

El Mantenimiento Proactivo (Preventivo y Predictivo) y las Auditorías eléctricas; factores esenciales en el Mejoramiento del Sistema Eléctrico y la Calidad Productiva de las empresas

Ing. Octavio Fonseca

Gerente General
Kay Electric CA

Introducción.-

Antes de iniciar la materia objeto del presente escrito, es importante discernir sobre el significado de la palabra proactivo, de su origen y el significado que realmente tiene ven el mantenimiento eléctrico. Tradicionalmente, la palabra mantenimiento había sido aplicada un sin número de actividades tendientes a preservar y/o recuperar las condiciones de un equipo. En la actualidad, el mantenimiento se enfoca hacia la preservación de las características de un determinado equipo y de los subsistemas que lo componen y la reparación se asocia más con la recuperación de las condiciones; anteriormente denominada como mantenimiento correctivo.



Debido a que ahora este nuevo concepto del mantenimiento eléctrico se disocia de la reparación, entonces el significado del mantenimiento correctivo se transfirió a la actividad de reparación. Volviendo con el concepto de mantenimiento, tenemos dos grandes vertientes de interés:

Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo.

Tratemos de ilustrar los conceptos con simples ejemplos cotidianos: El aceite que Usted usa en el vehículo es reemplazada basado en una base estadística de tiempo, tipo de aceite y severidad del uso del vehículo, tradicionalmente la gran mayoría de las personas lo reemplaza a los 5.000 Km. basado en las estadísticas ya mencionadas pero no realizamos ningún tipo de análisis del aceite para determinar su estado, este ejemplo representa de manera sencilla el concepto del mantenimiento preventivo, basado estadísticamente en intervalos de tiempo que se asumen sean inferiores a los tiempos entre fallas, es decir cambiar el aceite del vehículo a los 5,000 Km. me aseguraría que el reemplazo se efectúa antes de que el aceite pierda sus propiedades y dañe el motor del vehículo. Ahora bien, todo el mantenimiento lo debo realizar basado en estadísticas de tiempos entre fallas, la respuesta es que si podría pero tendería a ser ineficiente ya que habrían muchos reemplazos de partes eléctricas que no serían necesarias realizar ya que su estado todavía me permite que sigan funcionando. En este momento es donde aparece el concepto de la predicción, es decir el mantenimiento predictivo, que no es más que el uso de tecnologías

normalmente no invasivas para determinar estado de los subsistemas básicos del equipo y/o componente monitoreado, permitiéndome concluir de manera decisiva si el equipo eléctrico puede seguir en la línea de producción de manera segura y confiable.

Como un ejemplo muy común de lo anterior podemos mencionar en el campo de la electricidad a la termografía infrarroja, ultrasonido, análisis predictivo de motores eléctricos...etc. entre un gran número de tecnologías aplicables exitosamente al mantenimiento eléctrico. En los análisis predictivos, se estudia la condición del equipo y de todos los subsistemas que definen su integridad física a fin de visualizar si eran aptos para seguir operando y ver cuan alejados se encuentran de sus condiciones nominales. La fusión del concepto de mantenimiento eléctrico preventivo y mantenimiento eléctrico predictivo crea el nuevo concepto del mantenimiento proactivo que no es más que la utilización de ambas tecnologías sobre un mismo equipo para optimizar el uso de los recursos y poder definir más claramente la funcionalidad del equipo eléctrico.



Una vez comprendido el significado de los conceptos básicos nos toca ahora analizar estos dos puntos que hacer y cuando hacerlo. Realizar mantenimiento y en particular el eléctrico dista bastante de comprar un producto o equipo. Para aclarar Este unto vamos a presentar un ejemplo cotidiano; cuando Usted va a un supermercado a comprar una lata de margarina de una determinada marca calidad usted ya sabe que es lo que quiere por lo que el punto determinante seria el de encontrar un supermercado con el precio mas bajo del producto deseado, pero cuando Usted va a realizar mantenimiento a un equipo eléctrico no puede simplemente realizar una requisición al Dpto. de compras y colocar la frase :Realizar mantenimiento eléctrico al determinado grupo de equipos sino que debe escribir claramente las especificaciones del oque quiere para que se logre el objetivo de mantenimiento deseado. Por lo general as especificaciones de mantenimiento eléctrico predictivo y predictivo ha sido un punto que las empresas han manejado de manera muy subjetiva ya que cada empresa de servicios tiene un concepto distinto de que pruebas hacer. Muchas veces los ingenieros de mantenimiento por desconocimiento ó por falta de tiempo liberan requisiciones de servicios carentes totalmente de especificaciones. Esto ha representado durante mucho tiempo una de las “trampas” más peligrosas a las que se expone una empresa ya que la evaluación de los servicios ofrecidos por las empresas, al ser tan diversos en sus contenidos pueden perfectamente conducirnos a comparar ofertas con contenidos totalmente disímiles y también se da le caso que terminamos contratado servicios cuyo contenido carece de la esencia de las pruebas e inspección requeridas por su equipo. Esto se observará finalmente con fallas intespectivas de equipos que en teoría fueron evaluados pero dicha evaluación no fue conducida de manera correcta. Esta situación asociada con el mantenimiento eléctrico no ha estado solo presente en Venezuela y en países industrializados como los Estados Unidos de America fue muy común este escenario hasta que se creó desde hace más de 15 años una organización sin fines de lucro conocida por sus iniciales de NETA (International Electrical Testing Association) que se ha encargado desde ese entonces a generar especificaciones de inspecciones de Mantenimiento eléctrico,

dividiendo cada inspección en varias secciones: Inspección Visual y Mecánica, Inspección Eléctrica, Pruebas y análisis de resultados. Los objetivos de NETA han sido el de normalizar las actividades que requiere cada tipo de equipo, sin distinción de marca, para que cada ente evaluador realmente realice el trabajo que se requiere y no quede bajo la discrecionalidad de un ingeniero de campo el que pruebas realizar.

En cuanto a la frecuencia del mantenimiento eléctrico, NETA presenta una tabla tipo baremo donde interviene 2 variables modificando una base periódica anual. La primera variables es la condición previamente evaluada del equipo y la otra variable es el requerimiento de confiabilidad del equipo en el sistema eléctrico. Una vez que se determinan ambos valores se procede a ubicar el multiplicador deseado.(ver figura 1)

| MAINTENANCE FREQUENCY MATRIX | | | | |
|-----------------------------------|--------|---------------------|---------|------|
| | | EQUIPMENT CONDITION | | |
| | | POOR | AVERAGE | GOOD |
| EQUIPMENT RELIABILITY REQUIREMENT | LOW | 1.0 | 2.0 | 2.5 |
| | MEDIUM | 0.50 | 1.0 | 1.5 |
| | HIGH | 0.25 | 0.50 | 0.75 |

Figura 1 Matriz de frecuencia del mantenimiento

Por lo general NETA establece frecuencias bases de mantenimiento de 1 año y en algunos casos de hasta 2 años. Este valor base deberá Ser modificado por las 2 variables anteriormente mencionada: condición del equipo y requerimiento de confiabilidad del equipo. Por ejemplo un equipo cuya frecuencia base es de 1 año pero tiene una condición pobre y un alto requerimiento de confiabilidad en la línea de producción, requería que la frecuencia de las inspecciones predictivas se realicen cada 3 meses y no anualmente como estaba previsto originalmente.

Usted puede llevar a cabo sus programación del mantenimiento eléctrico de manera manual ó automatizada usando uno de los software de alto desempeño que actualmente están disponibles en el mercado pero si no maneja con claridad y absoluta objetividad los conceptos entonces tendrá una gran herramienta de trabajo utilizada parcialmente.

Que Inspecciones y actividades son recomendadas?

A continuación les detallaremos una lista de Inspecciones de Mantenimiento Eléctrico, elementos de auditoría eléctrica, evaluaciones energéticas, adiestramiento...etc. que toda empresa debe realizar periódicamente, esto si realmente desea elevar su empresa a un nivel alto de rendimiento.

Las actividades más recomendadas se listan en el siguiente orden:

- Revisión detallada del diagrama unifilar.
- Creación de base de datos y generación de planos en Autocad.
- Evaluación de la calidad de energía eléctrica (Load Profile & Power Quality).
- Estudios al Sistema Eléctrico.
- Evaluaciones Proactivas (predictivas y preventivas) de acuerdo a NETA de todos los componentes primarios del sistema eléctrico.
- Inspecciones Predictivas primarias : Termografía, Ultrasonido y Análisis de Motores: MCA, MCSA, VA MTHA, LPQA..etc.
- Evaluación de los niveles de Seguridad eléctrica
- Estudio de operación del Sistema Eléctrico. Análisis de la eficiencia de trabajo de los equipos y del sistema eléctrico.
- Evaluación predictiva de los sistemas de puesta a tierra.
- Adiestramiento Técnico del personal.

El diagrama unifilar. Para que nos sirve?

El diagrama unifilar, como su nombre lo indica, es una representación en una sola línea del sistema de distribución eléctrica de 3 ó 4 hilos, por sencillez solo se representa un hilo.

Un diagrama unifilar actualizado, es una gran herramienta desde el punto de vista técnico y de seguridad ya que proporciona una información confiable y rápida de como se encuentran los equipos conectados entre sí. El riesgo que se corre al utilizar información desactualizada tanto en casos cotidianos como de de emergencia, es muy alto, representa un alto riesgo innecesario para los

operadores y mantenedores. En la actualidad se utilizan equipos y programas que permiten rastrear circuitos confusos y determinar correctamente sus conexiones. También hay programas que crean bases de datos interactivas que les permiten a los usuarios mantener actualizados sus diagramas en dichas bases de datos, procurando de forma periódica vaciar la información en los planos y registrar Siempre información actualizada.

sobrecargarse más allá de lo permitido al no poseer torque suficiente para manejar a la carga, con la consecuente pérdida prematura del equipo. Así tenemos varias variables eléctricas que debemos observar continuamente y poder con seguridad conocer sobre la calidad del servicio que alimenta a los equipos.

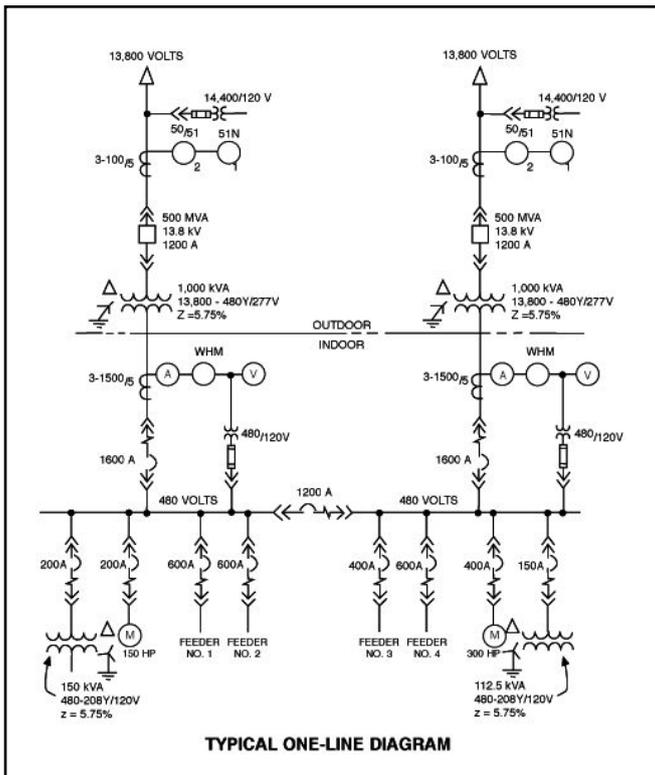


Figura 2 Diagrama unifilar típico

Evaluación de la calidad de energía eléctrica (Load Profile & Power Quality).

La calidad de la energía eléctrica que utilizan los equipos eléctricos, es tan importante como la calidad de los propios equipos. Partiendo del concepto básico de mantenimiento eléctrico de mantener a los equipos dentro de sus valores nominales, incluye primordialmente a los valores nominales de la energía eléctrica que los alimenta. Por ejemplo un equipo operando con un valor bajo de voltaje de alimentación con una carga severa como un compresor acoplado al eje, tenderá a

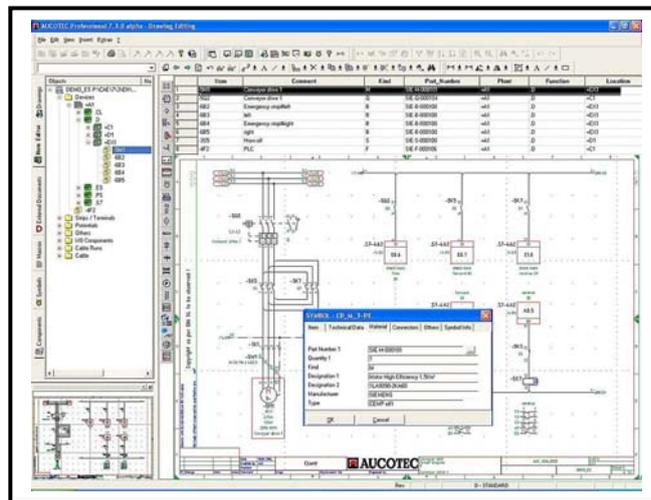


Figura 3 Pantalla de base de datos

En el régimen permanente tenemos las siguientes variables y eventos de interés:

Kw., KVA, KVAR, Voltaje, frecuencia, desbalances de voltaje y corriente, armónicos..etc. Un motor operando con un desbalance de voltaje del 5% deberá ser disminuido en su capacidad en un 25%. La reducción de torque producido por el torque negativo contrario al sentido de giro del motor produce una disminución efectiva de la potencia del motor, exigirle la potencia de placa equivaldría a someterlo a una sobrecarga del 25%. La inclusión de equipos tales como los variadores de velocidad (VDF's), arrancadores suaves, UPS..etc. generan en su condición de cargas no lineales, una gran cantidad de armónicos de distintos ordenes que no solo afectan el desempeño de motores y transformadores sino que crean un problema verdadero al tratar de compensar reactivos en un ambiente contaminado de armónicos y mas aun cuando están por encima de lo establecido en el Std. IEEE 519.

En el régimen transitorio tenemos las siguientes variables y eventos de interés:
Sags, swells y armónicos de muy corta duración.

- Estudio y selección automática de filtros para armónicos.
- Arranque de motores.
- Confiabilidad sistemas de distribución.

| Voltage at PCC | Individual Component Voltage Distortion | Total Voltage Distortion (THD _F) |
|-------------------|---|--|
| V [69 kV | 3.0 % | 5.0% |
| 69 kV < V [161 kV | 1.5% | 2.5% |
| V > 161 kV | 1.0% | 1.5% |

Figura 4 Tabla base IEEE Std 519



Figura 5 Programación e instalación de un Power Quality Analyzer

Estudios al Sistema Eléctrico

Los estudios al sistema eléctrico, son simulaciones de alto desempeño que permiten evaluar las condiciones de trabajo de los componentes del sistema eléctrico bajo escenarios diversos. Estos estudios en la actualidad son realizados por personal de alta experiencia con el uso de programas de computación (software) de alto desempeño capaces de realizar hasta 45 estudios distintos sobre una base común de datos y manejan hasta 50,000 buses y barras eléctricas, lo que permite evaluar sistemas eléctricos a gran escala. Los programas de mayor rendimiento, capacidad y seguridad en los resultados han sido certificados por la norma ISO-9000, lo que representa un punto de confiabilidad en los resultados arrojados.

Entre los estudios de mayor importancia y más comúnmente demandados por la industria son:

- Cortocircuito AC/DC
- Coordinación de protecciones.
- Flujo de Carga
- Arco Eléctrico (Arc Flash)
- Corrección de factor de potencia.

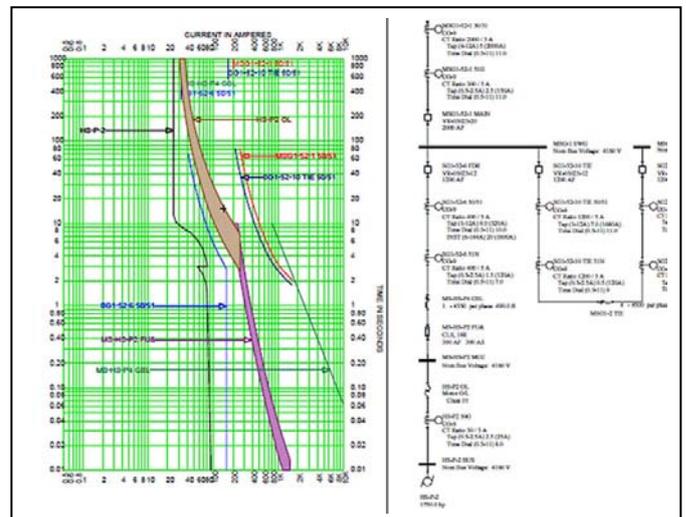


Figura 6 Hoja típica de coordinación de protecciones

Evaluaciones Proactivas (predictivas y preventivas) de acuerdo a NETA

Las evaluaciones proactivas (predictivas & Preventivas) de equipos eléctricos basados en el St. NETA, representan una garantía de que los equipos serán evaluados correcta y oportunamente sin dejar aspectos por cubrir. Este estándar es un compendio de información y protocolos de inspección, cubriendo todos los equipos eléctricos existentes sin distinción de marca ó modelo, esto garantiza que el estándar cubre todos los equipos se fabrican a nivel mundial y no están asociados a marca alguna.

Cada protocolo esta debidamente adaptado al equipo a ser evaluado, coloca diferencias por tecnología, lo cual o hace una información no genérica. En muchos casos, el Std de NETA requiere que sean consultados ciertos aspectos muy particulares ofrecidos por el fabricante, por eso es que una inspección NETA debe acompañarse con el manual de operaciones del fabricante para así complementar cualquier información que sea exclusiva de ese fabricante, el resto de la información esta siempre cubierta en forma directa por el Std NETA.



Figura 7 Evaluación predictiva de un interruptor



Figura 8 Evaluación predictiva de relés de protección

- Inspecciones Predictivas primarias:

Termografía, Ultrasonido y Análisis de Motores: MCA, MCSA, VA MTHA, LPQA..etc.

Termografía Infrarroja. Esta tecnología, se inicia desde mediados de los años 40 como tecnología militar, capaz de detectar la presencia del enemigo bajo la más completa obscuridad. Se basa en el principio físico de que todo cuerpo caliente irradia calor en la banda infrarroja, invisible para el ojo humano. La cámara capta dicha energía y la convierte en una imagen que puede ser estática ó dinámica, dependiendo de la cámara usada con altos niveles de precisión y resolución del orden de 0.1 °C.

Las aplicaciones son diversas y no están limitadas por supuesto al campo del mantenimiento eléctrico, de hecho se aplica con mucha frecuencia en mantenimiento mecánico y en la evaluación de elementos del proceso productivo. Ha sido exitosamente utilizada en diversos proceso tales como petroleros, papeleras, acerías...etc.

En el caso del mantenimiento eléctrico, la termografía infrarroja, permite evaluar conexiones flojas, circuitos sobrecargados, puntos calientes...etc. de una manera muy práctica. Se recomienda contratar servicios de

empresas especializadas con personal certificado al menos con el NIVEL II de termografía. Los criterios básicos se basan en la temperatura máxima encontrada y los gradientes entre fases.

| Temperature difference (ΔT) based upon comparisons between component and ambient air temperatures. | Recommended Action |
|--|---|
| 1°C - 10°C | Possible deficiency; warrants investigation |
| 11°C - 20°C | Indicates probable deficiency; repair as time permits |
| 21°C - 40°C | Monitor until corrective measures can be accomplished |
| >40°C | Major discrepancy; repair immediately |

Figura 8 NETA Criterio comparación niveles de temperatura

Inspección Ultrasónica. El ultrasonido ha sido utilizado de una manera bastante amplia en diferentes aplicaciones, desde la medicina, análisis de integridad de soldaduras y en el mantenimiento eléctrico y mecánico. Antes de la aparición del análisis de vibración, el ultrasonido era la única tecnología accesible para detectar fallas en rodamientos, hoy en día esa aplicación fue superada por el análisis de vibración. Esta tecnología, se combina completamente con la termografía infrarroja y entre ambas presentan un cuadro bastante preciso de lo que acontece en el sistema eléctrico de distribución. La termografía infrarroja se encarga de monitorear todas las huellas térmicas ocasionadas por los puntos calientes ó cualquier otra anomalía térmica, mientras que el ultrasonido vigila la presencia de sonidos ultrasónicos, no audibles para el ser humano, ocasionadas por la presencia de efecto corona y tracking. Las empresas aseguradoras han entendido sobre los beneficios en el sistema eléctrico y lo están exigiendo cada vez mas a todas las empresas aseguradas.

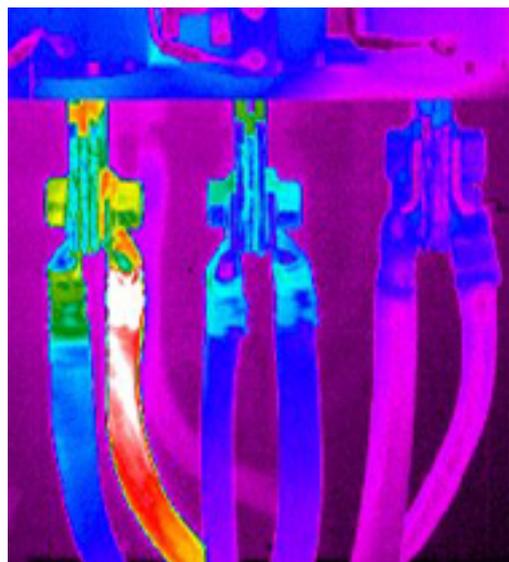


Figura 9 Termograma de una terna en baja tensión

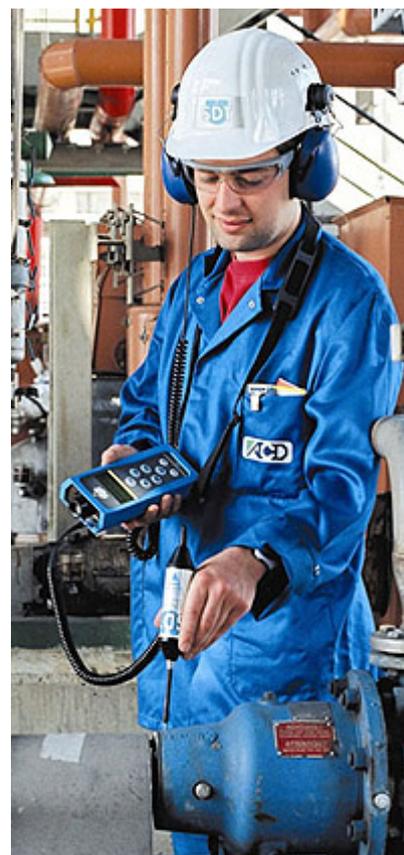


Figura 10 Conduciendo una Inspección Ultrasónica

Evaluación de los niveles de Seguridad eléctrica.

La seguridad eléctrica, es un tema que desde hace bastante tiempo se ha convertido en discusión obligatoria de empresas, contratistas y del estado. La electricidad en todas sus facetas mantiene uno de los niveles más altos de riesgo, por lo que cualquier acción orientado a minimizarla, será de gran utilidad para todos. La seguridad Eléctrica, persigue en principio la seguridad de las personas pero también tiene como objetivo secundario la preservación de los activos y procesos productivos de la empresa.

Los aspectos básicos que deben ser considerados más allá de los meramente administrativos que cada país maneja dentro de sus regulaciones locales, debe contemplar entre otras cosas, los siguientes aspectos, tanto para las actividades internas de las empresas como las realizadas por contratistas. Cada grupo deberá mantener información actualizada de los siguientes aspectos :

- Plan de Seguridad Eléctrica general,
- ATS (Análisis de trabajo Seguro) para cada actividad que se realice.
- Registro actualizado de equipos y enseres de seguridad.
- Registro de adiestramiento permanente en materia de Seguridad Eléctrica.



Figura 11 Inspección Eléctrica con protección contra arc flash

En la actualidad, OSHA ,organismo americano que vigila la seguridad y el ambiente de trabajo en las industrias de ese país, requiere de manera obligatoria que las empresas de ese país, trabajando dentro y fuera de su territorio, realice e implemente estudios de arco eléctrico (arc flash)de acuerdo con la NFPA 70E.La legislación nuestra, aplicada a través de la LOPCIMAT, requiere que las empresas mantengan un entorno seguro de trabajo pero sin indicar de que manera hacerlo específicamente. Esto obliga al empresario a utilizar todas las normativas locales e internacionales que existan para procurar ese entorno de trabajo.

Los estudios de arco eléctrico (arc flash) generan información sobre la energía incidente, medida en calo/cm², que hay presente en el entorno de trabajo de un electricista u operador al momento de realizar simples maniobras ó labores de mantenimiento.

Los valores de energía incidente son clasificados en 5 categorías (0 al 4), dependiendo de la magnitud de dicha energía y poder advertir al operador ó mantenedor que be protegerse con trajes diseñados especialmente para esa condición de riesgo.

| Hazard/Risk Category (HRC) | Required Minimum Arc Rating of PPE |
|----------------------------|------------------------------------|
| 0 | N/A |
| 1 | 4 Cal/cm ² |
| 2 | 8 Cal/cm ² |
| 3 | 25 Cal/cm ² |
| 4 | 40 Cal/cm ² |

Figura 12 Tabla severidad Arc Flash

| ! WARNING | |
|---|--|
| Bus Electrical Shock and Flash Hazard | |
| Appropriate PPE Required | |
| When Live Parts are Exposed (Restricted Shock Hazard Distance = 26 inch) | |
| Volts <input type="text" value="4800"/> | Max Short Circuit kA <input type="text" value="5.0"/> |
| PPE Based on 17.9 inch Working Distance Arc Flash boundary, PPE required within 13.2 inches) | |
| Clothing Level <input type="text" value="0"/> | Face Shield <input checked="" type="checkbox"/> |
| Glove Class <input type="text" value="0"/> | Eye Protection <input checked="" type="checkbox"/> |
| Insulated Tools <input checked="" type="checkbox"/> | Hair/Beard Net Not Allowed <input checked="" type="checkbox"/> |
| Required <input checked="" type="checkbox"/> Not Required <input type="checkbox"/> | Arc Flash boundary at energy < 1.2 cal/cm*2 |
| Project: T123 Equipment Name: 01 | |

Figura 13 etiqueta de Arc Flash

Estudio de operación del Sistema Eléctrico. Análisis de la eficiencia de trabajo de los equipos y del sistema eléctrico.

Muchas veces, el trabajo en nuestras instalaciones eléctricas se nos vuelve rutinario hasta el extremo de pensar que no otra manera de hacerlo y que los equipos dentro del sistema de distribución de energía eléctrica, no tiene otra forma de ser manejados.

Esta forma de pensar, tan común en ingenieros y operadores, no es más que otro paradigma que hay que romper ya que muchas veces y después de análisis no muy complejos podemos concluir que si existen alternativas que representan reducciones dramáticas de costo y/o mejoramiento sustancial de la confiabilidad, seguridad y continuidad de los procesos.

Hay muchos ejemplos que están a la vista, pero son tan evidentes que nadie los ve.

Cuántas personas se han hecho las siguientes preguntas:

- Como podemos disminuir la prima del seguro, convirtiéndonos en una empresa de menor riesgo?
- Como podemos reducir el costo de la factura eléctrica, disminuyendo el consumo y el impacto de la demanda eléctrica.
- Cual es el retorno sobre la inversión (ROI) de un proyecto que contemple el reemplazo de equipos obsoletos por unos de mayor eficiencia
- Como integramos a los mantenedores y operadores de equipos en las estrategias para reducir las paradas inesperadas de planta?
- Podemos incorporar alimentaciones eléctricas selectivas primarias para reducir las posibilidades de pérdida de energía eléctrica.
- Que fuentes energéticas pueden utilizarse en reemplazo de las existentes

Cada planta debiera mantener un grupo evaluador donde se incorpore personal de operaciones, mantenimiento, finanzas y especialistas externos que miren continuamente las medidas posibles para

mejorar el funcionamiento de los equipos eléctricos.



Figura 14 Personal de planta y operaciones discutiendo sobre un método alternativo de operación nocturna

Evaluación predictiva de los sistemas de puesta a tierra.

La puesta a tierra de equipos eléctricos y electrónicos, es una consideración eléctrica vital para que los equipos funcionen adecuadamente y de manera segura... El conductor de tierra, provee una vía designada para que las corrientes circulen a la tierra. Por ejemplo, en un centro de datos, las regulaciones obligan a la puesta a tierra tanto del equipo como del sistema eléctrico que provee el servicio. El diseño de puesta a tierra, deberá cumplir con el artículo 250 del NEC (National Electrical Code) a menos que sea superado por códigos locales. En el caso de Venezuela, las regulaciones locales se fundamentan en el CEN (Código Eléctrico Nacional), una versión local del NEC en español que establece en su sección #250-51: La vía a tierra de los circuitos, equipos y conductores, deberá: (1) Ser permanente y continuo (2) tener suficiente capacidad para llevar la corriente impuesta de manera segura (3) Tener suficiente baja impedancia para limitar los voltajes a tierra y facilitar la operación del circuito de protección en el circuito.



Figura 15 equipo medidor de puesta a tierra

Uno de los elementos claves más importantes del diseño de puesta a tierra es que deberá tener el valor óhmico más bajo como sea posible, muy a pesar de que el CEN admite valores de hasta 25 ohms, organizaciones como IEEE recomiendan valores de 1 a 3 ohms, dependiendo el caso donde se esté evaluando dicha puesta a tierra. Es también muy importante de que las puestas a tierra sean continuas y conectadas a l punto central de tierra de las edificación .Los equipos electrónicos son muy sensitivos a la presencia de corrientes parásitas conocidas como spray currents y también son sensitivos al ruido electrónico .Es muy importante que se mantenga una tierra dedicada todo el sistema eléctrico a fin de evitar diferencias de potencial entre elementos puestos a tierra que no estén unidos entre si.



Figura 16 pinza de medición alternativa

El diseño y el mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra requieren de mucho cuidado y dedicación a fin de reparar todas aquellas conexiones cuyos valores no se correspondan a los tabulados y/o medidos anteriormente..La gran mayoría de las empresas de seguro prestan una gran atención a que sus asegurados incluyan esta evaluación de la misma forma que exigen la termografía y el ultrasonido.

Hay un método de medición establecido por la IEEE, mejor conocido como el método del os 3 puntos para medir de manera segura y confiable el valor de puesta a tierra de un electrodo ó malla. Hay un método alternativo de reciente invención que utiliza una pinza para medir el valor de puesta a tierra; este método requiere de que existan múltiples conexiones en paralelo a fin de la lectura sea correcta, si hay solo un punto de conexión entonces habría que usar solo el de los 3 puntos. Adicionalmente ese mismo equipo utiliza otro método de IEEE, mejor conocido como el método de los 4 puntos para medir la resistividad del terreno, que es una medición clave cuando se diseña un sistema de puesta a tierra.

Adiestramiento Técnico del personal.

Quizás uno de los aspectos más importantes que un buen supervisor debe mantener al día es el adiestramiento adecuado y constate de su personal. Un personal bien adiestrado es un elemento clave en la resolución de problemas de cualquier industria.



Figura 17 Típica clase inductiva

La electricidad industrial es una actividad en continuo crecimiento donde la tecnología se ha centrado desde hace mucho tiempo. Muchas veces adquirimos equipos de muy alta tecnología y olvidamos que las personas que resolverán los problemas asociados con dichos equipos requieren de ese tan importante adiestramiento para que comprendamos mejor que hacer en caso de problemas con el equipo.

Muchas empresas dedican sus recursos de manera no equitativa adiestrando a los gerentes y empleados de alto nivel en todas aquellas actividades que si bien es cierto son prioritarias también es cierto que adiestrar correctamente al personal de planta en las nuevas actividades que les toca resolver son también de gran importancia para la empresa.

En la actualidad existen un sin número de aplicaciones tecnológicas para la enseñanza del mantenimiento eléctrico donde los supervisores podrán evaluar de una forma virtual las capacidades y conocimientos que tienen los empleados para resolver problemas en un entorno virtual, esto permite que se creen un sin número de condiciones similares a las que se les podrían plantear en la vida real pero sin poner en riesgo ni a las personas ni a los equipos eléctricos. Crea una destreza por la vía de las simulaciones al igual que se adiestra a un piloto cuando requiere volar un avión de mayor categoría.

Los cursos basados en simulaciones interactivas son sin lugar a dudas una herramienta valiosa que permitirá evaluar condiciones y capacidad del personal.

Para visualizar algunos ejemplos de tutoriales de cursos basados en simulaciones interactivas diríjase al siguiente link

<http://www.kayelectric.com.ve/centro.htm>

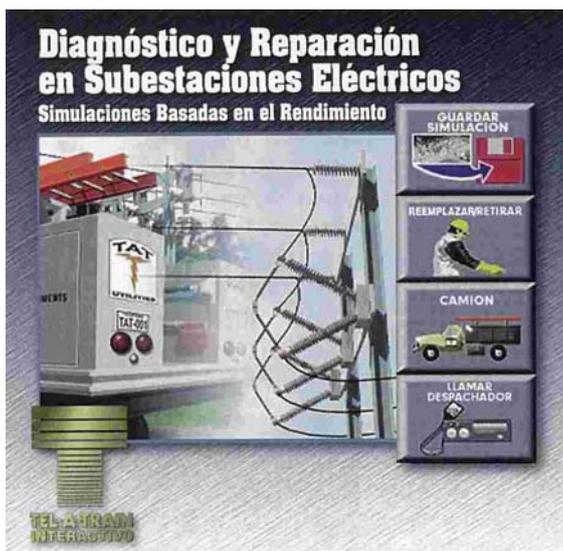


Figura 18 Prospecto de un curso basado en simulación interactiva

Notas sobre el autor

Octavio Fonseca, es ingeniero Electricista, egresado de la Universidad de Carabobo. Durante más de 16 años trabajó para la trasnacional Westinghouse ocupándose de diferentes posiciones en las áreas de Ingeniería, servicios, proyectos especiales y Mercadeo de Servicios.

En la actualidad es profesor jefe de Cátedra Sistemas Industriales II de la facultad de Ingeniería, escuela de Ingeniería Eléctrica de la universidad de Carabobo. También ejerce sus funciones profesionales como Gerente General de la empresa Kay Electric CA.

Para mayor información sobre este artículo, favor comunicarse con:

*Octavio Fonseca
Kay Electric
(0241) 821-0305 821-8362.
celular (0416) 647-5729
info@kayelectric.net
web site www.kayelectric.net*