES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DURANTE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	TRAMITE FINAL

JEFE DE OPERACIONES	(1) APROBACIÓN DEL MANTENIMIENTO			(12) APROBACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO
PREVENCIÓNISTA		(4) VERIFICACIÓN DE LOS EPP'S Y CHARLA DE 5 MINUTOS	(7) MANTENER ORDEN, LIMPIEZA Y SEÑALIZACIÓN	(11) VERIFICA QUE EL ÁREA DE TRABAJO QUEDE LIMPIA
SUPERVISOR	(2) SOLICITUD DE CORTE DE ENERGÍA INTERNO	(5) CUMPLIMIENTO DE LAS 5 REGLAS DE ORO	(8) VERIFICAR LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS	(10) CIERRE DEL TRABAJO PROGRAMADO
TÉCNICO ELECTRICISTA	(3) CORTE DE ENERGÍA	(6) CORTE DE ENERGÍA Y VERIFICACIÓN DE AUSENCIA DE ENERGÍA	(9) INSPECCIÓN VISUAL, LIMPIEZA MANUAL, MANTENIMIENTO, PRUEBAS ELÉCTRICAS Y PRUEBAS DE TRANSFERENCIA	(11) RECONEXIÓN DE ENERGÍA

2.6 Organización del mantenimiento eléctrico

Para la organización de las pruebas eléctricas como elemento principal es detallar un listado del equipamiento que compone al sistema eléctrico del centro comercial Real Plaza, en este caso al no tener completo acceso a la información se validará una lista referencial para conceptos de esta investigación aplicada. El siguiente paso fundamental es el evaluar la condición del equipamiento eléctrico para de esta manera definir la periodicidad con la que se realizará el mantenimiento eléctrico preventivo, para efectos prácticos se asumirán las tres condiciones para cada equipo, la Tabla 7 y la Tabla 8 muestra una propuesta para la ejecución del mantenimiento eléctrico preventivo.

Para concretar lo descrito en el párrafo anterior, se desarrollará una propuesta para la ejecución del mantenimiento eléctrico preventivo.

Tabla 9

Continuación 2 de la organización del mantenimiento eléctrico

DETALLE DEL EQUIPO				2028				2029							
CÓDIGO	NOMBRE	CONDICIÓN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	ENERO				JULIO							
				1	2	3	4	1	2	3	4				
PME001	Cables y conductores de alimentación	CONDICIÓN 1	Inspección visual									x			
			Limpieza									x			
			Mantenimiento mecánico									x			
			Pruebas eléctricas									x			
PME002	TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS	CONDICIÓN 1	Inspección visual	x											x
			Limpieza												x
			Lubricación												x
			Mantenimiento mecánico												x
PME003	SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA (UPS)	CONDICIÓN 1	Inspección visual			x				x				x	
			Limpieza			x								x	
			Lubricación			x								x	
			Mantenimiento mecánico			x								x	
PME004	TABLEROS ELÉCTRICOS	CONDICIÓN 1	Inspección visual												x
			Limpieza												x
			Lubricación												x
			Mantenimiento mecánico												x
			Pruebas eléctricas												x

Conclusiones

El diseño de un plan de mantenimiento resulta esencial para el buen funcionamiento de los equipos. La ventaja de saber qué, cómo y cuándo hacer un mantenimiento eléctrico, es que el técnico encargado del mantenimiento sabe que pautas o lineamientos que tiene hacer o seguir para cuando ocurra un incidente. Pautas y lineamientos que se registraron durante el desarrollo del plan de mantenimiento aplicado a equipos eléctricos de un centro comercial.

Los centros comerciales de hoy en día son locales que ponen al alcance del usuario un estilo de vida diferente o moderno. Con muchas opciones variadas para adquirir, como entretenimiento, relaciones sociales, entre otras. Es por eso la importancia de un mantenimiento eficiente para su equipamiento que garantice la operatividad y seguridad de los entornos involucrados.

El uso de norma NFPA 70B es esencial para el desarrollo del plan de mantenimiento, pues establece las pruebas necesarias, que dependiendo la condición y sensibilidad del equipo a intervenir sugiere una frecuencia que va desde 5 años en condición tipo 1 hasta una intervención mensual, que es el caso del sistema de alimentación ininterrumpida en condición tipo 3.

La frecuencia del mantenimiento cambia de acuerdo con la condición del equipo, por ejemplo, en los equipos eléctricos con la misma condición tipo 3 pero con diferente frecuencia, sea el caso de cables eléctricos (mantenimiento anual) contra sistema de alimentación ininterrumpida (mantenimiento mensual o cada tres meses, dependiendo de los tipos de intervención).

La importancia de conocer los equipos eléctricos que componen a una infraestructura eléctrica es esencial para el desarrollo de los protocolos, ya que basados en las condiciones que estos presentan, es posible definir las medidas a tomar y quién las va a realizar.

Referencias

- Admin. (2020). *Celdas Eléctricas de Media Tensión*. Materiales Eléctricos, Productos Eléctricos en Colombia JD ELECTRICOS: <https://jdelectricos.com.co/celdas-electricas-de-media-tension/>
- Aguirre, C. D., & Hernández, R. J. (2017). Diseño y Evaluación Financiera de la Red Eléctrica en Media y Baja Tensión de la Urbanización Lomas de Miramar Ubicada en el Municipio de San Juan del Sur. (*Tesis para Titulación*). UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, Managua.
- Camacho, D. (2018). Propuesta de Tablero de Distribución Autosoportado en Baja Tensión Para Sistemas Industriales. (*Tesis para Titulación*). Instituto Politécnico Nacional, Mexico.
- CDA Ingenieros. (2022). *Celda de Transformación*. CDA Ingenieros del Peru: <https://cda-ingenieros.com/producto/celdas-y-subestaciones/>
- Colin, O. (2022). *Tipos de Generadores Eléctricos y sus Características*. IGSA: <https://www.igsa.com.mx/articulos-de-blog/articulos-de-generadores-de-energia/tipos-de-generadores-electricos-y-sus-caracteristicas-2/#:~:text=Una%20Planta%20de%20Emergencia%20%E2%80%93%20tambi%C3%A9n,de%20di%C3%A9sel%20o%20gas%20natural.>
- DePeru.com. (s.f.). *DePeru.com*. Real Plaza Trujillo: <https://www.deperu.com/abc/centro-comercial/4864/real-plaza-trujillo>
- Flores, E. R., & Plenge, K. (2020). Centros comerciales en el Peru en el 2019. (*Trabajo para grado de Master*). Universidad de Piura, Lima.
- Garcia Palencia, O. (2006). *El Mantenimiento General*. Uso en la asignatura Administración de Empresas del programa de ingeniería electromecánica (pp. 2), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://doi.org/https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1297>
- Guadalupe, I. J. (2020). Análisis de la eficiencia del banco de condensadores por incremento de potencia activa en la subestación eléctrica de Chimay, provincia de Jauja, región Junín. (*Tesis para Titulación*). Universidad Continental, Huancayo. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8446/3/IV_FIN_109_TE_Guadalupe_Arellano_2020.pdf
- Hannahs, C. (2023). *NFPA*. NFPA 70B es una herramienta esencial para brindar confiabilidad y seguridad: <https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2023/03/08/nfpa-70b-es-una-herramienta-esencial-para-brindar-confiabilidad-y-seguridad>

- Hubert, V. M. (2011). El sistema de respaldo (UPS) como alternativa ante las interrupciones y fallas en el suministro eléctrico. (*Tesis para Titulación*). Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3463005>
- INEI. (2023). *INEI*. Situación de la población peruana una mirada hacia los jóvenes: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib1911/libro.pdf
- IntegraMarkets. (2018). *Gestión y Planificación de Mantenimiento Industrial*. Estados Unidos: IntegraMarkets Escuela de Gestión empresarial. <https://doi.org/https://issuu.com/integramarkets/docs/gestion-y-planificacion-del-mantenimiento>
- Ministerio de energía y minas. (2002). *RD N° 018-2002-EM/DGE-Electricidad*. Ministerio de energía y minas. https://doi.org/https://minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=6&idLegislacion=6506
- NFPA. (2023). *Conoce mas sobre NFPA*. <https://www.nfpa.org/es/about-nfpa>
- NFPA-70B. (2023). *Standard for electrical equipment maintenance*. Edición 2023. <https://doi.org/https://link.nfpa.org/free-access/publications/70b/2023>
- Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Bucaramanga, Colombia: Ediciones USTA. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/11634/33276>
- Retail, P. P. (2020). *Perú: Centros comerciales incrementarán paulatinamente su flujo de visitas*. Perú Retail: <https://www.peru-retail.com/peru-centros-comerciales-incrementaran-flujo-de-visitas/>
- Silva, J. E. (2023). *Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de aceros arequipa. (tesis de titulación)*. Universidad de Piura, Piura. https://es.wikipedia.org/wiki/Edad_del_Bronce
- Valdes, M., & Cunnighan, K. (2023). The New National Fire Protection Association 70B-2023 Standard for Electrical Maintenance THE MAJOR POINTS AND PRIMARY INTENT. *IEEE Industry Applications Magazine*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/MIAS.2023.3325093>
- Valdes, M., & Cunningham, K. (2023). The New NFPA 70B-2023 Standard for Electrical Maintenance. *Taller de seguridad eléctrica (ESW) IEEE IAS 2023*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/ESW49992.2023.10188376>
- Westreicher, G. (2020). *Centro Comercial*. Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/centro-comercial.html>