



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Técnicas de mantenimiento RCM y TPM, aplicando
RCM al mantenimiento eléctrico**

Autor(es)
Andrés Medina Báez

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Eléctrica
Medellín, Colombia
2019



Técnicas de mantenimiento RCM y TPM, aplicando RCM al mantenimiento eléctrico

Autor

Andrés Medina Báez

Informe de práctica
como requisito para optar al título de:
Ingeniero Electricista.

Asesores

Edgar Alberto Betancur Cataño. Ingeniero Electrónico
Sebastián Marín Montoya. Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica
Medellín, Colombia
2019.

TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO RCM Y TPM, APLICANDO RCM AL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Resumen

El mantenimiento son aquellas acciones que se realizan para preservar un elemento o reponer para que recobre las funciones para lo cual fue diseñado. Existen diferentes filosofías de como o cuando se deben realizar los mantenimientos de un elemento, estas diferentes formas de pensar acerca del mantenimiento permitieron en su momento que se formaran diferentes técnicas aplicables para realizar un plan de mantenimiento de un elemento, de un proceso o de un sistema. En este trabajo se analizan dos de las técnicas más conocidas y aplicadas a nivel mundial, las cuales son RCM y TPM. Se estudiaron los objetivos, los fundamentos, las ventajas, las desventajas y la manera de aplicar estas técnicas en un plan de mantenimiento de cualquier tipo.

La empresa Ambientes LED S.A.S, donde desarrollé las prácticas, es una empresa prestadora de servicios eléctricos, dentro de sus principales servicios se encuentra el mantenimiento eléctrico. El mayor cliente es una empresa del sector RETAIL, la cual cuenta con muchas tiendas de ropa a nivel nacional, por tanto, se realizó un plan de mantenimiento eléctrico aplicando la técnica RCM para este tipo de tiendas.

Introducción

Todo proceso realizado sea por una persona, máquina, industria o sistema, dependen de elementos y factores que, en un momento de mala operación o fallo, pueden disminuir la eficiencia, suspender parcialmente o totalmente la producción. Muchas veces algunos de estos elementos que operan mal o fallan pueden generar un efecto domino, dañando otros elementos del proceso y causando un problema mayor.

Un sistema eléctrico está constituido por muchos elementos, que debido al estrés eléctrico al que están sometidos, tienen desgaste en sus propiedades y esto provoca que estos elementos puedan fallar. A esto hay que sumarle que un sistema eléctrico puede ser uno de los elementos más importantes en otros procesos de producción o de negocios, ya que es el encargado de transmitir la energía eléctrica que hace funcionar las máquinas, los computadores y otros elementos importantes. Lo que hace que se quiera que el proceso de la transmisión de energía eléctrica no se suspenda nunca.

Para garantizar que un sistema no falle o falle de una manera mínima, se debe hacer un control de mantenimiento, con el cual se mejoren las condiciones de los elementos existentes, tratando de alargar su vida útil, se

debe realizar análisis del estado de los elementos para tratar de predecir el posible tiempo de vida útil que les queda para tener presente el cambio y observar que elementos ya no funcionan para realizar un cambio inmediato. No llevar un control de mantenimiento sobre el sistema eléctrico, se puede traducir en pérdidas económicas debido a que el daño de un elemento que se podría haber proveído, puede suspender el servicio de energía durante un tiempo importante, puede generar una destrucción en cadena en el sistema, y puede parar procesos de producción importantes. Bien se sabe de la importancia del mantenimiento, pero ¿Cómo realizar un buen seguimiento de mantenimiento? Durante años se han desarrollado diferentes técnicas de mantenimiento, en las que sobresalen el mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) y el mantenimiento productivo total (TPM).

La empresa Ambientes LED S.A.S es una empresa prestadora de servicios, la cual presta el servicio de mantenimiento y trabajo eléctrico a las tiendas de ropa del sector RETAIL, la cual cuenta con varias tiendas de ropa a nivel nacional.

Las instalaciones eléctricas de estas tiendas cuentan con la red eléctrica convencional (trifásica o monofásica), sistemas de soporte de energía como UPS, sistemas de vigilancia como cámaras, sensores, entre otros; redes de datos, sistema de iluminación. Estos son los sistemas de interés en los cuales se realizan los mantenimientos y serán el objeto de estudio.

Inicialmente, en la propuesta se quería, luego del análisis de las técnicas de mantenimiento, realizar, si era posible, un plan de mantenimiento aplicando las dos técnicas. Al realizar dicho análisis se llegó a la conclusión de que, si era posible aplicar ambas técnicas, ya que ambas técnicas son aplicables a todo tipo de procesos o sistemas, solo que, dependiendo de la complejidad del sistema, una de las técnicas puede ser más efectiva que la otra. Por tanto, se decidió aplicar solo la técnica RCM debido a que es mas acorde para el proceso de mantenimiento eléctrico que se realiza por parte de la empresa Ambientes LED.

Objetivos

Objetivo general

Elaborar un estudio de las técnicas de mantenimiento RCM y TPM, a partir del estudio del arte, para realizar el plan de mantenimiento usando estas técnicas en el mantenimiento de la instalación eléctrica de tiendas de Retail.

Objetivos específicos

Documentar el estudio de las técnicas de mantenimiento RCM y TPM.

Comparar las técnicas de mantenimiento RCM y TPM.

Seleccionar una de las dos técnicas de mantenimiento, con la cual se realice un plan de mantenimiento aplicado al mantenimiento de la instalación eléctrica de tiendas de Retail.

Marco Teórico

El mantenimiento son todas las prácticas y actividades que se realizan sobre un elemento con el objetivo de mantenerlo o restaurarlo a un estado en el que pueda ejecutar sus funciones de la manera correcta. En estas actividades están incluidas las diferentes acciones técnicas y administrativas correspondientes [1].

Estas diferentes actividades están agrupadas en diferentes tipos de mantenimiento. Según la literatura existen varias formas de dividir los tipos de mantenimiento como: tipos de mantenimiento según su objetivo, tipos de mantenimiento según su aplicación. Los tipos de mantenimiento según su objetivo se dividen en 4: Mantenimiento correctivo, predictivo, preventivo y modificativo. [2]

Mantenimiento predictivo: “El mantenimiento predictivo está basado fundamentalmente en detectar un fallo antes de que suceda, para dar tiempo a corregirlo sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función del equipo. El mantenimiento predictivo de un sistema permite:

Optimizar la gestión del mantenimiento.

La toma de decisiones sobre cuando realizar los mantenimientos.

Verificar el estado de la maquinaria.

Confeccionar formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos

Permitir el conocimiento del historial de actuaciones y facilitar el análisis de las averías.” [2].

Mantenimiento preventivo: “El mantenimiento preventivo consiste en aplicar una serie de técnicas y procedimientos al sistema para minimizar el riesgo de fallo y asegurar su correcto funcionamiento durante el mayor tiempo posible,

alargando así su vida útil. Lo fundamental es comprender la importancia de hacer un mantenimiento preventivo para evitar desastres o pérdidas de información. Existen dos tipos de técnicas aplicables:

Mantenimiento preventivo activo: Este tipo de mantenimiento involucra la limpieza del sistema y sus componentes. La frecuencia con la cual se debe implementar este tipo de mantenimiento depende del ambiente y de la calidad de los componentes.

Mantenimiento preventivo pasivo: Este tipo de mantenimiento consiste en el cuidado del sistema en su ambiente externo, condiciones físicas de operación del sistema y la prevención eléctrica." [3].

Mantenimiento correctivo: "El mantenimiento correctivo consiste en el reemplazo de componentes del sistema que se encuentren en mal estado o presenten un mal funcionamiento. Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando el predictivo lo aconseje y cuando el preventivo ya no sea posible." [3].

Dentro del mantenimiento correctivo se puede proceder de dos maneras, con una corrección planificada, la cual consiste de que ya se prevé el elemento que va a fallar y se anticipa la compra de los repuestos necesarios, de tal forma cuando falle dicho elemento, se realiza el cambio de inmediato y solo se perderá el tiempo que demore la reparación. Y una corrección no planificada, la cual se realiza debida a una falla no prevista y debe ser solucionada con la mayor rapidez posible para impedir que se incrementen los costos, generalmente el tiempo de parada en este caso es mucho mayor que en una corrección planificada.

Mantenimiento modificativo:

"Tiene como propósito compensar la obsolescencia tecnológica o las nuevas exigencias que en el momento de construcción no existían o no fueron tenidas en cuenta pero que en la actualidad sí deben serlo." [4]

Los tipos de mantenimiento según su aplicación son: Mantenimiento cero horas (Overhaul), mantenimiento en uso y mantenimiento de oportunidad.

Mantenimiento cero horas (overhaul): "Es un mantenimiento que depende de la gravedad de la falla porque implica que el daño es tan severo que se necesita parar la maquinaria por completo para hacer el mantenimiento." [2].

Mantenimiento en uso: "Es aquel mantenimiento que se puede aplicar mientras que la máquina sigue funcionando, por dos simples razones:

La falla es específica y no afecta al resto de la maquinaria (un cambio de bombillos, por ejemplo).

Se trata de un mantenimiento casi obligatorio para el funcionamiento de los equipos (como la lubricación, reapriete de tornillos, limpieza, etc.)” [2].

Mantenimiento de oportunidad: Es cuando se aprovecha las paradas “normales” de los equipos para hacer mantenimiento. [2].

Cada uno de estos tipos de mantenimiento son aplicados en diferentes técnicas de mantenimiento, en este proyecto se abordarán las técnicas RCM y TPM.

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde no se obtenían los resultados más adecuados para la seguridad de la navegación aérea. Posteriormente fue trasladada al campo militar y mucho después al industrial, tras comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios, pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento. El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.

Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.

Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

Las acciones tendentes a evitar los fallos pueden ser de varios tipos:

Determinación de tareas de mantenimiento que evitan o reducen estas averías.

Mejoras y modificaciones en la instalación.

Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.

Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en planta, como una de las medidas paliativas de las consecuencias de un fallo.

Procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.

Planes de formación. [5-7]

Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos. En la fábrica ideal, la maquinaria debe operar al 100% de su capacidad el 100% del tiempo. El TPM es un poderoso concepto que nos conduce cerca del ideal sin averías, defectos ni problemas de seguridad. El TPM amplía la base de conocimientos de los operarios y del personal de mantenimiento y los une como un equipo cooperativo para optimizar las actividades de operación y mantenimiento. La innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo. Mantienen sus máquinas en buen estado de funcionamiento y desarrollan la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que ocasionen averías. El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM es una nueva dirección para la producción. El TPM, que organiza a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de la línea de producción, es un sistema de mantenimiento del equipo a nivel de compañía que puede apoyar las instalaciones de producción más sofisticadas.

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del "conocimiento" industrial. El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallas, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada. Cuando esto se ha logrado, el período de operación mejora, los costos son reducidos, el inventario puede ser minimizado y en consecuencia la productividad se incrementa. El TPM busca

fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí; todo esto con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato. [8-10]

Metodología

Inicialmente se realizó un estudio del arte acerca del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) y del mantenimiento productivo total (TPM), explicando cada una de sus características, particularidades, ventajas, desventajas.

Teniendo claro este conocimiento el paso siguiente fue comparar las dos técnicas de mantenimiento y seleccionar la técnica que mejor se acoplaba al proceso de mantenimiento eléctrico, y finalmente se realizó un plan de mantenimiento basado en la técnica RCM, aplicado al mantenimiento eléctrico de las tiendas de Retail.

Resultados y análisis

- 1. RCM (Mantenimiento centrado en fiabilidad)

Un plan de mantenimiento basado en RCM consta de las siguientes etapas:

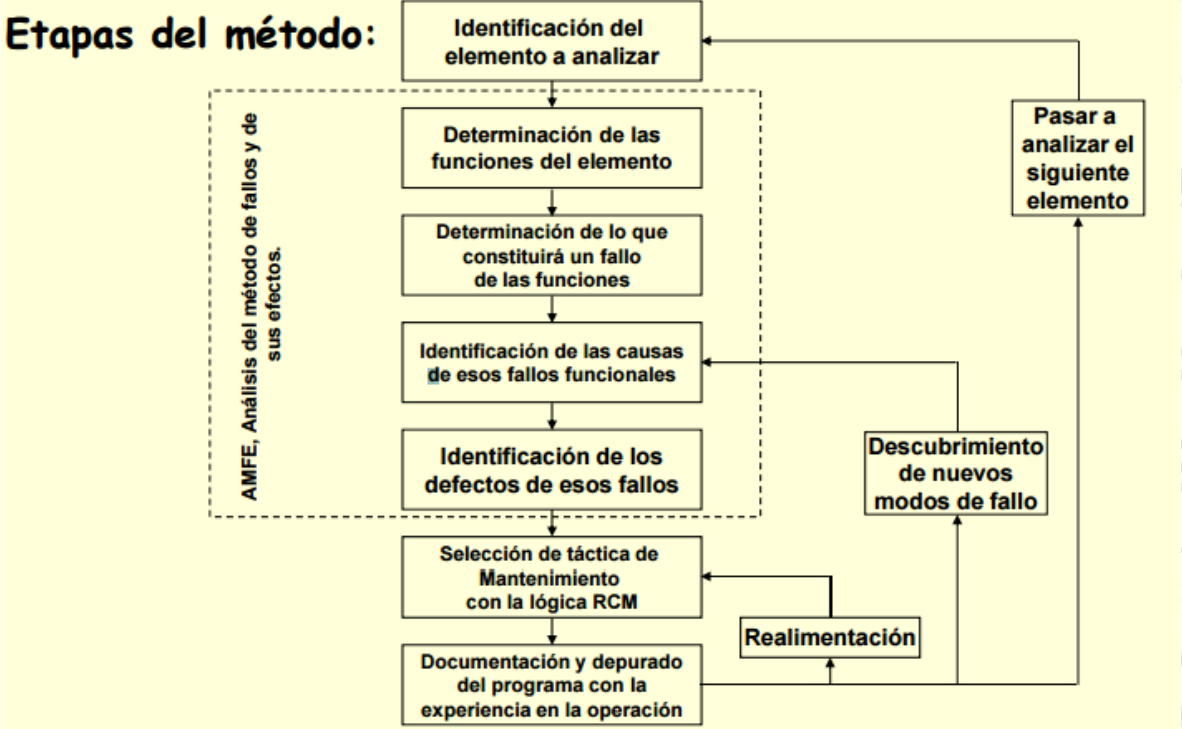


Fig 1. Etapas del método RCM

- 1.1. Identificación del elemento a analizar.

En esta primera etapa es donde se decide que elementos se tiene que analizar, evaluar la distinta criticidad de cada tipo de elemento que compone una planta o un sistema.

1.2. Análisis modal de fallos y los efectos de estos.

En esta etapa se debe incluir tanto los fallos que hayan ocurrido a un elemento como el conjunto de las fallas posibles que pueden presentarse para ser prevenidos en su totalidad. Para cada elemento será necesario clasificar los fallos posibles, teniendo en cuenta los diferentes fallos ocultos que pueden presentarse y las diferentes consecuencias medioambientales, en la producción y en el mantenimiento.

Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla. Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla. Todos los modos de falla asociados a cada falla funcional deben ser identificados durante el análisis de RCM. Al identificar los modos de falla de un equipo o sistema, es importante listar la causa raíz de la falla. Para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El efecto de falla es una breve descripción de qué sucede con el sistema cuando la falla ocurre. Los efectos de falla deben indicar claramente cuál es la importancia que tendría la falla en caso de producirse.

1.3. Selección de táctica de mantenimiento con la lógica RCM.

En esta etapa se selecciona la aplicación a cada modo de fallo de la lógica RCM, en donde la naturaleza aleatoria de los fallos cuestiona si en determinadas ocasiones es posible mantener el sistema en funcionamiento una vez detectado el problema. Se debe tener en cuenta que no solo es necesario detectar el problema, sino dar seguridad de que se tendrá tiempo de resolverlo antes que este haga que el elemento no cumpla con su función requerida. Esta selección se hace entre los diferentes tipos de mantenimiento que son el mantenimiento predictivo, preventivo, y correctivo.

El mantenimiento predictivo consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra.

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste, es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento.

El mantenimiento correctivo consiste en realizar la sustitución de los elementos fallidos cuando estos ya fallaron. Esto con el fin de reestablecer el sistema.

Una vez realizada la selección de la táctica de mantenimiento, se debe documentar y en caso de que se pueda realizar otra táctica de mantenimiento se hace una realimentación. Finalmente, este proceso se realiza con cada uno de los elementos del sistema. Cabe aclarar que el método RCM es un método que se evalúa permanentemente, es decir, no basta con realizar el plan RCM el día de hoy y este va a regir eternamente, es posible que, en algún momento, cualquier elemento falle por una causa que nunca se previó, por ende, el plan RCM se le incluye este nuevo tipo de falla, de tal modo que ya se tendría rastreado un nuevo tipo de falla y sus soluciones.

2. TPM (Mantenimiento productivo total)

Las etapas del método TPM son:

Definir el equipo en el que se realizará el evento: Aquí se define o limita el alcance del evento, siendo el evento el conjunto de todo el plan (incluyendo el sistema, los operarios y las actividades a realizar).

Selección del equipo: Según la complejidad y criticidad del evento, se selecciona el equipo, siendo el equipo la mano de obra del evento.

Capacitar el equipo: Crear la conciencia de mantenimiento TPM a los empleados.

Definir el plan de implementación y preparar los manuales e instructivos que se usaran como ayuda al proceso.

Realizar la limpieza profunda.

Implementar mantenimiento autónomo.

Establecer análisis de confiabilidad.

Implementar el mantenimiento de calidad en el sistema.

Presentación de metas alcanzadas o avances en el proceso.

Muchas de las etapas anteriores son pilares del TPM y se explicaran a continuación.

El mantenimiento productivo total se fundamenta en seis pilares:

2.1. Mejoras enfocadas.

Se refiere a todo el tipo de actividades realizadas con el fin de mejorar la eficiencia de los elementos, equipos y el sistema en general, es decir, disminuir o anular los limitantes de los equipos.

Para estas mejoras se proporciona el método de los siete pasos:

Selección del tema de estudio.

Crear estructura del proyecto

Identificar situación actual y establecer objetivos de mejora.

Diagnóstico del problema de estudio.
Formulación de un plan de acción.
Implantar mejoras.
Evaluación de resultados.

2.2. Mantenimiento autónomo.

Es el mantenimiento que se realiza diariamente con actividades no especializadas pero que contribuyen al proceso, tales como las inspecciones, la limpieza, la lubricación, los análisis de fallas, entre otros. Los objetivos de este mantenimiento es contribuir a la preservación de los equipos por medio de la prevención de estos.

Para este pilar se establece el siguiente procedimiento:

Limpieza inicial (Limpieza profunda): Eliminación de suciedad, escapes, polvo, ajustes menores.

Acciones correctivas en la fuente: Evitar que el equipo ensucie nuevamente, facilitar su acceso, inspección y limpieza inicial; reducir el tiempo empleado en la limpieza profunda.

Preparación de estándares de inspección: Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y ajuste. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.

Inspección general: Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la verificación.

Inspección autónoma: Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo.

Estandarización: Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Elaboración de procedimientos operativos estándar. Aplicación de estándares.

Control autónomo pleno: Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa. Empleo de tableros de gestión visual (Andon), tablas MTBF y tableros Kaizen.

2.3. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento juega un papel muy importante en el TPM, ya que a través de un mantenimiento preventivo continuo se puede lograr el objetivo de la técnica TPM de "cero averías".

2.4. Mantenimiento de calidad.

Este mantenimiento tiene como objetivo principal preservar los equipos y sistemas en un punto óptimo de producción donde sea posible lograr cero defectos en la calidad de este.

Para este mantenimiento se proponen las siguientes etapas:

Etapa 1: Identificación de la situación actual del equipo.

Etapa 2: Investigación de la forma como se generan los defectos.

Etapa 3: Identificación, análisis y reporte de causas y efectos en materiales, máquinas y mano de obra (3M).

Etapa 4: Estudiar las acciones correctivas.

Etapa 5: Estudiar las condiciones del equipo para unidades no defectuosas.

Etapa 6: Realizar eventos de mejora enfocada aplicada a las 3M.

Etapa 7: Definir estándares de las 3M.

Etapa 8: Reforzar los métodos de inspección.

Etapa 9: Valorar los estándares utilizados.

2.5. Educación y entrenamiento.

La técnica TPM requiere de la colaboración de todo el personal capacitado. El pilar de educación y entrenamiento se enfoca en garantizar el desarrollo de las competencias del personal, teniendo en cuenta los objetivos de la organización.

2.6. Seguridad y medio ambiente.

es necesario preservar la integridad de las personas y disminuir el impacto ambiental en cada operación, equipo o instalación de la organización. El propósito de este pilar consiste en crear un sistema de gestión integral de seguridad y medio ambiente con el objetivo de lograr "cero accidentes" y "cero contaminación", llevando los principios del sistema de gestión a todos los niveles de la organización.

3. RCM VS TPM

Para poder comparar ambas técnicas de mantenimiento es necesario conocer las ventajas y desventajas.

Las ventajas del RCM, inicialmente es que al aplicar esta técnica se disminuye la cantidad de mantenimiento rutinario habitual en un 40% a 70%, lo cual reduce lógicamente costos en mantenimiento. También como con RCM se plantea un nuevo sistema de mantenimiento preventivo, se logrará que los trabajos programados de mantenimiento se reduzcan y la carga sea mucho menor a un método convencional.

Las desventajas del RCM, debido a la robustez de la técnica y como no incluye a todo el personal sino solo a los implicados, el procedimiento en la solución de una falla puede ser extenso, por tanto, cuando se necesite acción inmediata, si no está el personal adecuado, no se aplicará de forma efectiva, generando así, pérdidas en la producción o en la eficiencia del proceso o sistema. También se puede ver como una desventaja la

frecuencia de los mantenimientos preventivos o revisiones de control para la predicción de posibles daños en la maquinaria.

Las ventajas del TPM, en primera instancia, es que al integrar a todos los empleados en los trabajos de mantenimiento se obtienen resultados más rápidos, tratando de lograr siempre el objetivo de cero averías y cero fallas.

Las desventajas del TPM, es que se debe hacer un cambio de mentalidad y cultural en todos los empleados para que esta técnica tenga éxito. Otra de las desventajas de esta técnica es el gran costo de inversión, tanto en los repuestos como en las capacitaciones y formaciones en la organización. Este método implica que el proceso de implementación requiera varios años.

Debido a la ideología del TPM de cero averías y de máxima eficiencia de producción hace que esta técnica sea mucho más costosa que una técnica como el RCM que de cierto modo acepta que puede haber una probabilidad de falla en el sistema. TPM también es más costosa que RCM ya que, su ideología exige para que haya cero tiempos muertos, tener repuestos disponibles para que sean cambiados inmediatamente, por tanto, esto implica inversión en repuestos.

Obviamente, el TPM bien implementado genera más eficiencia en un proceso que el RCM, pero ahí es donde entra a jugar los costos vs la producción. Depende de los procesos también es más conveniente usar una técnica o la otra, por lo mismo, porque si un proceso genera ganancias elevadas se pensaría que pararlo un par de minutos, horas o incluso días, generaría unas pérdidas económicas millonarias, por tanto, aquí sería útil aplicar el TPM, pero si por el contrario, en un proceso nada implica que un elemento falle, o si una máquina se suspende por varios minutos u horas y se puede seguir produciendo así no sea de la manera eficiente, de pronto tener una técnica de TPM sería muy costosa, sabiendo que una RCM aplica en este tipo de procesos.

4. Plan de mantenimiento eléctrico a las tiendas RETAIL

Como se explicó anteriormente, RETAIL es un sector económico que recoge las empresas que comercializan de forma masiva productos o servicios a una gran cantidad de demanda. Este sector es en que entrega los productos al consumidor final.

La empresa Ambientes LED S.A.S es una empresa de ingeniería eléctrica prestadora de servicios, entre estos servicios se encuentran el mantenimiento eléctrico preventivo y correctivo. Ambientes LED S.A.S es la empresa encargada del mantenimiento eléctrico de las tiendas de ropa de una empresa del sector RETAIL.

Dentro de los diferentes mantenimientos que se dan en estas tiendas se encuentra el reemplazo de elementos que fallan, revisiones generales de las condiciones del funcionamiento del sistema eléctrico y de los equipos eléctricos importantes como son los sistemas de seguridad, de comunicación y de respaldo eléctrico.

Después de explorar las dos técnicas (RCM y TPM) y analizando los servicios que se prestan a este tipo de tiendas, la técnica que más se acopla a este tipo de mantenimiento es el RCM, ya que, el TPM en primera instancia sería difícil aplicarlo ya que se tendría que capacitar a todo el personal de estas tiendas, esto implicaría inversión monetaria importante por parte del cliente, solo para capacitar a todo su personal en mantenimiento eléctrico que es el fin de este plan, cuando en las tiendas también hay mantenimiento locativo, por tanto, también sería hacer un plan de mantenimiento TPM completo para ese tipo de mantenimientos.

También sería invertir en elementos eléctricos que tienen tasas de fallas relativamente bajas para cumplir con el objetivo de cero fallas y cero averías. Además, sería una inversión económica muy grande para una técnica de mantenimiento que, en la mayoría de los casos, un fallo no interrumpe el objetivo final de las tiendas, que es vender.

Por esto, a continuación, se mostrará un plan de mantenimiento eléctrico basado en RCM para las tiendas de ropa de una empresa RETAIL.

5. RCM aplicado al mantenimiento eléctrico para las tiendas de ropa.

5.1. Identificación del elemento a analizar.

Se va a analizar un sistema eléctrico de una tienda de ropa, cada elemento perteneciente al sistema debe ser analizado. Para este análisis se tomará como referencia el sistema eléctrico de una tienda que cuente con un conjunto de elementos completos para que el análisis pueda ser aplicado a una tienda que cuente con los elementos básicos.

En la fig. 2. se muestra la simbología usada en los diagramas unifilares de las fig. 3-8. Estos diagramas son la configuración eléctrica típica de la red de una tienda.

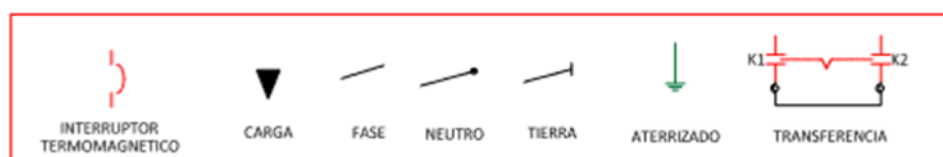


Fig.2. Simbología usada en los diagramas unifilares.

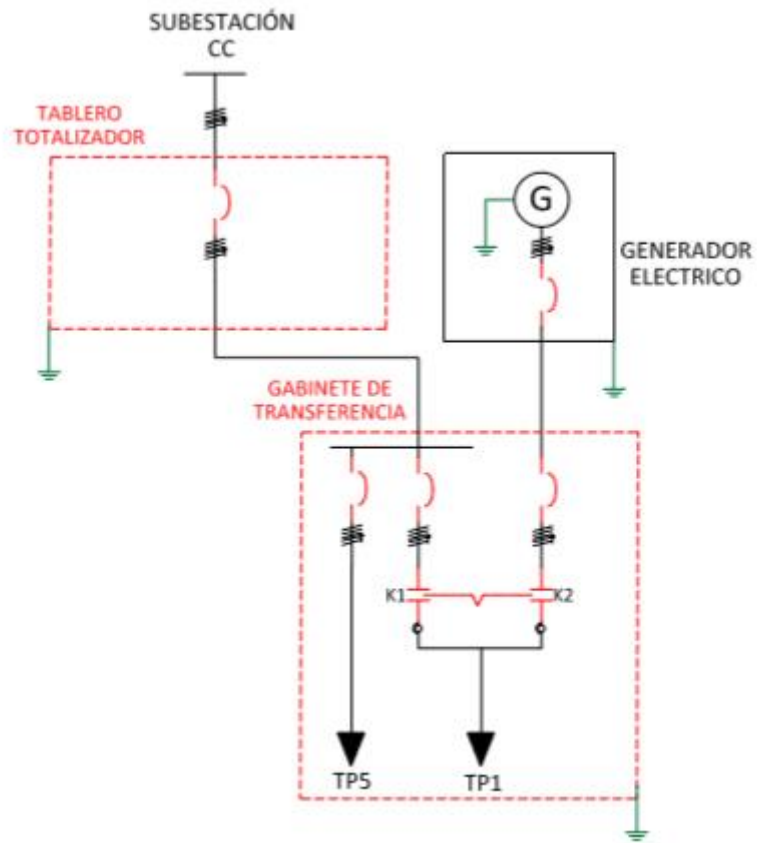


Fig.3. Diagrama unifilar llegada de acometida del local, llegada de acometida de transferencia.

En la fig.4 se ilustra la llegada a TP1 desde el gabinete de transferencia de la fig.3. En la fig.5 se ilustra la llegada a TP5 desde el gabinete de transferencia de la fig.3.

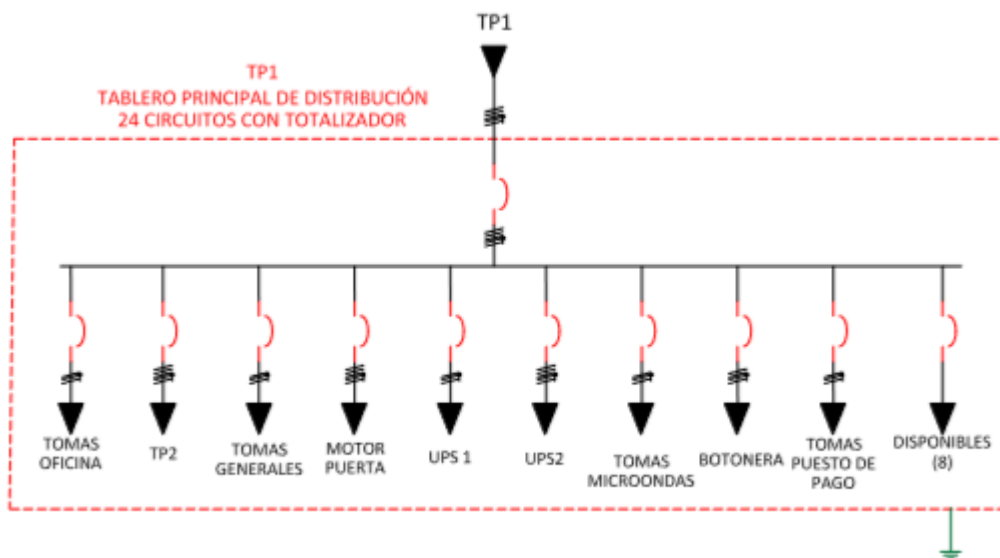


Fig.4. Diagrama unifilar llegada a TP1 desde el gabinete de transferencia.

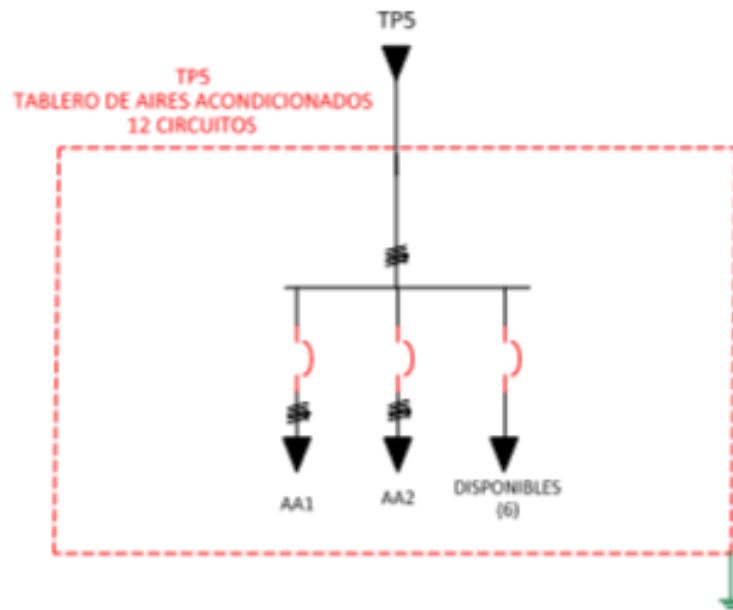


Fig.5. Diagrama unifilar llegada a TP5 desde el gabinete de transferencia.

En las fig.6-8 se ilustra la salida desde TP1 hasta los tableros TP2, TP3 y TP4.

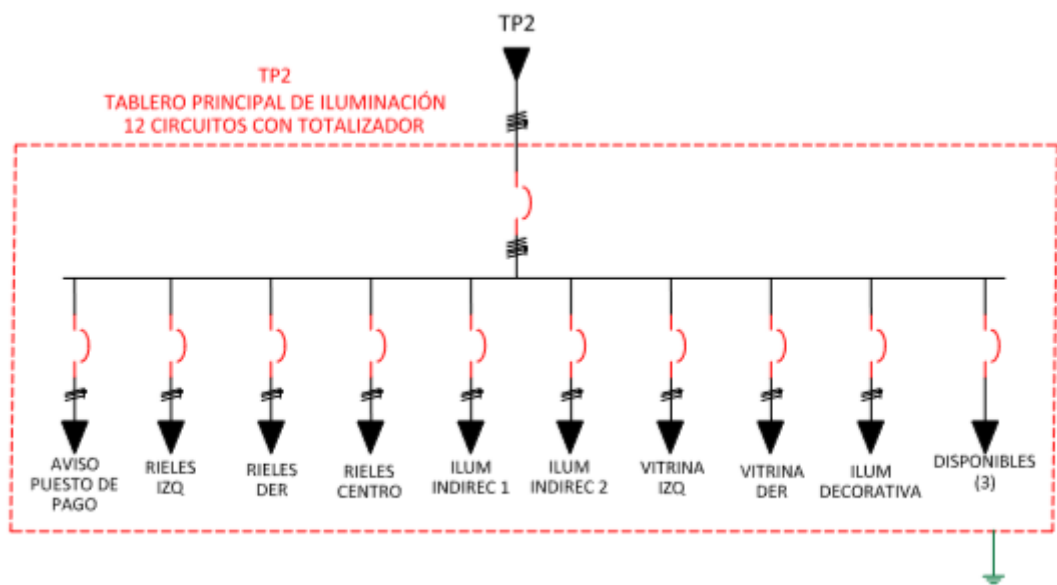


Fig.6. Diagrama unifilar llegada a TP2 desde el tablero TP1.

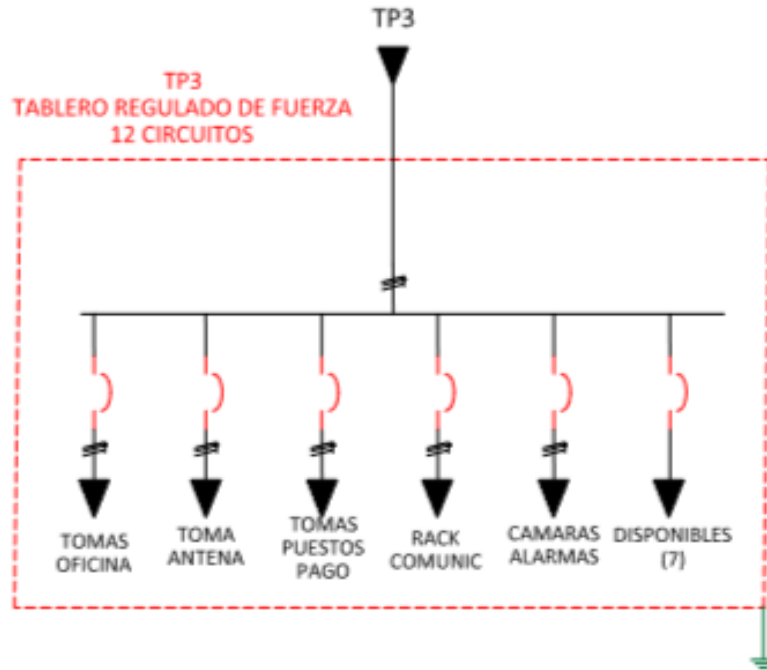


Fig.7. Diagrama unifilar llegada a TP3 desde el tablero TP1.

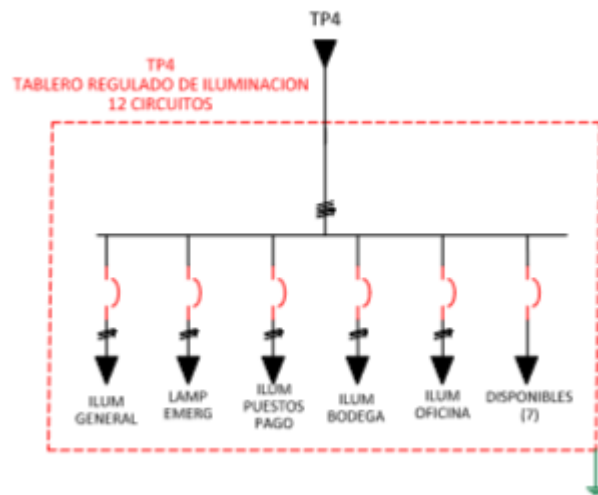


Fig.8. Diagrama unifilar llegada a TP4 desde el tablero TP1.

Cabe aclarar que los circuitos UPS1 y UPS2 correspondientes al tablero TP1 son salidas eléctricas donde se conectan las UPS del sistema y estas se conectan a los tableros TP3 y TP4 respectivamente.

En el diagrama unifilar que toco dividirlo por comodidad visual se representan muchos de los elementos del sistema que se va a analizar. A continuación, se presentará una lista de los elementos a analizar, desplegándose desde las fig.3-8.

En la fig.3. los elementos que se observan allí son:

El cableado, los tableros, los totalizadores, la planta de emergencia, los interruptores termomagnéticos y la transferencia.

Estos elementos son los correspondientes a los elementos ubicados en los tableros, por tanto, en las demás figuras se tendrán los mismos elementos, sin embargo, cada circuito de un tablero conlleva consigo otros elementos.

En la fig.4. los elementos que aparecen dependiendo de cada circuito son: Tomas monofásicos, tomas trifásicos, UPS, botonera. Asociado a la botonera se tienen elementos como pilotos luminosos y telerruptores.

En la fig.5. no aparecen elementos que no se hayan mencionado, los aires acondicionados no se incluirán en el análisis ya que no es del alcance de las actividades laborales.

En la fig.6. aparecen elementos asociados al diferente tipo de iluminación: Asociado a los avisos luminosos que generalmente son cintas led, se encuentran elementos como drivers, fuentes transformadoras y las cintas led, a los rieles se asocian los conectores alimentadores de riel, los conectores de la luminaria al riel y la bombilla de la luminaria, a la demás iluminación como tubos, ojos de buey, se asocian los conectores a las bombillas, llamado sockets.

En la fig.7. aparecen varios elementos, quizás los más importantes en las tiendas de este tipo, debido a que, sin el funcionamiento de alguno de estos circuitos, la operación de las tiendas se va a ver afectada. En esta parte del sistema, llamado el sistema regulado, se encuentran la conectividad a internet y servidores, la conectividad de los puestos de pago para poder conectarse con las entidades bancarias a través de los datafonos se encuentra soportados los sistemas de seguridad como las cámaras de video, cámaras contadoras, las antenas que dan alarma cuando sacan una prenda que no ha sido facturada. Estos equipos tienen en común que están conectados todos a una red de comunicación. Lo que compete a este plan de mantenimiento es la red de comunicación, dentro de esta red de comunicaciones aparecen los elementos:

Cableado UTP, conectores plug RJ45, Jack RJ45, patch cord, patch panel y el switch.

Teniendo los elementos identificados, se procede a determinar las funciones de cada elemento, las fallas que pueden tener, las causas de estas fallas y los efectos de los fallos. A esta cantidad de pasos se le llama el AMEF (análisis del modo y efecto de fallas).

5.2. AMEF

En la Tabla I se realiza el análisis de modo y efecto de falla para cada elemento.

Tabla I. Análisis de modo y efecto de falla.

#	Elemento	Función	Falla	Efecto	#	Causa
1	Cableado de potencia	El cableado cumple con la función de conducir la electricidad	Desconexión o ruptura del conductor	Se suspende la transmisión de energía	1	En la conexión, se deja flojo el conductor.
					2	El conector usado para empalmar quedó flojo o mal ponchado
					3	Mantener el cable tensionado de manera voluntaria e involuntaria
					4	El espacio donde está el cable no es adecuado (superficies rugosas, quebrado debido a esquinas o puntas, estar en contacto con un elemento cortopunzante)
2	Tablero eléctrico	El tablero eléctrico cumple con la función de distribuir a través de sus barrajes la energía a los diferentes circuitos, también da el soporte mecánico a los breakers.	No hay distribución de la energía o no soporta de manera mecánica los elementos internos	Se suspende la transmisión de energía en los circuitos implicados	1	Se fraccionó algún tipo de soporte, ya sea en los barrajes o en las placas de sujeción de los breakers
3	Totalizadores y/o breakers	Estos elementos son protecciones termomagnéticas, que se encargan de abrir el circuito de manera automática cuando se está demandando más corriente que la que soporta el cableado	Disparos frecuentes, calentamiento anormal	En el mejor de los casos los contactos internos ni cierran, en el peor de los casos los contactos internos se quedan cerrados y en caso de una sobre corriente, este no se abrirá	1	Esfuerzo eléctrico, es decir, mantener forzando al elemento a actuar continuamente. Esto deteriora las propiedades que permiten que se cumpla el principio de funcionamiento de la protección
					2	Obsolescencia
4	Transferencia	Es un elemento que permite trasladar una carga de un sistema de alimentación a otro, ya sea de manera automática o manual (o ambas)	No funciona la transferencia	Ya sea de manera manual o automática, no se puede trasladar una carga de un alimentador a otro	1	Las protecciones internas de la transferencia, como fusibles, se fundieron o actuaron y deben ser reemplazados
					2	Los contactos o el sistema de actuadores internos, no se están uniendo
					3	Hay una mala conexión, no hay conexión o no hay energía en la red a

					la que se va a trasladar la carga
5	UPS	Es un elemento de respaldo, el cual tiene una batería interna, que en el momento del corte de energía que la alimenta, esta suministra la energía almacenada en la batería a los equipos que están conectados a ella	La UPS no da respaldo	Todas las cargas que están conectadas a la UPS se quedan sin energía y no funcionan	<p>1 La UPS esta sobrecargada, es decir, no soporta la carga que tiene conectada y para no generar daños internos, no da respaldo</p> <p>2 El sistema de baterías de la UPS está malo</p> <p>3 Posiblemente la UPS tenga la opción de BYPASS activado, esto hace que la UPS esté en STAND BY, mientras que internamente, toda la energía que ingresa a ella sale para los equipos.</p>
6	Botonera	Es un gabinete en donde se encuentra el sistema de accionamiento de la iluminación	No enciende una iluminación o varias o ninguna	El lugar que se desea iluminar queda oscuro o la iluminación no apaga.	<p>1 La protección de la botonera puede haber fallado o estar abierta</p> <p>2 El telerruptor al dañarse puede quedarse abierto permanentemente o cerrado, por tanto, puede que no permita o encender o apagar la iluminación</p> <p>3 El pulsador cuando se daña, al pulsarlo no permite que el telerruptor conmute, por ende, no va a encender o a apagar la iluminación.</p>
7	Tomas	Es un elemento a través del cual se pueden conectar los equipos y electrodomésticos al sistema eléctrico	Toma sin energía, toma deteriorado	No hay energía en el toma, chispea al conectar algo, el toma se ve quemado o derretido, algunos elementos que se conectan no funcionan bien	<p>1 Mala conexión del conductor con el toma, esto puede generar que el voltaje varíe</p> <p>2 La parte interna del toma se deterioró y no hace buen contacto con la clavija del elemento por ende se generan chispas</p> <p>3 La capacidad eléctrica del toma puede ser menor que algunos equipos q se conectan a este, al usar estos equipos por jornadas largas, se generan calentamiento que</p>

						pueden derretir el toma
					4	Generar un corto circuito en los agujeros puede generar una temperatura muy alta que queme el toma.
8	Iluminación en rieles	Esta es un tipo de luminarias que usan un riel, el cual internamente tiene conductores que se encargan de alimentar toda la iluminación acoplada al riel	Iluminación apagada	Tienda o zonas oscuras	1	Bombilla fundida
					2	Conector a casquillo de bombilla malo
					3	Conector de luminaria a riel malo
					4	Conductor del riel interrumpido, puede estar energizado una fracción del riel y la otra no. Por tanto, el riel está malo
					5	Conector que alimenta eléctricamente los conductores del riel malo
					6	Voltaje al que está conectado el riel no es el voltaje de funcionamiento de la bombilla
9	Iluminación de tubos LED	La iluminación con tubos también cumple la función de iluminar	Iluminación apagada	Tienda o zonas oscuras	1	Tubo malo
					2	Mala conexión de alimentación, existen dos tipos de conexión para los tubos led
					3	Los sockets están malos o son los equivocados para la conexión
10	Iluminación general	La iluminación general también cumple la función de iluminar	Iluminación apagada	Tienda o zonas oscuras	1	Bombilla fundida
					2	Conector a casquillo de bombilla malo
					3	Voltaje al que está conectado no es el voltaje de funcionamiento de la bombilla
					4	Si se usan elementos que varían el voltaje como fuentes transformadoras, drivers y balastos, se debe comprobar que

					estos están buenos
11	Puntos de red	Cumple la función de conectar y comunicar a través de una red los diferentes elementos que deben permanecer en línea para poder llevar a cabo actividades como los pagos a través de datafonos, el monitoreo de las tiendas, el sistema de seguridad, entre otros.	No conectividad a la red de comunicación de uno de los elementos	Dejar la tienda sin internet, sin sistema de cámaras o alarmas, sin forma de pagos con tarjetas, sin seguridad	<p>1 El elemento está malo</p> <p>2 El patch cord que conecta la salida de red con el aparato esta malo</p> <p>3 El jack donde está conectado el patch cord que conecta con el equipo esta malo o mal ponchado</p> <p>4 El cableado UTP esta partido</p> <p>5 El jack del patch panel esta malo o mal ponchado</p> <p>6 El patch cord que conecta el patch panel con el switch está malo</p> <p>7 El puerto del switch donde está conectado el patch cord que va al patch panel, está inhabilitado o está malo</p>

5.3. Selección de táctica de mantenimiento con la lógica RCM.

Para el cableado de potencia según el análisis realizado, al ser el medio por el cual se transmite la energía, y para las tiendas es más que necesario tener suministro eléctrico se debe realizar un mantenimiento preventivo para fijar los conectores, apretar los elementos de sujeción como tornillos y tuercas, el aislante del cable cuando se esta afectando es mas notorio en los extremos de conexión entonces revisar que el aislamiento no se este quemando o derritiendo. Se debe hacer mantenimiento correctivo inmediatamente haya un fallo en el cableado, no solo por el suministro de energía sino por seguridad del personal. Gracias al reglamento técnico hoy en día los ductos para el cableado se deben cumplir en las instalaciones, por ende, no sucede tanto que el cableado se perfora. Esto sucede en cables de pequeños calibres usados en iluminación. Sin embargo, en edificaciones viejas se encuentran cableados expuestos, tirados y quebrados en esquinas, esto por

no cumplir la norma necesita mantenimiento correctivo, aunque en teoría el funcionamiento este bien.

En el tablero eléctrico y los elementos que se encuentran en el cómo los breakers, al ser elementos críticos y de protección es importante realizar mantenimientos preventivos, para mirar que los elementos estén bien sujetos, que no haya deterioro mecánico en el tablero. Se debe hacer mantenimiento correctivo inmediatamente haya un fallo en esta parte del sistema.

Se recomienda realizar mantenimiento predictivo con cámara termográfica para garantizar que todo esté bien, y al ver una anomalía prever que breaker puede empezar a fallar. Amerita tener repuestos de estos elementos en bodega, para en el momento en que falle sea cambiado en el menor tiempo posible.

La transferencia es un elemento que no todas las tiendas tienen debido a factores económicos, pero no tiene sentido alguno que una tienda con transferencia ya sea manual o automática se quede en algún momento sin suministro eléctrico. Por esto se debe realizar un mantenimiento preventivo, en el cual se haga una revisión general del circuito de transferencia, incluyendo el nivel de combustible de la planta. En caso de encontrar un elemento próximo a fallar en un preventivo, se debe programar con urgencia el reemplazo de dicho elemento. En caso de falla se debe aplicar mantenimiento correctivo de manera inmediata.

Para la botonera, si se tiene una botonera en buenas condiciones, con buenos conectores en el cableado, no es necesario realizar mantenimiento preventivo, debido a que es poco probable que fallen dos o mas elementos de esta al mismo tiempo, con esto se quiere decir que si falla un elemento de un solo circuito, tal vez se apague unas cuantas lámparas, pero no amerita el costo de un mantenimiento preventivo sabiendo que las ventas se ven poco afectadas por un par de bombillas que estén apagadas unas cuantas horas o días. En cuanto a los elementos que son telerruptores, pulsadores y protecciones, son elementos relativamente económicos y es posible tener en bodega repuestos, pero debido a que no hay mantenimiento preventivo, y las ventas no se ven afectadas por una zona oscura, y la frecuencia de ocurrencia de fallas en estos elementos es muy baja. Esto aplica para todo el tipo de iluminación, si las ventas no se ven afectadas por un circuito completo de iluminación que no enciende, menos se va a ver afectado por un tubo o un bombillo que no enciende. En cuanto a temas de iluminación se aconseja solo realizar mantenimiento correctivo. Se debe tener en cuenta que hay iluminación regulada, la cual se debe tener un mantenimiento

preventivo, pero no en cuanto a las bombillas, sino en cuanto a los circuitos y el tablero.

En cuanto a los tomas se aconseja lo mismo que con la iluminación, son elementos que al fallar no causan problemas graves, incluso a veces ocurren fallas en estos elementos y el personal no se da cuenta hasta tiempo después.

Los tomas importantes serían las salidas reguladas, que son donde se conectan los aparatos con los que la tienda hace las ventas, monitorea y vigila la tienda. Este sistema regulado si debe tener un mantenimiento preventivo, pero más que todo en la revisión de las ups y los tableros regulados. Se debe revisar que la UPS no se sobrecargue para no deshabilitarla, con el mantenimiento preventivo se va estimando este tipo de datos y mediciones reales.

Por último, los puntos de red, al ser demasiado importantes en las ventas vale la pena invertir en mantenimiento preventivo para esta red, aunque la mayoría de las fallas de los elementos de esta red son causales ajenas, como deterioro del cable por roedores. Las fallas que suceden porque expiro la vida útil de uno de estos elementos es mínima. Por tanto, el mantenimiento preventivo no tiene que ser frecuente. El mantenimiento correctivo debe ser urgente.

Conclusiones

Las técnicas de mantenimiento RCM y TPM, son técnicas muy completas para realizar un plan de mantenimiento, ambas se pueden aplicar en todo tipo de procesos.

Es importante conocer muy bien el proceso al cual se le desea aplicar una técnica de mantenimiento como RCM o TPM, ya que, si bien es posible aplicar estas técnicas en todo tipo de proceso, hay procesos que su complejidad implica que se tenga que implementar un plan complejo como TPM y que al aplicar de pronto uno como RCM no dé el mismo resultado.

Comparar este tipo de técnicas es relativo ya que el resultado de ambas va a depender del proceso en el que sean aplicadas.

Para el tipo de mantenimiento eléctrico que se realiza por parte de la empresa Ambientes LED a las tiendas de ropa, la técnica RCM es la más acorde debido a que su implementación no es tan compleja como la TPM.

El análisis de modo y efecto de falla (AMEF) es un procedimiento muy completo, el cual se permite modificar cada vez que resulte una nueva falla, una nueva causa o un nuevo efecto, brindando así, una recopilación de

fallas, con el fin de que las fallas identificadas, sus efectos y sus causas no se vuelvan a presentar.

Se logra aplicar la técnica RCM al mantenimiento eléctrico de las tiendas de ropa del sector RETAIL.

Referencias Bibliográficas

- [1] Mantenimiento, «Asociación española para la calidad». [En línea]. Available: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>.
- [2] Tipos de mantenimiento para los equipos de tu empresa, «EMPRENDER FÁCIL». David Polo, [En línea]. Available: <https://www.emprender-facil.com/es/tipos-de-mantenimiento-pyme/#aplicacion2>.
- [3] Tipos de mantenimiento, «CEFIRE». [En línea]. Available: http://cefire.edu.gva.es/pluginfile.php/1040495/mod_resource/content/3/13_tipos_de_mantenimiento.html.
- [4] Mantenimiento, «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>.
- [5] Plan de mantenimiento basado RCM, «Ingeniería del mantenimiento». [En línea]. Available: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>.
- [6] RCM, Mantenimiento centrado en Confiabilidad, «gestiopolis». [En línea]. Available: <https://www.gestiopolis.com/rcm-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad/>.
- [7] Sobre RCM, «RCM3,» [En línea]. Available: <http://rcm3.org/que-es-rcm>.
- [8] Mantenimiento Productivo Total, «Ingeniería industrial online». [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>.
- [9] ¿Qué es TPM?, «Mantenimiento Petroquímica,» [En línea]. Available: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>.
- [10] Mantenimiento Productivo Total, «Wikipedia». [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_productivo_total.