



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

**PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL
SUMINISTRO ELÉCTRICO A LA RESONANCIA MAGNÉTICA
NUCLEAR EN EL HOSPITAL CLINICO QUIRÚRGICO DE
HOLGUÍN**

**TESIS EN OPCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MÁSTER
EN
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

AUTOR: Ing. LUIS G. GARCÍA ARTILES

TUTOR: Dr. ROBERTO M. TORRES RODRÍGUEZ

HOLGUÍN 2011

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa por tanta comprensión y dedicación, por su empuje y tesón que hicieron posible la realización de este proyecto.

A mis familiares todos que me estimularon en la realización de tamaño empeño.

Al colectivo de trabajo CEDAI Holguín, de quien recibí apoyo y comprensión en todo momento.

Muy especial al Msc. Leandro Peña Rubio, por su incondicional apoyo y eficiente dirección.

A los compañeros de estudio que resultaron hermanos en su colaboración y solidaridad, incansables en sus esfuerzos y entusiasmo por alcanzar el fin deseado.

A mis compañeros de trabajo, por su apoyo incondicional en mi superación.

Al colectivo de profesores que hicieron posible con ingentes esfuerzos, transmitirnos sus valiosos conocimientos y experiencias.

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

A mi esposa, por recibir tanto apoyo incondicional, por compartir los sacrificios que representa enfrentar una empresa de tanta magnitud, por tantas horas de desvelo junto a mí, a mis padres, hermanos, familia y amigos. Con todo mi amor le dedico esta tesis de maestría.

RESUMEN

La energía eléctrica debe satisfacer determinados parámetros de calidad para que un equipo funcione correctamente. Las instituciones hospitalarias con los avances de la ciencia y la técnica imponen un ritmo elevado de modernización de los equipos electromédicos, requiriendo de instalaciones seguras y confiables. La determinación de la calidad del suministro eléctrico a la Resonancia Magnética Nuclear en el Hospital Clínico Quirúrgico Lucía Iñiguez Landín, es el objeto de esta investigación donde las perturbaciones de tensión es el campo de acción. Conocer el comportamiento de la calidad eléctrica a la RMN, proponiendo soluciones que permitan un uso racional y eficiente de la energía eléctrica es el objetivo general del trabajo. La aplicación de medidas encaminadas a la disminución de las afectaciones a este servicio lográndose un mejor desempeño del equipamiento instalado así como implementar un procedimiento específico para el diagnóstico de la red eléctrica previa instalación de nuevos equipos electromédicos propiciará mayor éxito en su puesta en marcha e incremento de su vida útil.. Se diagnosticaron los principales problemas de calidad, las soluciones adoptadas fueron capaces de mejorar la calidad del suministro eléctrico a la RMN aumentando la estabilidad en el servicio. La aplicación de la propuesta de solución, la evaluación de su impacto así como el empleo del procedimiento específico utilizado puede emplearse como herramienta para futuras instalaciones eléctricas en instituciones similares.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.1 El Costo de la Mala Calidad de la Energía. Problemas, Soluciones y Normativas.	9
1.2 Perturbaciones de tensión.	22
1.3 Tipos de estudios de calidad de energía y pasos para su monitoreo.	33
1.4 La Resonancia Magnética Nuclear como técnica diagnóstica por imágenes más versátil en la actualidad.	37
1.5 Elaboración de procedimientos.	41
1.6 Conclusiones parciales	43
CAPITULO 2. DIAGNÓSTICO Y PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO A LA RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR.	45
2.1 Problemática en los centros hospitalarios y soluciones de mejoras enfocadas a problemas de calidad de energía.	45
2.2 Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	57
2.3 Monitoreo de los parámetros de tensión y la evaluación de la calidad de energía eléctrica suministrada.	73
2.4 Conclusiones parciales	84

CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	92

- A. Tabla 1: Mediciones realizadas en el 2005 a la salida de Transformador 2.
- B. Tabla 2: Mediciones realizadas en el 2007 a la salida de Transformador 2.
- C. Levantamiento eléctrico en RMN.
- D. Registros y gráficos de parámetros de calidad eléctrica en salida de Transformador 1.
- E. Registros y gráficos de parámetros de calidad eléctrica en RMN.
- F. Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una de las materias primas básicas más utilizadas en las actividades industriales, comerciales y de servicios es la energía eléctrica. Se trata de un producto muy peculiar, pues debe estar a disposición de los usuarios de una manera permanente, sin embargo, no es posible su almacenamiento previo en cantidades importantes, por lo que debe fabricarse según se va necesitando.

La calidad de la energía no puede controlarse antes de estar en disposición de ser utilizada. La utilización de la energía eléctrica debe garantizar la continuidad del suministro y deben controlarse las tolerancias o límites de variación de sus características de tal manera que no creen problemas al usuario. Por otro lado se trata de un producto que presenta peculiaridades muy especiales: la electricidad se genera lejos de los lugares de consumo, se mezcla en la red de transporte y distribución con más energía procedente de otros centros de generación y llega a los puntos de consumo después de pasar a través de varios transformadores y recorrer muchos kilómetros de líneas.

La responsabilidad de la gestión y mantenimiento de las redes de transporte y distribución puede depender de diferentes empresas y organismos. Controlar la calidad de la energía entregada a los usuarios no es una tarea fácil y no existe un procedimiento que permita retirar del sistema la energía que no cumpla las especificaciones exigidas o que ésta pueda ser devuelta por el usuario al proveedor. Desde el punto de vista de los usuarios, el problema es todavía más difícil.

Existen estadísticas sobre la calidad de la energía suministrada, pero el nivel de calidad considerado aceptable por una empresa suministradora puede ser diferente del requerido y, posiblemente, del deseado por el usuario.

Las deficiencias más evidentes en el suministro de energía eléctrica son su corte o interrupción, cuya duración puede estar comprendida desde pocos segundos a varias horas, y las oscilaciones o bajadas de tensión, también denominados huecos de tensión, en las que esta desciende, en algunos momentos, a valores inferiores a los considerados normales. Evidentemente, las interrupciones de suministro durante

largos periodos de tiempo son un problema para todos los usuarios afectados, pero otras muchas aplicaciones son muy sensibles incluso a interrupciones muy breves.

Entonces, ¿qué se quiere decir cuando se alude a la " Calidad de la Energía" ?. Una fuente de suministro de energía perfecta sería aquella que estuviese siempre disponible, dentro de las tolerancias de tensión y frecuencia exigibles y presentara un perfil de onda perfectamente sinusoidal libre de perturbaciones. Cuánta desviación de esta perfección está dispuesto a tolerar el usuario, dependerá de las aplicaciones, del tipo de equipos que tenga instalados y de la percepción de sus propias necesidades.

Existen varias soluciones técnicas para eliminar o reducir los efectos de los problemas de la calidad de la energía suministrada que constituyen un campo de innovación y desarrollo muy activo.

Desgraciadamente, en la etapa de montaje e instalación se carece de algunos datos importantes, por ejemplo, se desconoce la amplitud y severidad de los problemas de calidad de la energía que, probablemente, se presenten en un lugar determinado. Debido a la escasez de la información sobre los procedimientos de instalación de equipos sensibles, resulta difícil cuantificar el costo de los fallos y, por tanto, justificar el costo de la inversión en las medidas preventivas.

Toda instalación debe prepararse ante las posibles fallas o interrupciones del suministro eléctrico, primeramente los problemas potenciales de suministro deben ser vigilados para determinar la probabilidad de que ocurran realmente y que impacto podrán tener en las actividades de la institución.

Con la introducción masiva en la medicina de una serie de receptores eléctricos que presentan una baja compatibilidad electromagnética con la red, se provocan perturbaciones que en dependencia de su carácter, intensidad y duración influyen negativamente sobre los equipos de fuerza, telemecánica, automática, comunicaciones y protecciones que en oportunidades lleva a la disminución de la fiabilidad del suministro eléctrico

Un hospital a pesar de ser estructuralmente muy parecido a cualquier otro edificio tiene una problemática muy distinta a los demás y esto lo hace único en cuanto a su normativa y regulación, uno de los aspectos básicos y de mayor importancia lo

constituye la continuidad y calidad del suministro eléctrico, describiéndose estos requisitos en la norma cubana NC CEI 60364 -7-710.

El desarrollo de la medicina a nivel mundial se ha visto compulsado por los avances científico técnicos en casi todas las esferas, propiciando diagnósticos más confiables y efectivos que permiten la solución de diferentes tipos de patologías a partir de estudios no invasivos al paciente, permitiendo tratamientos y técnica quirúrgicas más precisas para cada tipo de patología.

El desarrollo alcanzado en los últimos años en los estudios de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) ha propiciado que sea considerada como la modalidad diagnóstica por imágenes más versátil y sensible disponible en la actualidad, exigiendo el empleo de los últimos avances científicos y técnicos aplicados a la obtención de señales e imágenes. La inclusión de lo más novedoso en tecnología informática, electromagnética y de radiofrecuencia reclama suministros eléctricos estables y de calidad a tono con el equipamiento instalado para su óptimo funcionamiento.

El Hospital Lucia Iñiguez Landín con perfil Clínico Quirúrgico docente, atiende la población adulta de la provincia de Holguín, Granma y Las Tunas. Desde sus inicios constó con los servicios de RMN GIROMAG 03[®] de 0,08 tesla fabricado en el Centro Investigación y Producción de Biofísica Médica adjunto a la Universidad de Oriente, prestó servicios por 4 años desde el 2001, jugando un papel importante en el diagnóstico imageneológico en esta etapa.

En el 2005 como muestra del desarrollo alcanzado por la medicina en el país, es asignado al servicio de Imageneología un nuevo equipo de RMN. Panorama Phillips de 0,23 tesla que permite el diagnóstico de enfermedades degenerativa del tallo cerebral, lesiones post quirúrgicas de columna espinal y estudios no invasivos de lesiones vasculares (angioresonancia). Sus altas prestaciones demandan un suministro de energía estable y continuo, ya que, el conjunto de elementos que forman sensibles circuitos electrónicos, sistemas informáticos y de telecomunicaciones requieren buena calidad de energía para su correcto funcionamiento.

Los medios de diagnósticos imageneológicos no han quedado exentos de los efectos negativos que originan la baja calidad en el suministro eléctrico dando al traste con roturas que provocan cuantiosos gastos, teniendo en cuenta su elevado costo de adquisición, además de las afectaciones en el tratamiento y diagnóstico de diferentes patologías en períodos en que han estado fuera de servicio por roturas teniendo en cuenta que todos sus componentes se obtienen en el mercado internacional a elevado precio.

A mediados del año 2005 comienza a funcionar el servicio de Resonancia Magnética Nuclear. Entre los meses de septiembre y noviembre se producen numerosas interrupciones y fluctuaciones de voltaje que provocan el deterioro de una tarjeta de gradientes en este equipamiento, manteniéndolo fuera de servicio por espacio de 8 meses aproximadamente; teniéndose que buscar soluciones en otras provincias.

Este equipamiento eléctrico fue seriamente afectado luego de varios meses de explotación, debido a causas presuntas de origen fuera de la instalación, inestabilidad en el circuito primario de alimentación que provocó la rotura del Amplificador de Gradiente del eje Y, específicamente el módulo modelo AMP-30 quedando fuera de servicio durante el primer año. Mediciones eléctricas realizadas en el servicio 1 registraron caídas e interrupciones de voltaje no compatible con los requerimientos necesarios para el buen funcionamiento de este equipamiento, confirmando las posibles causas de la avería.

En este período estos estudios se coordinaron en otras provincias donde los pacientes serían atendidos. Se dejaron de realizar en la institución alrededor de 4800 estudios de Imagen por Resonancia Magnética (IRM). El elevado precio de este equipamiento en el mercado internacional hace que sus componentes sean muy costosos, la tarjeta de gradientes afectada fue cotizada en 32 498,67 USD aproximadamente.

Teniendo en cuenta que la obtención de Imágenes por RM toma como principio básico la recogida de ondas de radiofrecuencia procedentes de la estimulación de la materia a la que se le ha magnetizado previamente mediante la acción de un campo magnético, las interrupciones del suministro eléctrico imposibilitan continuar los estudios una vez interrumpidos. Por esta razón cada vez que ocurra una interrupción,

el estudio se desecha por lo que se debe comenzar nuevamente, haciendo menos eficiente el proceso y creando molestias al paciente al prolongarse el tiempo de estudio.

Por lo expresado anteriormente es necesario realizar un estudio de calidad del suministro eléctrico a la RMN para conocer el comportamiento de los principales parámetros eléctricos, así como la elaboración de procedimiento que permita la correcta instalación de este tipo de equipamiento según requerimientos demandados por el fabricante, evitando la ocurrencia de averías que encarezca su explotación.

Problema de la investigación:

Inestabilidad en la calidad de la energía eléctrica suministrada al servicio de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) del Hospital Clínico Quirúrgico “Lucía Iñiguez Landín”.

Objeto de Investigación:

Calidad de la energía eléctrica suministrada a La Resonancia Magnética Nuclear como condición indispensable para su buen funcionamiento.

Campo de la Investigación:

Las perturbaciones de tensión en el suministro eléctrico a RMN.

Hipótesis:

Mediante la realización de un estudio de la calidad del suministro eléctrico a la RMN, es posible determinar el comportamiento de sus principales parámetros, a fin de evaluar el impacto de los mismos en las roturas o averías y proponer un plan de medidas que incrementará la calidad del suministro eléctrico así como el aumento de la vida útil de los equipos de RMN.

Objetivo General:

Proponer un plan de medidas que, basado en un procedimiento de diagnóstico, permita elevar la calidad de la energía eléctrica suministrada a la Resonancia Magnética Nuclear.

Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio de calidad del suministro de energía eléctrica a La Resonancia Magnética Nuclear.

- Diagnosticar los principales problemas de calidad del suministro eléctrico a La Resonancia Magnética Nuclear.
- Obtener soluciones capaces de mejorar la calidad del suministro eléctrico a La Resonancia Magnética Nuclear aumentando la estabilidad en el servicio.
- Implementar un procedimiento específico para el montaje de equipos médicos de altas prestaciones.
- Aplicación de la propuesta de solución del problema y evaluación de su impacto en el Hospital Clínico Quirúrgico Lucía Iñiguez Landín así como su posible generalización en instituciones similares.

Tarea de la Investigación:

- Revisión bibliográfica: para determinar los textos más importantes que se han publicado sobre esta temática.
- Análisis del esquema del suministro eléctrico actual de RMN.
- Mediciones del comportamiento de los parámetros eléctricos que definen la calidad de la energía.
- Aplicar procedimientos que permitan corroborar la efectividad del estudio realizado y la alternativa diseñada.
- Elaborar un plan de medidas para la solución de los problemas detectados.
- Confección del informe final de la investigación.

Métodos de la Investigación:

- **Revisión bibliográfica:** Estudio de las normas cubanas más importantes elaboradas al efecto. Revisión y estudio de la bibliografía acerca de la calidad del suministro eléctrico en hospitales. Revisión de publicaciones internacionales acerca de esta temática. Estudio del manual de usuario del Fluke 435 y otros materiales de interés acerca de esta temática.
- **Análisis y síntesis:** Para sistematizar los fundamentos teóricos y prácticos al equipamiento de RMN.
- **Observación:** Para determinar las dificultades más frecuentes que se presentan por la baja calidad del suministro eléctrico a la RMN.
- **Medición:** Para corroborar la efectividad del estudio realizado y sus resultados.

- **Estadístico:** Para obtener tablas y patrones que permitan elaborar la propuesta de solución planteada y la cuantificación de sus resultados.

Aporte:

Como resultado de esta investigación se logra la elaboración de un procedimiento que permita diagnosticar la calidad de la energía eléctrica donde se instalarán los nuevos equipos médicos, y pueda ser utilizado como herramienta previa para el posterior montaje y puesta en marcha de los mismos, propiciando una mayor vida útil, y un reducido costo de mantenimiento y reparación.

Por otra parte se definen un grupo de medidas encaminadas a elevar la calidad de la energía eléctrica suministrada a la RMN, que conlleven a la eliminación de las bajadas e interrupciones de tensión presentes en el suministro eléctrico, lográndose su protección sin que se hayan producido roturas desde su puesta en marcha.

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

En el capítulo, se analizan los principales problemas de calidad de la energía eléctrica en el suministro en baja tensión. Fueron consultadas varias fuentes especializadas así como revisadas diversas normativas internacionales que describen y acotan los parámetros que inciden en la mala calidad de la energía que afecta a diferentes consumidores, de forma tal que permita valorar las concepciones del estado actual de la temática y estudiar la calidad de la energía eléctrica suministrada a La Resonancia Magnética Nuclear del Hospital Clínico Quirúrgico Lucia Iñiguez Landín de Holguín, como condición indispensable para su buen funcionamiento, logrando alternativas que permitan un uso racional y eficiente. Posibilita sentar las bases para la investigación al abordar diferentes conceptos y tendencias de instalaciones eléctricas desfavorables para el correcto funcionamiento de las cargas más sensibles.

Actualmente cualquier instalación tiene desde un 5 a un 20% de probabilidades de sufrir uno o más de los problemas relacionados con la calidad de la energía eléctrica. Lo previsible es que la mitad de las industrias con alto consumo de energía o edificios de oficinas donde se desarrollen operaciones críticas puedan padecer dos o más problemas al año. Muy pocos emplazamientos están libres de bloqueo de ordenadores, parpadeo, daños a los equipos (con carga parcial), sobrecargas en los equipos de corrección del factor de potencia, problemas cuando se conectan cargas pesadas, sobrecalentamiento del neutro, problemas en líneas largas, y desconexiones intempestivas.

Una calidad de la energía deficiente no es la causa única de cualquier problema. El bloqueo de un ordenador, por ejemplo, puede deberse al software. Asimismo, la atribución del origen del problema, aguas arriba del equipo de medida (es decir, por el lado del suministrador del punto de acoplamiento común) o aguas abajo del equipo de medida (es decir, en el lado de la instalación del usuario) es con frecuencia difícil de decidir sin una medición y un análisis detallados. (Hans de Keulenaer, 2002)

Para cada tipo de problema existe un conjunto de posibles medidas correctoras, varias de las cuales podrían aplicarse con el mismo éxito. En la práctica es probable

que coexistan diferentes problemas, y las soluciones adoptadas deben ser compatibles entre sí y con las cargas que configuran la instalación. La lista de posibles soluciones para los problemas de calidad de la energía es, larga e incompleta, entre las más empleadas se encuentran la protección de la fuente contra sobrecargas, utilización de UPS (SAI - Sistemas de alimentación ininterrumpida), uso de generador de reserva, determinación del verdadero valor eficaz de la corriente, desclasificación de los transformadores, reducción de régimen en los motores, separación de circuitos, utilizar cables de varios conductores por fase para cargas armónicas, recableado completo de la instalación, ordenamiento de las cargas eléctricas, puesta a tierra mallada, filtros pasivos, compensadores activos, separación del conductor de protección y neutro y aumento de la sección de los neutros. Es importante tener en cuenta que no existe una solución única para los problemas de calidad de la energía. Es poco probable que sea suficiente una única solución. Se necesita el cuidadoso diseño de una combinación de soluciones, adaptadas a los problemas observados y basadas en un conocimiento profundo de las causas de los problemas de calidad de la energía.

1.1 El Costo de la Mala Calidad de la Energía. Problemas, Soluciones y Normativas.

La calidad del suministro de energía eléctrica es muy importante. Se estima que los problemas relacionados con la calidad de la energía le suponen al comercio y a la industria de la Unión Europea un costo de unos 10.000 millones de euros al año (Angelo, 2004), mientras que el gasto en medidas preventivas es inferior al 5% de esta cantidad. La cantidad de dinero que se debe invertir en prevención para compensar el riesgo de que se produzcan fallos depende de la naturaleza de cada empresa. El primer paso consiste en comprender la naturaleza de los problemas y estudiar la forma en que cada uno de ellos afecta a la actividad empresarial y qué pérdidas puede ocasionar.

La distorsión armónica, introducida por cargas no lineales en el sistema de alimentación de energía eléctrica, provoca corrientes que son de una magnitud superior a la esperada y que contienen componentes de frecuencias armónicas.

Estas corrientes no pueden medirse adecuadamente con algunos de los instrumentos portátiles de bajo costo que normalmente utilizan los técnicos de instalación y mantenimiento. Dichos instrumentos dan lecturas con importantes subestimaciones en los valores de las corrientes medidas a veces con errores de hasta el 40%. Este error en la apreciación de la magnitud puede hacer que los circuitos se realicen con conductores de secciones excesivamente pequeñas. Incluso, aún cuando la corriente esté dentro de los márgenes del dispositivo de protección contra sobrecorrientes instalado, los conductores trabajarán a temperaturas superiores a las normales, disipando mayor cantidad de energía. Normalmente estas pérdidas pueden suponer entre el 2 y el 3% de la carga. Los componentes de frecuencias armónicas provocan un gran aumento en las pérdidas por corrientes parásitas en los transformadores debido a que estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la frecuencia. Al ser superiores las pérdidas, la temperatura de funcionamiento del transformador es más alta de lo normal por lo que su vida útil se acorta considerablemente. Incluso los transformadores de poca potencia que alimentan cargas de sistemas informáticos tendrán una vida útil mucho más corta de lo esperado a menos que se tomen precauciones adecuadas.

Los efectos económicos de los armónicos son el acortamiento de la vida útil de los equipos, la reducción de la eficiencia de la energía y la posibilidad de desconexiones intempestivas de la instalación. El costo de dichas desconexiones como el de cualquier otra interrupción no prevista, puede ser muy elevado. El acortamiento de la vida útil de los equipos puede resultar muy costoso. Se espera que equipos como los transformadores duren treinta o cuarenta años y tener que sustituirlos en un plazo de siete a diez años puede tener consecuencias financieras graves. El costo de las medidas para evitarlo es relativamente pequeño, ya que sólo requiere utilizar buenos sistemas de instalación y una selección adecuada de los equipos. La instalación de cables cuyas secciones sean uno o dos niveles superiores a los mínimos calculados reduce las pérdidas y los costos de funcionamiento con un incremento muy pequeño del costo inicial. Los apagones son los más evidentes de los problemas de calidad de la energía y pueden durar desde varios segundos hasta, en un célebre caso extremo, meses. La red pública de suministro no es la única fuente de fallos. Dentro de la

instalación de un edificio o planta habrá muchas zonas en las que el fallo de un solo componente, cable o conexión puede producir una interrupción del suministro de corriente eléctrica.

La protección contra un corte del suministro de energía eléctrica requiere dos tipos de acciones. La instalación deberá diseñarse eliminando los puntos débiles donde pueda producirse un fallo o, al menos, aquellos que en un estudio de riesgos se hayan identificado como los de mayor riesgo y, por otro lado, deberán tomarse medidas para determinar la necesidad de una fuente de alimentación de emergencia. Las técnicas que se requieren no son ni difíciles ni particularmente costosas, pero pueden, por sí solas, proporcionar considerables beneficios. Como siempre, estas técnicas son mucho más baratas si se introducen durante la fase de inicial del diseño que si se realizan una vez puesta en servicio la instalación. Las fuentes de energía alternativas pueden resultar muy costosas tanto de adquirir como de mantener no tiene mucho sentido disponer de un generador de emergencia, por ejemplo, si no está preparado para un arranque rápido y debe estudiarse cuidadosamente la necesidad y el tipo de alimentación requerida. Al juzgar la viabilidad económica de invertir en una planta generadora de energía en la instalación debe recordarse que una vez instalada la protegerá contra fallos durante muchos años.

Grandes consumidores de energía, necesitan una segunda línea de alimentación tomada de una parte distinta de la red de suministro de modo que sea muy poco probable que un fallo determinado afecte simultáneamente a las dos fuentes de alimentación. Como alternativa puede ser viable la generación de toda la energía necesaria en la propia planta, si se dispone del adecuado suministro de carburante. En cualquier caso, es probable que el costo inicial sea muy elevado, pero también lo es el costo potencial de un fallo en el suministro de energía. Cualquier fallo en el suministro de energía eléctrica, aunque sólo sea una bajada temporal de tensión, provocará, por ejemplo en caso de un hospital, la pérdida del suministro en las salas de intervención y de cuidados a pacientes, lo que ponen en peligro la vida de estos. En instalaciones más pequeñas, con menores necesidades de suministro de energía eléctrica, puede ser posible disponer de generadores propios para alimentar los equipos esenciales durante los apagones y para reducir los picos de demanda. Esta

solución es mucho más barata, pero sigue siendo necesario juzgar su costo comparándolo con el de los riesgos de fallo; una valoración que sólo puede hacer el propio usuario. Debe recordarse que un generador de emergencia necesita cierto tiempo para ponerse en marcha, por lo que se deberá disponer de alguna otra fuente de alimentación de refuerzo, como por ejemplo una UPS, para atender a las cargas sensibles. Una UPS tiene una capacidad limitada, por lo que es importante utilizarla exclusivamente para alimentar cargas esenciales, tales como los servidores y las estaciones de trabajo críticos de una red informática y nada más. Como siempre, son fundamentales unos programas de mantenimiento adecuados.

Las bajadas, huecos o valles de tensión son disminuciones del valor eficaz de la tensión de alimentación de corta duración, que puede variar desde una fracción de segundo hasta varios segundos (según EN 50160, desde 0,01 s hasta 1 minuto). Las bajadas de tensión se caracterizan por su duración y la tensión remanente, es decir, el valor mínimo del porcentaje de la tensión nominal eficaz de alimentación que permanece durante el suceso. Es preciso tener en cuenta que una muy corta pero completa falta de alimentación eléctrica se denomina interrupción, pero con frecuencia, también se hace referencia a ella como a una bajada de tensión. Los equipos informáticos deben ser capaces de tolerar unas sobretensiones de cinco veces el valor nominal de la fuente de alimentación de una duración de 0,1 milisegundo, pero sólo una sobretensión del 20% durante 10 ms. Por lo que respecta a las pérdidas de tensión, se puede tolerar una pérdida total de la tensión de alimentación durante 20 ms (un ciclo de la tensión de alimentación) pero para 100 ms la mínima tensión remanente debe de ser el 70% de la nominal.

Muchas bajadas de tensión las provocan los fallos en la red de suministro, y su severidad depende de las localizaciones relativas del generador, del punto donde se produce el fallo y del punto de donde se realiza la medición. En las actividades basadas en el funcionamiento de ordenadores, el tiempo necesario para reiniciar un gran número de estaciones de trabajo y para recuperar transacciones pendientes y documentos no guardados puede llegar a ser de varias horas.

Los sistemas de alimentación ininterrumpida "on line", en los cuales la alimentación de la carga es suministrada continuamente desde una batería de acumuladores, que

se carga constantemente desde la red de alimentación, proporcionan por su propia naturaleza inmunidad frente a las bajadas de tensión. Las unidades (UPS) no conectadas a la línea son menos seguras porque la ausencia del suministro de energía eléctrica debe detectarse antes de que la carga sea conectada al generador interno. Si el umbral de detección es demasiado alto, la UPS se conectará y desconectará frecuentemente de forma innecesaria mientras que si el límite es demasiado bajo las bajadas de tensión dañinas pueden llegar a la carga. Antes de seleccionar un modelo determinado deberán consultarse detalladamente sus especificaciones.

Las perturbaciones transitorias son perturbaciones de tensión de muy corta duración, de unos pocos milisegundos, pero de gran magnitud, de hasta varios miles de voltios, con un tiempo de subida muy rápido. La mayoría de las perturbaciones transitorias proceden de los efectos de las descargas atmosféricas (caídas de rayos en las líneas aéreas) o de la conmutación de cargas muy grandes o reactivas. A causa de las altas frecuencias asociadas a estas perturbaciones, se atenúan considerablemente al propagarse a través de la red, por lo que las que se produzcan en las inmediaciones del punto considerado serán mucho más intensas que las que se originen en puntos más distantes de la red. Los dispositivos de protección de la red controlan que las perturbaciones transitorias se mantengan por lo general dentro de unos niveles aceptables por lo que la mayoría de los problemas se producen porque la fuente de la perturbación transitoria está próxima o dentro de la propia instalación. Los daños que producen pueden ser instantáneos, como el fallo catastrófico de la maquinaria o aparatos eléctricos, o la distorsión de datos en los ordenadores o en el cableado de la red informática; o pueden ser progresivos en cuyo caso cada suceso contribuirá un poco más a dañar los materiales de aislamiento hasta que se produce el fallo catastrófico. Debe considerarse el costo de sustituir los equipos averiados y el costo del periodo de paralización por avería.

La protección es relativamente barata. El requisito básico es que el sistema de tomas de tierra de la instalación debe estar diseñado para que tenga una baja impedancia dentro de una amplia gama de frecuencias, con una buena conexión de baja impedancia a tierra al electrodo de toma de tierra.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas debe diseñarse adecuadamente, teniendo en cuenta los factores locales, tales como el número de días de tormenta al año. La protección contra perturbaciones transitorias debe instalarse a la entrada de todos los conductores entrantes, incluyendo los del teléfono y otras líneas de comunicación. El fabricante de los equipos deberá haber previsto los dispositivos adecuados para la supresión de las perturbaciones transitorias procedentes de los equipos de conmutación y habrán de adoptarse programas de mantenimiento adecuados para asegurar que siguen siendo eficaces las medidas de protección.

Normativas

Los problemas de calidad de la energía dependen de la calidad de la tensión entregada por el suministrador además de los tipos de cargas en la instalación y la sensibilidad de sus equipos frente a diferentes tipos de perturbaciones. (Markiewicz, 2004)

La realización de mediciones de parámetros eléctricos que determinan la calidad de la energía eléctrica con instrumentos especializados en la entrada del suministro eléctrico en las instalaciones de baja tensión, pudiera ser un primer paso para el diagnóstico de la situación inicial del sistema en estudio. Los requisitos de la Norma EN 50160 y los métodos para la medición de los parámetros de tensión de entrada proporcionan los límites requeridos por el proveedor.

En esta norma se definen varios parámetros de tensión. Los más importantes son:

Tensión de alimentación: Es el valor eficaz de la tensión en un momento determinado, en el punto de acoplamiento común, medido durante un determinado intervalo de tiempo dado.

Tensión nominal de una red (U_n): Es la tensión por la cual se designa o identifica un sistema y que sirve de referencia para determinadas características de funcionamiento.

Tensión de entrada declarada (U_c): Generalmente es la tensión nominal U_n del sistema. Si, por acuerdo entre el proveedor y el usuario, se aplica al terminal una tensión diferente de la nominal, esta tensión es la tensión de entrada declarada.

Condiciones normales de funcionamiento: Son las condiciones que permiten satisfacer la demanda de la carga, las maniobras de la red y la eliminación de los fallos por el sistema automático de protección, en ausencia de condiciones excepcionales debidas a influencias externas o a causas de fuerza mayor.

Variación de tensión: Es un aumento o disminución de la tensión debida normalmente a la variación de la carga total de la red de distribución o de una parte de esa red.

Parpadeo (flicker): Impresión de inestabilidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso, en el cual la luminancia o distribución espectral fluctúan en el tiempo.

Severidad del parpadeo: Intensidad de la molestia producida por el parpadeo, definida mediante el método de medición del parpadeo de IEC y evaluada por medio de las magnitudes siguientes:

Severidad de corta duración (Pst): Medida en un período de diez minutos.

Severidad a largo plazo (Plt): Calculada a partir de una secuencia de 12 valores de P_{st} medidos en un intervalo de dos horas.

Hueco de la tensión de alimentación: Disminución brusca de la tensión de alimentación hasta un valor situado entre el 90% y el 1% de la tensión declarada U_c , seguida del restablecimiento de la tensión después de un período de tiempo corto. Convencionalmente la duración de un hueco de tensión está comprendida entre 10 ms y 1 minuto. La profundidad de la caída de tensión se define como la diferencia entre la tensión eficaz mínima durante el hueco de tensión y la tensión declarada. Las variaciones de tensión que no reducen la tensión de entrada a menos de un 90% de la tensión declarada U_c no se consideran huecos de tensión.

Interrupción del suministro: Es una condición en que la tensión en los terminales de entrada es inferior al 1% de la tensión declarada U_c . Las interrupciones de suministro se clasifican en:

Previstas, cuando los usuarios son informados de antemano para permitir la ejecución de trabajos programados en la red de distribución.

Accidentales, cuando están provocados por fallos permanentes (interrupciones de más de 3 min.) o transitorios (interrupciones de hasta 3 min.), relacionadas

principalmente con incidentes externos, fallos de equipos o interferencias.

Sobretensiones temporales a la frecuencia de la red: Tienen una duración relativamente larga, normalmente de unos cuantos periodos de frecuencia de la red, y se originan principalmente por operaciones o fallos de conmutación, por ejemplo una reducción brusca de la carga, o por la desconexión de cortocircuitos.

Sobretensiones transitorias son sobretensiones oscilatorias o no oscilatorias de corta duración, generalmente fuertemente amortiguadas que duran como máximo unos pocos milisegundos, o menos, originadas por rayos o por algunas operaciones de conmutación, por ejemplo la interrupción de una corriente inductiva.

Tensión armónica: Es una tensión sinusoidal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación. Las tensiones armónicas pueden evaluarse:

Individualmente, por su amplitud relativa U_h con relación a la tensión fundamental U_1 , donde h es el orden del armónico.

Globalmente, es decir, según el valor de la tasa de distorsión armónica total de la tensión THD_U .

Tensión interarmónica: Es una tensión sinusoidal cuya frecuencia se sitúa entre las frecuencias de los armónicos, es decir, la frecuencia es un múltiplo no entero de la fundamental.

Desequilibrio de Tensión: Es una condición en la que los valores eficaces de las tensiones de fase o de los ángulos de fase entre fases consecutivas de un sistema trifásico no son iguales.

La norma EN 50160 proporciona los principales parámetros de tensión y los correspondientes márgenes de desviación permisibles en el punto de acoplamiento común del usuario en sistemas públicos de distribución de electricidad en baja tensión (BT) y de media tensión (MT), en condiciones de funcionamiento normales. En este contexto, BT significa que la tensión eficaz nominal entre fases no supera los 1000 V y MT significa que el valor eficaz nominal está comprendido entre 1 kV y 35 kV.

La comparación de las exigencias de la Norma EN 50160 con las especificaciones de las normas de compatibilidad electromagnética (CEM) de la serie que establece el

Comité Electrotécnico Internacional (CEI) 61000, que se relacionan en las Tablas 1 y 2, muestra diferencias significativas en varios parámetros. Estas diferencias se deben a dos razones principales:

Las especificaciones de las normas CEM se refieren a la tensión de servicio, según CEI 038, mientras que la Norma EN 50160 hace referencia a la tensión de suministro. Las diferencias entre estas tensiones se deben a las caídas de tensión en la instalación y a las perturbaciones que se originan en la red o en otros equipos de la instalación. Por este motivo, en muchas normas de la serie CEI 61000 la corriente del equipo es un parámetro importante, mientras que la corriente de carga no es relevante para la norma EN 50160.

La EN 50160 sólo proporciona límites generales que son técnica y económicamente factibles de mantener por el proveedor en sistemas de distribución públicos. En aquellos casos en que se requieran unas condiciones más rigurosas, será preciso negociar un acuerdo detallado entre el proveedor y el consumidor. La EN 50160 presenta limitaciones adicionales. No se puede aplicar en condiciones de funcionamiento anormales, entre las que se encuentran las siguientes:

Condiciones que se producen como consecuencia de un fallo temporal o de una avería en el suministro.

En el caso de avería de una instalación o del equipo del cliente, que impida que se puedan cumplir las especificaciones correspondientes o no cumpla los requisitos técnicos requeridos para la conexión de las cargas a la red de suministro.

En el caso de dificultades de la instalación generadora para cumplir las normas relativas o las prescripciones técnicas para su interconexión con el sistema de distribución de electricidad.

En situaciones excepcionales fuera del control del proveedor de electricidad, en particular: -Condiciones climatológicas excepcionales u otros desastres naturales. - Interferencias de terceros. -Actuaciones de las autoridades públicas. -Acción industrial (sometida a requerimientos legales). -Causas de fuerza mayor. -Cortes de energía causados por incidentes externos.

Tabla 1- Comparación de los requisitos de tensión de suministro según la Norma EN 50160 y la serie CEI 61000 de CEM.

No	Parámetro	Características de la tensión de entrada según la Norma EN 50160	Características de Baja Tensión según la serie CEI 61000 de CEM	
			CEI 61000-2-2	Otras normas
1	Frecuencia	BT, MT: valor medio de la fundamental medida a lo largo de 10 seg. $\pm 1\%$ (59,6 – 60,6 Hz) durante el 99,5% de la semana - 6%/+4% (57 – 62 Hz) durante el 100% de la semana	2%	
2	Variaciones de la tensión suministrada	BT, MT: $\pm 10\%$ durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos (Figura 1)		$\pm 10\%$ aplicado durante 15 minutos
3	Cambios bruscos de tensión	BT: 5% normal 10% infrecuente $Plt \leq 1$ para el 95% de la semana MT: 4% normal 6% infrecuente $Plt \leq 1$ para el 95% de la semana	3% normal 8% infrecuente $Pst < 1,0$ $Plt < 0,8$	3% normal 4% máximo $Pst < 1,0$ $Plt < 0,65$ (CEI 61000-61, 6-2) hasta 60% durante 1000 ms (CEI 61000-6-2)
4	Huecos en la tensión suministrada.	La mayoría: duración < 1 seg., caída $< 60\%$ Caídas locales limitadas causadas por una carga al conectarse: BT: 10 – 50%, MT: 10 – 50% (Figura 1)	Zonas urbanas: 1 – 4 meses	Hasta el 30% durante 10 ms Hasta el 60% durante 100 ms (CEI 61000-6-1, 6-2) hasta 60% durante 1000 ms (CEI 61000-6-2)
5	Interrupción breve de la tensión de suministro	BT, MT: (hasta 3 minutos) Pocas decenas – pocas centenas / año Duración del 70% de las interrupciones < 1 seg.		Reducción del 95% durante 5 seg. (CEI 61000-6-1, 6-2)
6	Interrupción prolongada de la tensión de suministro	BT, MT: (mayor de 3 minutos) $< 10 - 50$ /año		
7	Sobretensión temporal a la frecuencia de la red	BT: $< 1,5$ KV rms MT: 1,7 Uc (directamente a tierra o a través de una impedancia) 2,0 Uc (sin toma de tierra o tierra compensada)		
8	Sobretensiones transitorias	BT: generalmente < 6 kV, ocasionalmente mayor, tiempo de subida: ms - μ s. MT: No definido		± 2 kV, fase a tierra ± 1 kV, fase a fase 1,2/50(8/20) Tr/Th μ s (CEI 61000-2-12)
9	Desequilibrio de tensión de suministro	BT, MT hasta 2% durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos, hasta el 3% en algunos lugares	2%	2% (CEI 61000-2-12)
10	Tensión armónica	BT, MT.	6%-5°; 5%-7°; 3,5%11%; 3%-13°; THD $< 8\%$	5%-3°; 6%-5°; 5%-7°; 1,5%-9°; 3,5%-11°; 3%-13°; 0,3%-15°; 2%-17° (CEI 61000-3-2)
11	Tensión interarmónica	BT, MT: en estudio	0.2%	

Como muestra el análisis de los parámetros presentados en al Tabla 1, estos requisitos no son especialmente rigurosos para el proveedor. Las numerosas situaciones en las que la norma no es aplicable pueden excusar la mayoría de los cortes de energía y las perturbaciones de la tensión que se presentan en la práctica. Por lo tanto, muchos suministradores interpretan los requisitos de EN 50160 como meramente informativos y no aceptan responsabilidad alguna cuando se superan los límites.

Por otra parte, normalmente el punto de vista de los consumidores es totalmente distinto consideran los límites establecidos por la Norma EN 50160 como requisitos que deben ser garantizados por el proveedor. Sin embargo, como se ha mencionado, para muchos consumidores, incluso el cumplimiento de los requisitos dados por EN 50160 no asegura un nivel satisfactorio de Calidad de la Energía. En estos casos el nivel de Calidad de la Energía requerido debe definirse en un acuerdo pactado entre proveedor y consumidor.

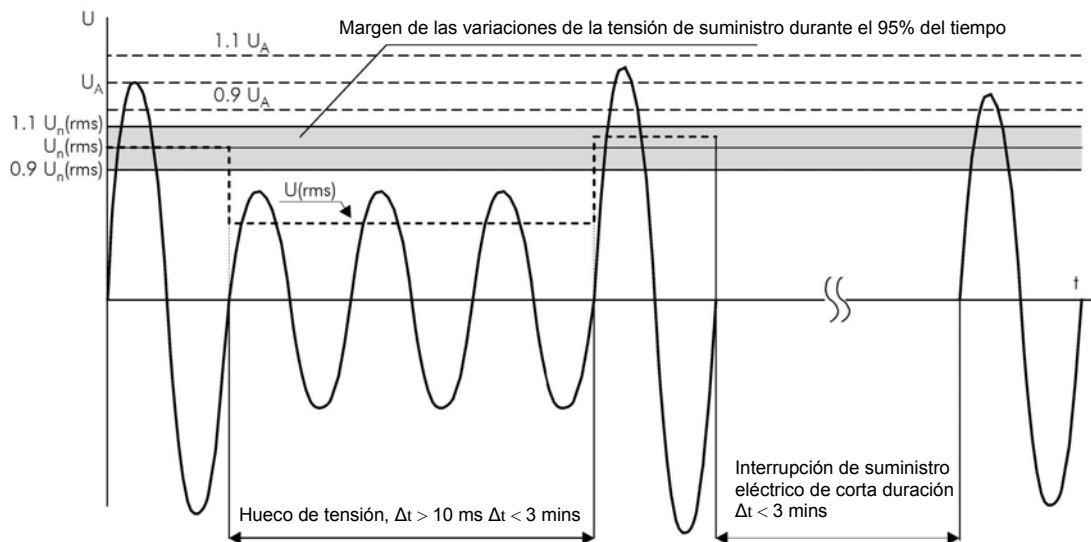


Figura 1 -Ilustración de un hueco de tensión y de una interrupción breve del suministro eléctrico, clasificadas según EN 50160. U_n – tensión nominal del sistema de alimentación eléctrica (rms), U_A – amplitud de la tensión de suministro, $U(rms)$ – valor eficaz de la tensión de entrada.

El funcionamiento correcto de los equipos eléctricos requiere una tensión de suministro tan próxima a la tensión nominal como sea posible. Incluso desviaciones relativamente pequeñas respecto al valor nominal pueden provocar un funcionamiento no óptimo de los equipos; por ejemplo una reducción de su rendimiento, o un mayor consumo de energía con calentamientos adicionales y reducción de su vida útil. Por supuesto, el correcto funcionamiento de los equipos depende también de muchos otros factores, como las condiciones medio ambientales y su adecuada selección e instalación.

La investigación, por separado, de la influencia de cada parámetro de la tensión de suministro sobre el funcionamiento de los equipos se lleva a cabo con facilidad, pero cuando los parámetros varían simultáneamente la situación es mucho más compleja. En algunos casos, tras un detallado análisis de los efectos de cada uno de los diferentes parámetros de la tensión, los resultados pueden superponerse con el fin de estimar la influencia total de varios de ellos. La influencia de un determinado parámetro de tensión sobre el funcionamiento de los equipos se determina en base a determinadas formulas matemáticas que describen los fenómenos físicos analizados. Para otros equipos eléctricos la relación entre la tensión de alimentación y su potencia o eficiencia puede ser significativa. Para la mayoría de los equipos, los cambios de tensión en el rango $(0,9 - 1,1) U_n$ no producen ninguna consecuencia negativa, especialmente en el caso de dispositivos de calefacción comunes. Para equipos con una mayor sensibilidad a la tensión de entrada debe instalarse una protección adecuada.

La medida y verificación de la calidad de la tensión de entrada, según EN 50160, requiere el empleo de aparatos y métodos de medida especializados. Este procedimiento permite la supervisión continua, a lo largo de 7 días, de los parámetros siguientes:

- Tensión en las tres fases.
- Frecuencia.
- Coeficiente de distorsión armónica total THD_U .
- Coeficiente de desequilibrio de tensión, que es un múltiplo de las componentes de tensión de secuencia negativa y positiva.
- Variaciones de tensión rápidas y lentas, que se definen como factores de severidad de oscilación a corto plazo (P_{st}) y a largo plazo (P_{lt}).

Este tipo de equipos permite también la medición de las caídas y cortes de tensión, así como su frecuencia y duración.

Los parámetros medidos se procesan y registran en segmentos de 10 minutos (1008 segmentos a lo largo de 7 días). En cada segmento se calcula el valor medio del parámetro medido. Tras el período de 7 días se obtiene el llamado “diagrama

ordenado”, que muestra la suma de la duración de un determinado nivel de distorsión en el período de tiempo observado. (Para la medida de frecuencia, la duración de cada segmento individual es de 10 segundos).

Como se ha mencionado, mientras que la norma EN 50160 da unos límites generales para las redes de distribución pública, algunos países europeos disponen de normativas adicionales que regulan las condiciones del suministro. Muchas de estas normativas nacionales cubren áreas no incluidas en EN 50160, tal como la máxima carga armónica permisible para conectarse al punto de acoplamiento común. Como resumen se puede afirmar que los requisitos establecidos por la EN 50160 no son difíciles de cumplir para los distribuidores de electricidad. Los parámetros de la tensión de entrada deben estar dentro de los límites especificados (Tabla 1) durante el 95% del período analizado, mientras que las desviaciones permitidas en el 5% restante del período son mucho mayores. Por ejemplo, el valor medio durante el 95% del tiempo estará entre el 90% y el 110% de la tensión nominal. Esto significa que, en un caso extremo, los clientes pueden recibir un suministro continuo con el 90% del valor de la tensión nominal mientras que, durante el 5% del tiempo restante, la tensión puede ser muy inferior. Si, en esa situación límite, otros parámetros están también en los extremos permitidos por la norma, por ejemplo tensiones armónicas o desequilibrios de tensión, es probable que se presenten anomalías en el funcionamiento de los equipos.

La norma podría mejorarse. Por ejemplo, la exigencia de que los valores medios de los parámetros de tensión medidos a lo largo de todo el período de analizado se mantuviesen en el $\pm 5\%$ garantizaría que la tensión de suministro no pudiese mantenerse en el límite inferior o superior durante un período prolongado.

El número de huecos de tensión permitido (hasta 1.000 durante un año) y el número de cortes de suministro breves y prolongados son demasiado elevados desde el punto de vista del usuario. Las caídas de tensión por debajo del 30% de la tensión nominal con duración superior a 0,3 segundos pueden provocar la desconexión de la protección de baja tensión o que los contactores de los circuitos de un motor se abran. Por lo tanto, el número real de interrupciones del proceso será mucho mayor que el número que cabría esperar como resultado de las interrupciones de tensión.

En sentido general, analizando el criterio de los autores consultados se afirma que el riesgo que para las actividades empresariales representan los problemas de calidad de la energía es real, e incluso las industrias de "baja tecnología" están expuestas a graves pérdidas financieras. Por otra parte, la prevención es relativamente barata y las soluciones van desde el simple empleo de buenas prácticas de diseño hasta la instalación de equipos de prevención disponibles en el mercado.

A pesar que aun el Instituto de Investigación de Normalización, ININ en el país no ha emitido regulaciones al respecto, se considera que la norma EN 50160 es de interés para los análisis de calidad de energía. La misma representa un compromiso entre suministrador y usuario. Requiere que el proveedor suministre, como mínimo, una Calidad de la Energía mínimamente adecuada. Define los parámetros de tensión importantes para la calidad de la energía. Determina cuantitativamente los valores, que son un punto de referencia para la evaluación de la calidad de la energía.

1.2 Perturbaciones de tensión.

Armónicos

Los armónicos son tensiones o corrientes cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de suministro.

Para una frecuencia fundamental de 60 Hz, el tercer armónico tendría 180 Hz y el quinto armónico 300 Hz. Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que los armónicos se originan como corrientes y la mayoría de sus efectos negativos se deben a estas corrientes. No se pueden sacar conclusiones útiles sin conocer el espectro de las corrientes armónicas presentes, a pesar de lo cual, es corriente trabajar únicamente con valores de las cifras correspondientes a la distorsión armónica total (THD). (Chapman, 2001)

Las corrientes de carga armónicas las generan las denominadas cargas no lineales.

Entre ellas se incluyen:

Cargas monofásicas, por ejemplo:

- Fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado.
- Estabilizadores electrónicos de dispositivos de iluminación fluorescente.

- Pequeñas unidades de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS).

Cargas trifásicas, por ejemplo:

- Motores de velocidad variable.
- Grandes unidades de UPS.

En un sistema de alimentación ideal limpio de armónicos, las formas de onda de la corriente y la tensión son sinusoidales puras.

Las corrientes armónicas generadas por la carga o, para ser más exactos, convertidas por la carga, a partir de la corriente fundamental en corriente de contenido armónico, circulan por el circuito a través de la impedancia de la fuente y por todas las demás rutas en paralelo. Como consecuencia, aparecen tensiones armónicas a través de la impedancia de alimentación y están presentes en toda la instalación. Los generadores de armónicos pueden parecer a veces generadores de tensión; si esto fuera cierto, la impedancia de la fuente no tendría influencia alguna en la amplitud de la tensión armónica a través de la fuente. En realidad, la magnitud de esta tensión es proporcional, en un margen limitado, a la impedancia de la fuente, lo cual indica que el generador se comporta como una fuente de corriente.

Las impedancias de la fuente son muy bajas, por lo que la distorsión de la tensión armónica producida por una corriente armónica será también baja, y frecuentemente apenas supera el ruido de fondo de la red. Esto puede inducir a error, porque da la impresión de que no es probable que haya problemas producidos por los armónicos, cuando en realidad están presentes unas corrientes armónicas considerables.

Las corrientes armónicas ocasionan problemas tanto en el sistema de suministro de energía como dentro de la instalación. Los efectos y las soluciones a estos problemas son muy distintos en cada caso y deben abordarse por separado; es posible que medidas adecuadas para controlar los efectos de los armónicos dentro de la instalación no reduzcan necesariamente la distorsión producida en el suministro y viceversa.

Existen varias áreas comunes en los problemas producidos por los armónicos.

Problemas causados por las corrientes armónicas:

- Sobrecarga de los conductores neutros.

- Sobrecalentamiento de los transformadores.
- Disparos intempestivos de los interruptores automáticos.
- Sobrecarga de los condensadores de corrección del factor de potencia.
- Efecto superficial.

Problemas causados por las tensiones armónicas:

- Distorsión de la tensión.
- Motores de inducción.
- Ruido de paso por cero.

Los métodos para reducir los armónicos, de una manera genérica, se pueden clasificar en tres apartados: filtros pasivos; transformadores de aislamiento y de reducción de armónicos; y soluciones activas. Cada una de estas soluciones tiene ventajas e inconvenientes, por lo que no hay una solución que por si sola pueda considerarse la mejor. Es muy fácil gastar una gran cantidad de dinero en una solución inadecuada e ineficaz, por lo que lo más prudente es llevar a cabo un estudio completo del problema.

Se emplean filtros pasivos para establecer un camino de baja impedancia para las corrientes armónicas de forma que circulen por el filtro y no por la fuente de alimentación. El filtro puede estar diseñado para un armónico determinado o para una banda ancha de armónicos, dependiendo de las exigencias del sistema.

En resumen prácticamente todo los equipos eléctricos y electrónicos modernos contienen una fuente de alimentación de funcionamiento conmutado o disponen de alguna forma de control de la alimentación y por lo tanto son cargas no lineales. Las cargas lineales son relativamente raras, siendo los únicos ejemplos comunes de ellas las lámparas de incandescencia de intensidad no regulable y las estufas no programables.

Las computadoras portátiles producen muchos de los problemas de armónicos que se detectan hoy día en la industria y en el comercio, en parte debido a que hay un gran número de ellos instalados y en parte porque el tipo de armónicos que generan, los triple-N, provocan numerosos problemas.

Con el aumento de la cantidad de equipos electrónicos instalados, y sin disponer todavía de normas estrictas respaldadas por rígidas medidas de control, es probable que la contaminación de armónicos siga aumentando. Esto supone un riesgo para las empresas, que a causa de ello necesitan invertir en buenos procedimientos de diseño, equipos eléctricos adecuados y buenos programas de mantenimiento.

Bajadas de Tensión

Una bajada de tensión, denominada también a veces "valle o hueco de tensión", es una reducción o una pérdida total de la tensión eficaz (RMS) de alimentación de un sistema eléctrico durante un breve periodo de tiempo.

Se describe de acuerdo con su duración y la tensión remanente que, por lo general, se expresa en porcentaje de la tensión eficaz (RMS) nominal en el momento en que dicha tensión remanente alcanza su valor más bajo. Una bajada de tensión supone que a la carga no le llegará la energía necesaria para su funcionamiento, lo que puede acarrear graves consecuencias que dependerán del tipo de carga de que se trate.

Las depresiones de la tensión - bajadas de tensión de larga duración - se producen habitualmente por una reducción deliberada de la tensión por parte del proveedor con el fin de reducir la carga en un momento de máxima demanda o por un suministro inusualmente débil en relación con la carga.

Las dos principales causas de las bajadas de tensión son la puesta en servicio de grandes cargas, bien sea en la instalación del propio usuario afectado o en la de otro utilizador conectado al mismo circuito y los fallos en otras partes de la red. (Chapman, 2001).

Cuando se conectan cargas muy grandes a la instalación, tales como motores eléctricos de gran potencia, la corriente de arranque puede ser muy superior a la corriente normal de funcionamiento. Si la fuente de alimentación y el cableado de la instalación están dimensionados para la corriente de funcionamiento normal, la elevada corriente inicial provocará una caída de tensión tanto en la red de suministro como en la instalación. La magnitud del efecto producido depende de lo "robusta" que sea la red, es decir, de lo baja que sea la impedancia en el punto de acoplamiento común (PCC) y de la impedancia del cableado de la instalación. Las

bajadas de tensión producidas por las corrientes de arranque se caracterizan por ser menos profundas y de una duración mucho mayor que las provocadas por fallos de la red, normalmente de uno a varios segundos o decenas de segundos, en lugar de durar menos de un segundo.

Los problemas de la propia instalación, derivados de una resistencia demasiado alta en el cableado interno, son fáciles de resolver. Las grandes cargas deben conectarse directamente a la fuente de suministro de la tensión adecuada, bien al PCC o en el secundario del transformador de alimentación. Si el problema lo ha provocado la impedancia del PCC, es decir, si la fuente de suministro es demasiado "débil", entonces será preciso tomar otras medidas. Una solución, si es posible aplicarla al equipo en cuestión, podría ser la instalación de un dispositivo de puesta en marcha regulado, de forma que la corriente de arranque quede limitada a un valor más bajo, a expensas de que dicha corriente de arranque se mantenga durante un tiempo bastante más largo. Otra solución sería pactar con la compañía suministradora la instalación de una acometida de impedancia más baja, lo que puede ser muy costoso dependiendo de la geografía de la red de distribución en la zona. Si no se puede controlar la causa de las bajadas de tensión, será necesario colocar un equipo para compensarlas. Los tipos de equipos adecuados pueden ir desde los tradicionales estabilizadores mecánicos servocontrolados hasta los cambiadores de toma controlados electrónicamente y los restauradores dinámicos de tensión.

En la actualidad, los ordenadores son esenciales en todas las empresas, como estaciones de trabajo, servidores de red o como controladores de procesos. Son vitales para todas las operaciones de proceso de datos y para muchas funciones de comunicaciones, tales como los sistemas de correo electrónico y de buzón de voz. Fue la introducción de los equipos informáticos la que primero puso de manifiesto el problema de las bajadas de tensión y, de hecho, la mayoría de los problemas de calidad de la energía.

Una estrategia de diseño alternativa sería mantener la tensión de entrada mínima tan baja como sea posible para aumentar al máximo el tiempo de duración de funcionamiento del sistema. Esta solución es la adoptada, por defecto, en los equipos diseñados para funcionar con una amplia gama de tensiones. El tiempo de

persistencia será mucho mayor con una alimentación de 230 V de lo que sería con una alimentación de 110 V. No hay problemas técnicos que impidan fabricar una fuente de alimentación resistente a las bajadas de tensión, pero esto no se hace porque no es un tema que los usuarios demanden de los fabricantes y tendría implicaciones en los costos. No obstante, el costo de hacer un PC o PLC resistente a las bajadas de tensión de 1 segundo es muy pequeño comparado con el costo de mejorar los elementos de la red para evitar que se produzca dicha bajada de tensión. Los estudios realizados muestran que la duración de las bajadas de tensión en la red de suministro es bastante mayor de lo que sugieren las curvas de tolerancia de los equipos.

Está claro que, en un ámbito empresarial, el equipo empleado debe estar adaptado a los defectos normales característicos de la red de suministro eléctrico, y éste no es el caso de los equipos de catálogo.

Algunos fabricantes de equipos ya están empezando a reconocer el problema pero la competitividad del mercado hace que sólo respondan a las exigencias de los clientes. Hasta que los usuarios entiendan los problemas y se den cuenta de que los proveedores de equipos pueden darles una solución, no exigirán estas mejoras en su rendimiento. La excepción es el mercado de los reguladores de velocidad variable en el que los fabricantes están promocionando activamente productos con mejor capacidad de adaptación a las bajadas de tensión.

La solución tradicional consiste en instalar equipos adicionales que mantengan la carga durante las bajadas de tensión. En el caso de cargas de baja potencia, tales como equipos informáticos, se han utilizado unidades de alimentación ininterrumpida (SAI o UPS) para dar protección contra las bajadas de tensión e interrupciones del suministro de corta duración. Los dispositivos para almacenar energía están constituidos normalmente por baterías recargables, por lo que no son adecuados para interrupciones largas. Generalmente, se mantiene la carga alimentada únicamente el tiempo necesario para llevar a cabo una desconexión ordenada, protegiendo así los datos, pero este procedimiento requiere un tiempo de reinicio considerable.

Con lo tratado en esta temática se puede afirmar que el mejoramiento del

rendimiento de la red de suministro eléctrico no siempre es posible para eliminar las bajadas de tensión porque resulta muy costoso y probablemente sea imposible. En casos especiales, en los que la necesidad justifique el gasto, podría disponerse de unas conexiones a la red de suministro eléctrico duplicadas que se deriven de partes de la red lo bastante separadas como para que se puedan considerar independientes. En otros casos teniendo en cuenta la importancia del equipamiento a proteger se pueden utilizar los equipos de almacenamiento de energía que en algunos casos el fabricante incluye en el propio equipamiento como los estabilizadores de voltaje y los SAI.

Desequilibrio

Se dice que un sistema de energía trifásico está desequilibrado o es asimétrico si las tensiones y corrientes trifásicas no tienen la misma amplitud y presentan un desplazamiento de fase diferente de 120° entre ellas.

Para cuantificar un desequilibrio de tensión o corriente de un sistema trifásico se utiliza el método de los componentes simétricos. El sistema trifásico se descompone en un sistema llamado de secuencia directa o positiva, secuencia inversa o negativa y secuencia homopolar o cero, identificados por los subíndices d, i, h (en algunos textos se utilizan los subíndices 1, 2, 0).

El sistema directo está asociado a un campo rotatorio en sentido positivo, mientras que el sistema inverso produce un campo que rota negativamente. En el caso de máquinas eléctricas de corriente alterna, ésta es una interpretación físicamente correcta para el campo magnético rotatorio. (Mazorra, 2001)

Los componentes homopolares tienen ángulos de fase idénticos y solo oscilan. En sistemas sin conductor neutro las corrientes homopolares obviamente no pueden circular, pero pueden producirse importantes diferencias de tensión entre las “tensiones cero” entre los puntos neutros de las conexiones en estrella del sistema de alimentación y las cargas.

La medición de estos componentes en la práctica no es directa, especialmente para los componentes de secuencia positiva y negativa. Un equipo de medida digital, que efectuara la operación matemática en las tensiones y corrientes ensayadas,

conduciría a una ejecución más sencilla de lo que sería posible con equipos analógicos clásicos.

Las relaciones de tensión y corriente entre las magnitudes de las componentes de secuencia negativa y positiva, de tensión y corriente, respectivamente, son una medida del desequilibrio (en %).

Las normas internacionales fijan límites para la relación de desequilibrio definida menor del 2 % para sistemas de baja y media tensión y menor del 1 % para alta tensión, medida en intervalos de 10 minutos, con un máximo instantáneo del 4%. Sin embargo, este límite puede reducirse localmente, incluso hasta el 0,25% en el lado británico del Túnel del Canal, en donde el sistema ferroviario representa una gran carga monofásica. El motivo para fijar límites más estrechos en los sistemas de alta tensión es que se han previsto para utilizarse a su capacidad máxima con una carga trifásica equilibrada. Cualquier desequilibrio provoca un funcionamiento ineficiente de los sistemas de transmisión que con frecuencia están muy cargados.

Las tensiones del sistema en un centro generador son por regla general altamente simétricas, debido a la estructura y al funcionamiento de los generadores sincrónicos utilizados en las grandes centrales de energía. Por esta razón la central de generación no contribuye normalmente al desequilibrio. Incluso con generadores de inducción (asíncronos), como los que, por ejemplo, se utilizan en algunos tipos de turbinas eólicas, se obtiene una serie trifásica equilibrada de tensiones.

Las cargas de baja tensión son generalmente monofásicas, por ejemplo computadoras o sistemas de iluminación, y por tanto el equilibrio entre fases es difícil de garantizar. En el diseño de un sistema de cableado eléctrico que alimenta estas cargas, los circuitos están distribuidos entre las tres fases, por ejemplo una fase para cada piso de un edificio de apartamentos u oficinas, o bien conexiones alternativas en filas de casas de una urbanización. Aún así, el equilibrio de la carga correspondiente en el transformador central fluctúa a causa de la variación estadística de los ciclos de trabajo de las diferentes cargas individuales.

Condiciones anormales del sistema también provocan desequilibrios en las fases. Ejemplos típicos de esto son los defectos entre fase y tierra, fase y fase o la rotura de un conductor. Estos defectos provocan caídas de tensión en una o más de las fases

implicadas e, indirectamente, pueden provocar sobretensiones en las otras fases.

La sensibilidad de los equipos eléctricos frente a los desequilibrios difiere de unos dispositivos a otros.

Para reducir los efectos del desequilibrio pueden adoptarse varias medidas, con diferentes grados de complejidad técnica.

La primera y más elemental solución es reorganizar o redistribuir las cargas de forma que el sistema esté más equilibrado. Para ciertas aplicaciones existe la posibilidad de reducir el desequilibrio cambiando los parámetros de funcionamiento.

Con objeto de reducir la influencia de las corrientes de secuencia negativa, que provocan caídas de tensión de secuencia negativa en la tensión de alimentación, se necesita una baja impedancia interna del sistema. Esto puede lograrse conectando las cargas desequilibradas en puntos con un mayor nivel de cortocircuito, o mediante otras medidas del sistema para reducir la impedancia interna.

Se puede afirmar que el desequilibrio es un grave problema de calidad de la energía, que afecta principalmente a los sistemas de distribución de baja tensión, como los que se producen por ejemplo en edificios de oficinas con abundantes computadoras y luminarias fluorescentes. Sin embargo, puede cuantificarse de una forma relativamente sencilla con la generación de unos parámetros que pueden compararse con valores normalizados.

Parpadeo

El parpadeo es la impresión de inestabilidad de la sensación visual inducida por un estímulo luminoso, cuya luminancia o distribución espectral fluctúa con el tiempo.

Generalmente se aplica a la variación cíclica de la intensidad de la luz de las lámparas producida por la fluctuación de la tensión de alimentación.

El parpadeo es un síntoma de la fluctuación de la tensión, que puede ser motivada por perturbaciones introducidas durante la generación, la transmisión o la distribución de la energía, pero que generalmente son provocadas por el uso de grandes cargas fluctuantes, es decir, cargas con una demanda de potencia activa y reactiva que fluctúa rápidamente. (Zbigniew, 2006)

En cualquier línea de suministro, la tensión en el extremo de la carga es diferente de la que existe en el origen. Dependiendo de su causa, la variación de tensión DU

puede tomar la forma de una caída de tensión que tiene un valor constante a lo largo de un intervalo de tiempo prolongado, de una variación de tensión lenta o rápida, o de una fluctuación de la tensión.

La principal causa de las variaciones de tensión es la variabilidad en el tiempo de la componente reactiva de la potencia de las cargas fluctuantes. Entre estas cargas están, por ejemplo, los hornos de arco, los motores de laminadoras, grandes bobinadoras, etc. en general se trata de cargas con una elevada relación de cambio de potencia con respecto a la capacidad de cortocircuito en el punto de conexión a la red de suministro.

Es muy importante observar que las cargas de pequeña potencia, tales como el arranque de motores de inducción, soldadoras, calderas, reguladores de potencia, sierras y martillos eléctricos, bombas y compresores, grúas, elevadores, etc., pueden también ser fuentes productoras de parpadeo.

Otras causas son la conmutación de condensadores y los transformadores de conmutación de reglaje en carga, que pueden cambiar la componente inductiva de la impedancia de la fuente.

Las fluctuaciones de tensión producen en los sistemas eléctricos diversos efectos técnicos perjudiciales que pueden interrumpir procesos de producción, originando costos importantes. Sin embargo, el efecto fisiológico del parpadeo es el más importante porque afecta a la ergonomía del entorno de producción, provocando la reducción de los niveles de concentración y fatiga a los trabajadores.

El funcionamiento irregular de los interruptores automáticos y de los relés también puede producir graves interrupciones en los procesos de producción.

Las fuentes de luz incandescentes son especialmente sensibles a las variaciones de la tensión de alimentación, ya que el flujo luminoso, Φ , es proporcional a la tensión aplicada. El parpadeo que se produce dificulta de manera notable la visión y provoca incomodidad general y fatiga. La fisiología de este fenómeno es compleja. En términos generales puede asumirse que el parpadeo afecta al proceso de la visión y a la reacción del cerebro humano. Las fuentes de luz que parpadean pueden producir molestias y el deterioro de la calidad del trabajo en algunas situaciones puede llegar a provocar accidentes laborales.

Es necesario efectuar medidas de la fluctuación de la tensión para determinar los niveles reales de emisión de la carga para compararlos con los valores límites establecidos en las normas de compatibilidad electromagnética (CEM).

Las mediciones del parpadeo se efectúan con dos propósitos, el primero para evaluar la calidad de la red de alimentación, es decir, comparar el nivel de parpadeo existente en el punto donde se efectúa la medición con las recomendaciones que indican las normas. El segundo, para valorar los niveles de emisión del prototipo de un determinado equipo antes de lanzarlo al mercado, es decir, realizar ensayos tipo con fines de certificación.

Hasta hace poco tiempo, las fluctuaciones de tensión en los sistemas eléctricos, o en los terminales de la carga, se describían utilizando factores relacionados con la variación de la tensión eficaz pico a pico en el sistema eléctrico. La energía de las fluctuaciones de tensión y su espectro de potencia, también llamado espectro de energía de las fluctuaciones de tensión, y su duración se tenían en cuenta al evaluar estas fluctuaciones. Actualmente los parámetros básicos que definen las fluctuaciones de tensión son los índices de severidad del parpadeo de corta duración P_{ST} y de severidad del parpadeo de larga duración P_{LT} . Estos parámetros se refieren a los efectos de la fluctuación de tensión sobre la iluminación y su influencia sobre los seres humanos.

Los efectos de las fluctuaciones de tensión dependen en primer lugar de su amplitud, influida por las características del sistema eléctrico, de su cadencia de repetición, determinada por el proceso tecnológico, es decir, por el tipo de carga y del carácter de su funcionamiento. Normalmente los procedimientos de mitigación están dirigidos a desarrollar acciones centradas en la limitación de la amplitud de las fluctuaciones de tensión.

El parpadeo es un fenómeno subjetivo, por lo tanto resulta difícil determinar el costo directo de su efecto. Afecta a la calidad esencial del servicio, que es la capacidad de proporcionar una iluminación estable y consistente. Sin duda, afecta a la productividad en oficinas y fábricas.

En lo estudiado en este epígrafe, teniendo en consideración los criterios técnicos de los autores consultados, se afirma que con la determinación de los parámetros de

tensión en las redes eléctricas examinadas se puede evaluar la calidad de energía suministrada. Las bajadas e interrupciones de tensión junto al aumento de la circulación de corrientes armónicas por las redes hacen que los equipos fallen prematuramente y repercutan negativamente en el correcto desempeño de los servicios prestados. El costo de solución de estos problemas a nivel de suministro eléctrico resulta muy alto por lo que resulta atractivo adoptar medidas específicas a nivel de consumidor, reduciendo significativamente los efectos nocivos.

1.3 Tipos de estudios de calidad de energía y pasos para su monitoreo.

Tipos de estudios

- Análisis predictivo.
- Caracterización estadística.
- Análisis forense.

Monitoreo

Planee y prepárese para el monitoreo.

- Recoja la información histórica del lugar o equipos.
- Catalogue los eventos de calidad de la energía (quién, qué, cuándo, dónde, por qué).

Inspeccione el lugar.

Monitoree la energía.

- Seleccione los monitores y los sitios.

Analice el monitoreo y los datos de la inspección.

- Correlacione los datos con los síntomas del equipo y la historia del lugar.

Aplique la acción correctiva.

- Valide el comportamiento del equipo de mitigación con un monitoreo.

(Armas Teyra, 2002)

Instrumentos

- Analizadores de Calidad de Energía
- Osciloscopios

- Analizador de perturbaciones
- Analizador de armónicos y espectrales
- Equipos combinados.

(Armas Teyra, 2002)

Instrumento básico propuesto

El analizador de calidad de energía Fluke 435 ofrece una completa serie de potentes funciones para la comprobación de sistemas de distribución eléctrica. Algunas de estas funciones le permiten obtener una visión general del funcionamiento del sistema eléctrico, mientras que otras le sirven para examinar detalles específicos.

El analizador Fluke 435 dispone de funciones adicionales, como transmisión de señales, registro, precisión de entrada de tensión de 0,1% conforme a la norma IEC61000-4-30 2003 Clase A, memoria adicional para almacenar datos de registro, software de registro de potencia, pinzas amperimétricas flexibles y un maletín con ruedas de alta resistencia. (Manual de usuario, 2007)

La opción MONITOR (Supervisión) le permite obtener una visión general de la calidad del sistema eléctrico. Un gráfico de barras que muestran aspectos de la calidad de las tensiones de fase. Los gráficos cambian de verde a rojo si los aspectos relacionados no se ajustan a los límites.

Una de estas categorías contempla los límites recogidos en la normativa EN50160.

Entre los modos de monitoreo para examinar en detalle aparecen:

- Tensiones de fase.
- Corrientes de fase
- Armónicos. Flicker (Parpadeo)
- Frecuencia
- Transmisión de señales.
- Registrador.

El modo de potencia se puede utilizar para registrar la potencia aparente (kVA) de un transformador a lo largo de varias horas. Comprobar la tendencia le permitirá verificar si hay momentos en los que el transformador se sobrecargue. Puede transferir

cargas a otros transformadores, alternar la sincronización de las cargas o, en caso necesario, sustituir el transformador por otro de mayor capacidad.

La pantalla Flicker (Parpadeo) cuantifica la fluctuación de luminancia de las lámparas provocada por las variaciones de la tensión de alimentación. El algoritmo de la medida cumple la norma IEC61000-4-15 y se basa en un modelo perceptivo del sistema sensorial del cerebro y el ojo humano.

La pantalla Tendencia relacionada muestra los cambios de todos los valores de medida en la pantalla Multímetro.

La pantalla Desequilibrio muestra las relaciones de fase entre tensiones y corrientes. Ofrece una pantalla de multímetro, una pantalla de tendencias relacionada y una pantalla de diagrama fasorial.

El analizador Fluke 435 puede capturar formas de onda a alta resolución durante diversas perturbaciones. El analizador ofrecerá una instantánea de las formas de onda de tensión y corriente en el instante preciso en que se produzca la perturbación. Esto le permitirá ver las formas de onda durante las bajadas, subidas, interrupciones, transitorios y bajadas de corriente.

La pantalla Transitorios es similar a la de osciloscopio, pero su desviación vertical es mayor para hacer visibles los picos de tensión que se superponen a la onda sinusoidal de 60 o 50 Hz. Se captura una forma de onda cada vez que la tensión (o corriente rms) supera los límites ajustables. Se pueden capturar hasta 40 eventos como máximo. La velocidad de muestreo es de 200 kS/s.

Además se puede capturar corrientes de arranque, es decir, corrientes transitorias que se producen con una carga grande o de baja impedancia.

La supervisión de la calidad eléctrica se realiza normalmente durante un período largo de observación. Se accede a esta función por medio de la tecla MONITOR (Supervisión) y un menú de inicio que permite definir el inicio inmediato o programado de la medida. La duración mínima de la medida es de 2 horas, aunque uno de los periodos más frecuentes es de 1 semana.

Los parámetros de calidad eléctrica Tensiones RMS, Armónicos y Flicker cuentan con una barra para cada fase. De izquierda a derecha, estas tres barras están relacionadas con las fases A (L1), B (L2) y C (L3).

Los parámetros Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas y Equilibrio/Frecuencia sólo tienen una barra para cada parámetro, que representa el rendimiento a lo largo de tres fases.

La mayoría de los gráficos de barras tienen una base más gruesa que indica los límites ajustables de tiempo relacionados (por ejemplo, el 95% del tiempo dentro del límite) y una parte superior, más estrecha, que indica el límite fijo del 100%. Si uno de los límites se supera, la barra correspondiente cambia de color verde a rojo. Las líneas horizontales de puntos que aparecen en la pantalla indican el límite del 100% y el límite ajustable.

El límite del 100% indica que medias de los períodos de 10 minutos deben encontrarse siempre dentro del rango (es decir, el 100% del tiempo o con una probabilidad del 100%). El gráfico de barras se volverá de color rojo si la media de un período de 10 minutos supera el rango de tolerancia.

Si el límite ajustable es del, por ejemplo, 95% (es decir, una probabilidad del 95%) significa que el 95% de las medias de los períodos de 10 minutos se deben encontrar dentro de la tolerancia. El límite del 95% es menos estricto que el del 100%, por lo que el rango de tolerancia relacionado normalmente es más reducido: por ejemplo, para 120 V sería + o - 10% (un rango de tolerancia entre 108 y 132 V).

Las barras de Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas son estrechas e indican el número de infracciones de los límites que se han producido durante el período de observación. El número de infracciones permitidas es ajustable (por ejemplo, 20 bajadas por semana). La barra pasa a ser de color rojo si se supera el límite ajustado.

Características específicas de la medida:

- Eventos de V rms: se graba un evento cada vez que un valor RMS agregado de 10 minutos supere sus límites.
- Eventos de Armónicos: se graba un evento cada vez que un THD o armónico agregado de 10 minutos supere sus límites.
- Eventos de Flicker: se graba un evento cada vez que una Plt (severidad a largo plazo) supere sus límites.

- Eventos de Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas: se graba un evento cada vez que uno de los elementos supere sus límites.
- Eventos de Desequilibrio y Frecuencia: se graba un evento cada vez que un valor RMS agregado de 10 minutos supere sus límites.

Armas Teyra aborda en su libro, los tipos de estudios de calidad de energía, se considera que el estudio predictivo permitirá la detección de los problemas incipientes antes de que se produzca el fallo del sistema de distribución y proporcionará la información necesaria para conseguir un tiempo de parada por averías igual a cero. En Cuba son pocas empresas que utilizan este tipo de estudio, siendo cotidiano el análisis forense a pesar que puede resultar más costoso.

Al estudiar las prestaciones del instrumento seleccionado, (Manual de usuario Fluke 435, 2007) se considera que es el apropiado al realizar funciones de localización de problemas, registros y análisis de parámetros de calidad del suministro eléctrico para detectar el origen de las perturbaciones y diagnosticar el problema de forma correcta. La presentación gráfica de los parámetros medidos proporciona al usuario resultados instantáneos, de manera que pueda localizar e identificar el origen de las perturbaciones antes de que se produzcan problemas graves.

1.4 La Resonancia Magnética Nuclear como técnica diagnóstica por imágenes más versátil en la actualidad.

El desarrollo de la medicina a nivel mundial se ha visto compulsado por los avances científico técnicos en casi todas las esferas, propiciando diagnósticos más confiables y efectivos que permiten la solución de diferentes tipos de patologías a partir de estudios no invasivos al paciente, permitiendo tratamientos y técnica quirúrgicas más precisas para cada tipo de patologías.

Como muestra del desarrollo de la medicina en el país, el Hospital Clínico Quirúrgico docente Lucia Iñiguez Landín, que atiende la población adulta de la provincia de Holguín, Granma y Las Tunas desde el 2001 fue dotado con un servicio de Resonancia Magnética Nuclear de fabricación nacional, modelo Giromag3 durante cuatro años. Posteriormente se instala el Modelo Panorama Phillips de 0,23 tesla de

mayor alcance que permite el diagnóstico de enfermedades degenerativa del tallo cerebral, lesiones post quirúrgicas de columna espinal y estudios no invasivos de lesiones vasculares (angiorresonancia).

Como aspecto importante a la introducción de esta técnica de última generación en la institución se han confrontado dificultades con su estable funcionamiento por inestabilidades en su suministro eléctrico.

Principios básicos de la Resonancia Magnética Nuclear

La resonancia magnética (RMN) es un fenómeno físico por el cual ciertas partículas como los electrones y los núcleos atómicos con un número impar de protones (Z) y/o de neutrones (N) pueden absorber selectivamente energía electromagnética de radiofrecuencia.

Se diferencian dos vertientes de aplicación a la Resonancia Magnética (RM):

- Técnicas de imagen (IRM)
- Técnicas de análisis espectrométrico (SRM)

En IRM pueden aprovecharse las propiedades magnéticas de los electrones, por su abundancia y por su alta señal, el núcleo de hidrógeno (H-1) es el que se utiliza rutinariamente en la clínica.

Cuando los núcleos bajo un campo magnético entran en RESONANCIA, absorben energía de radiofrecuencia en un proceso llamado de RELAJACIÓN. Durante este proceso de relajación se induce una señal eléctrica a una antena receptora que tratada convenientemente servirá para obtener la imagen tomográfica en IRM (técnicas de imagen) o para realzar el análisis espectrométrico en SRM. (J.C.M. Valderrama, 1997)

Los componentes fundamentales de un tomógrafo por RM son:

- Imán: Creador de un campo magnético.
- Antena Emisora: De frecuencia.
- Antena Receptora: Donde se recoge la señal.
- Ordenador: Sistema de representación de imagen o de análisis espectrométrico.

(F. García, 2001)

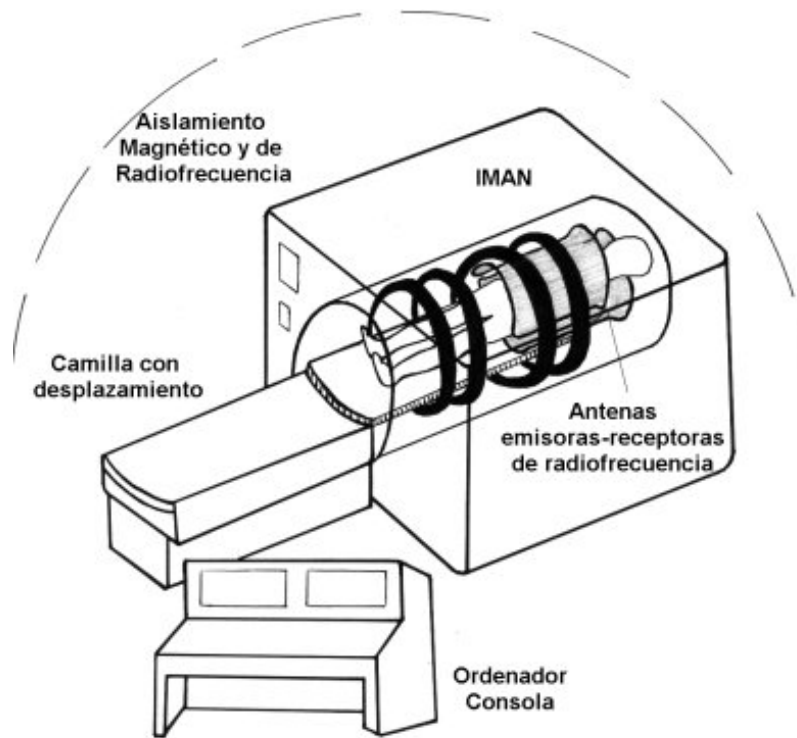


Figura 2. Elementos que componen la Resonancia Magnética Nuclear.

Tipos de electroimanes

- Electroimanes: crean el campo magnético mediante corriente eléctrica.
- Resistivos: están contruidos por bobinas por las que circula corriente eléctrica continua de alta intensidad.
- Superconductivos: se basan en la propiedad de ciertas aleaciones como el Titanio-Niobio, pierden su resistencia eléctrica al ser enfriada cercana al cero absoluto.

Ventajas de la RMN

La IRM tiene ventajas significativas sobre los restantes sistemas de diagnostico por imagen empleadas en la actualidad:

- Mejor resolución de bajo contraste.
- No utiliza radiaciones ionizantes.
- Imagen multiplanares directas.
- Sin artefactos derivados al aire o a los huesos.

- Medidas de flujos directas.

(E. González, 2001)

La IRM ofrece otras ventajas significativas, no existen artefactos derivados del aire o de los huesos, como sucede en la Tomografía Computarizada (TC). El flujo de la sangre puede ser visualizado y cuantificado.

Desventajas de la RMN

- Campo magnético intenso, gradientes rápidamente cambiantes (que inducen en el organismo campos eléctricos) y efecto calorífico de radiofrecuencia (atenuados).
- Corrientes inducidas en objetos metálicos implantados (prótesis). Pueden producir un efecto calórico local, aunque no ha sido demostrado efecto significativo alguno.
- El campo magnético ejerce una fuerza de atracción sobre los objetos ferromagnéticos. El mayor riesgo viene dado por los objetos móviles en las proximidades del imán, los cuales pueden convertirse en proyectiles, sobre todo en campos magnéticos altos.
- El estudio con RMN está contraindicado en pacientes con clips ferromagnéticos implantados en intervenciones por aneurismas cerebrales, puesto que pueden movilizarse.
- No pueden ser sometidos a examen por RMN los pacientes que precisan un equipo de soporte ferromagnético para el mantenimiento de la vida.
- No se deben estudiarse pacientes con marcapasos, ya que el campo magnético rápidamente cambiante podría inducir una corriente extraña en el conductor eléctrico.
- No se debe emplear la RMN durante los tres primeros meses de embarazo. (E. González, 2001)

Según la bibliografía consultada de los autores E. González, 2001, CP Slicharet, 1990, F. Garcia 2001, JCM Valderrama 1997, la utilización de los estudios por RMN permite diagnósticos muy confiables a tono con el desarrollo alcanzado por la medicina permitiendo tratamientos y técnicas quirúrgicas más precisas para

cada tipo de patología este equipo utiliza lo más avanzado en tecnología por lo que requiere de suministros eléctricos confiables para su correcto funcionamiento.

1.5 Elaboración de Procedimientos

Muchas organizaciones no le dan la debida importancia a la compilación de la documentación, esta gran diferencia puede hacer que la inversión realizada no tenga el éxito debido.

Como paso fundamental en la instalación de cualquier sistema, se debe escribir sus procedimientos, políticas de uso y métodos de operación, estos son independientes de la documentación técnica del sistema y deben de ser apoyados por la documentación para operación normal del sistema.

El gran problema de muchas instituciones es que si tienen por escrito, todos sus manuales de procedimientos, pero de nada les sirven si estos están almacenados y nadie les da importancia. La solución es después de escribirlos publicarlos adecuadamente y que siempre estén al alcance de los operadores del sistema. Cuando un procedimiento de operación es lo bastante claro y tiene la virtud de poder ser consultado cuando hay duda de una vertiente en la organización, se vuelve la herramienta indispensable para lograr el éxito.

Cualquier organización que se precie del triunfo, sabe que si su potencial humano, conoce bien y perfectamente las reglas de operación de su institución, se evitara desvíos, retrasos, malos entendidos, pues las reglas de operación cuando son claras y concisas no dejan desviaciones posibles y están orientadas en los resultados.

El Procedimiento es un documento que describe, según el grado de detalle requerido por su objeto, la forma de desarrollar una actividad. Cuando el objeto de un procedimiento contempla una secuencia de procesos que deben documentarse en detalle, dará lugar a la elaboración de instrucciones de trabajo.

El procedimiento será impreso a una cara en formato A4, constará de una Portada, índice y las restantes páginas.

Las páginas del Procedimiento llevan un encabezado en el que se indica:

El nombre de la empresa

El título del procedimiento

El código del procedimiento

La paginación (incluidos los anexos)

Número de edición

Fecha de entrada en vigor o fecha de vigencia (a partir de la cuál el procedimiento es de obligado cumplimiento). ISICS, 2010.

Los procedimientos tendrán la siguiente estructura:

Portada

Índice

- Objeto
- Campo de Aplicación
- Definiciones y Terminología
- Responsabilidades
- Descripción
- Documentación de Referencia
- Anexos
- Cuadro de Ediciones
- Aprobación

La Portada hace referencia al título del Procedimiento y el Índice enumera los epígrafes del Procedimiento y los epígrafes según cada caso:

Objeto

El objeto expresa el propósito del procedimiento de forma genérica.

Campo de Aplicación

El campo de aplicación establece el alcance del procedimiento, en cuanto al ámbito, asuntos, estamentos o funciones afectados, según corresponda al objeto.

Definiciones y Terminología

Este apartado recoge los términos relativos a la gestión de la calidad y los términos específicos de las actividades de la empresa que se considere necesario definir, para una mayor comprensión del procedimiento. Asimismo podrán relacionarse los acrónimos o siglas especificando su significado.

Responsabilidades

En este apartado se recogen las responsabilidades y la autoridad de los cargos o funciones de la organización implicados en los procesos descritos en el procedimiento.

Descripción

Este apartado describe el desarrollo de los procesos objeto del procedimiento. En la descripción de la metodología, se hará referencia a los registros derivados, como evidencia de su ejecución y a otros documentos que la complementen o desarrollen con mayor profundidad las operaciones o que estén relacionados con una etapa del proceso.

Documentación de Referencia

Este apartado enumera los distintos documentos relacionados con el procedimiento. En especial, se referenciarán las instrucciones de trabajo que emanen de él y la legislación o normativa aplicable.

Anexos

Este apartado relaciona los anexos que se consideran necesarios para la correcta ejecución del procedimiento. Sirvan como ejemplos de anexos, los formatos de registro, los diagramas de flujo, o los cuadros relacionados.

Cuadro de Ediciones

Dicho cuadro indica el número de edición, la fecha de aprobación, la fecha de vigencia así como las modificaciones significativas y sus causas respecto a la edición anterior.

Aprobación

Este cuadro recoge el nombre, cargo, y firma de las personas responsables de la revisión y aprobación del procedimiento, así como las fechas en las que se llevaron a cabo dichas actividades.

1.6 Conclusiones parciales

1. No existe una solución única para los problemas de Calidad de la Energía. Se necesita diseño cuidadoso de soluciones, adaptado a los problemas

- observados. Estos constituyen un riesgo para las actividades empresariales.
2. La norma EN 50160 es de interés para los análisis de calidad de energía. Define los parámetros de tensión para la calidad de la energía y determina cuantitativamente los valores, como punto de referencia para la evaluación de la calidad de la energía.
 3. Las bajadas e interrupciones de tensión junto al aumento de la circulación de corrientes armónicas por las redes hacen que los equipos fallen prematuramente y repercutan negativamente en el correcto desempeño de los servicios prestados.
 4. El estudio predictivo permitirá la detección de los problemas incipientes antes de que se produzca el fallo del sistema de distribución.
 5. El analizador de calidad de Energía Fluke 435 se considera que es el apropiado al realizar funciones de localización de problemas, registros y análisis de parámetros de calidad del suministro eléctrico para detectar el origen de las perturbaciones y diagnosticar el problema de forma correcta.
 6. La utilización de los estudios por RMN permite diagnósticos muy confiables, permitiendo tratamientos y técnicas quirúrgicas más precisas para cada tipo de patología. Requiere de suministros eléctricos confiables para su correcto funcionamiento.

CAPITULO 2. DIAGNÓSTICO Y PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO A LA RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR.

Partiendo del análisis desarrollado en el capítulo anterior y tomando en consideración la importancia que reviste la calidad de la energía eléctrica suministrada para el correcto funcionamiento de los equipos médicos, se hace necesario realizar un diagnóstico de la calidad de la energía suministrada a la Resonancia Magnética Nuclear determinando las causas que produjeron su mal funcionamiento en los primeros meses de explotación. El procedimiento específico aplicado servirá como herramienta en futuras instalaciones de equipos similares en otras instituciones de salud.

2.1 Problemática en los centros hospitalarios y soluciones de mejoras enfocadas a problemas de calidad de energía.

La seguridad del suministro eléctrico en recintos hospitalarios tiene una especial importancia por el elevado número de equipos electromédicos y técnicos que apoyan el trabajo sanitario en beneficio de los pacientes.

Desde los equipos de apoyo vital que mantienen las constantes vitales del paciente grave, hasta los equipos electromédicos que intervienen en el buen trabajo quirúrgico, pasando por los sistemas de iluminación o los equipos informáticos, requieren de un suministro eléctrico sin interrupciones.

La instalación del suministro eléctrico en recintos hospitalarios viene definidos por distintas normas, la norma cubana obligatoria NC IEC 60364-7-710:2005 define algunos de los requisitos para la instalación eléctrica en los centros sanitarios.

Para el personal técnico y de mantenimiento es importante conocer las causas del fallo (fallo de aislamiento, equipos...) y la localización del mismo (sala, cuadro de distribución, circuito de salida...), para poder resolver la incidencia lo antes posible de forma programada y eficiente.

Sin embargo, para el personal médico y sanitario es necesaria la información de disponibilidad de la instalación (bien-mal) para decidir la posibilidad de seguir

operando y en caso de alarma, disponer de instrucciones sencillas y claras de cómo actuar.

Para el personal que gestiona el centro, es necesaria la información sobre el rendimiento de la instalación, los tiempos de fallo y las incidencias para poder decidir inversiones y acciones.

En los hospitales, los médicos, personal sanitario y de servicio deben concentrar su esfuerzo y trabajo en beneficio de los pacientes. Esto exige un entorno de trabajo que no distraiga, sino por el contrario, que apoye su concentración con información clara, precisa y selectiva.

La seguridad y continuidad del suministro eléctrico es esencial en los centros hospitalarios y con ello su monitorización y vigilancia.

Entre los servicios críticos del hospital se encuentran: Unidades en las que se emplean equipos de soporte vital, Unidades en las que se realizan procesos intervencionistas con “fases críticas”, Los servicios esenciales de soporte, Los servicios de atención de urgencias, Las infraestructuras de telecomunicaciones y sistemas de información, Las infraestructuras de seguridad.

En un servicio esencial resulta crítico ser capaces de garantizar el funcionamiento normal sin incidencias aparentes del 100% de las funcionalidades propias de dichos servicios, mantener en idénticas condiciones los servicios de soporte y garantizar todo lo anterior frente a cualquier circunstancia y por cualquier período de tiempo.

Lo anterior se consigue supeditando el diseño arquitectónico y el diseño técnico de los hospitales a la seguridad y a la funcionalidad, incorporando el concepto de seguridad integral (sabotaje, incendio, inundación, y cualquier supuesto de fuerza mayor), diseño técnico basado en estándares internacionales (IEC), selección de los equipamientos adecuados (que suelen ser más caros), validación de los sistemas, pruebas de aceptación y mantenimiento adecuados.

Con el avance tecnológico en los equipos de diagnóstico médico, en los centros hospitalarios de todo el país, se instalan continuamente nuevas y costosas unidades que sustituyen similares de tecnología atrasada ampliando y mejorando los servicios a pacientes. En mucho de los casos la inserción de estos equipos electromédicos sensibles, al esquema de suministro existente, sin previo chequeo o estudio de la red

eléctrica provoca mal funcionamiento de estos ocasionando roturas e incluso perturbando otras cargas conectadas al circuito. La utilización de un procedimiento adecuado como herramienta inicial ante la instalación eléctrica y puesta en marcha estos equipos médicos aseguran el correcto funcionamiento evitando averías y costos por mala calidad de la energía eléctrica que en mucho de los casos superan el 5 % de los costos adicionales en la implementación de mejoras ante las desviaciones de los parámetros de calidad de suministro eléctrico a estas cargas.

A continuación se analizará un caso concreto de instalación de un equipo de diagnóstico en un centro hospitalario en explotación donde al no disponer de un procedimiento específico para la evaluación de los parámetros de calidad de energía en el punto de inserción, el equipo resultó dañado originando un costo apreciable al dejar de funcionar por más de un año hasta tanto se implementaran las medidas de mejoras para su correcto funcionamiento.

El equipo de Resonancia Magnética Panorama fabricado por Philips en el 2003 es instalado en el Hospital Clínico Quirúrgico Lucía Iñiguez Landín de Holguín en octubre de 2005. El suministro eléctrico se realizó a través del Centro de Carga 2 como se observa en la Figura 1: Ubicación de la alimentación de RMN en su instalación inicial. En el período de puesta en marcha debido a las fluctuaciones y excesivas caídas de voltaje en este circuito se modifica el esquema de suministro eléctrico alimentándose directamente de forma exclusiva desde el Transformador 2 ubicado en la Subestación Principal Reductora (SPR), Figura 2.

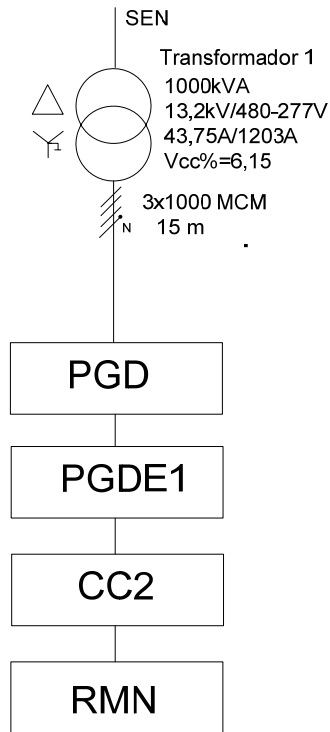


Figura 1: Ubicación de la alimentación de RMN en su instalación inicial.

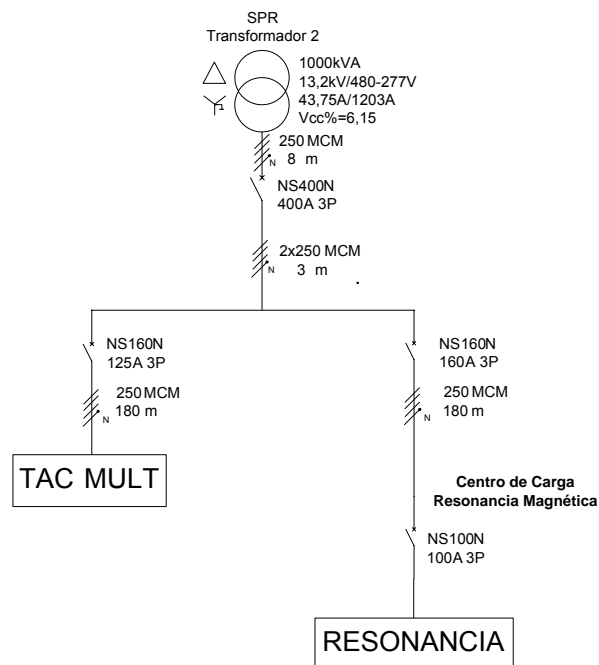


Figura 2: Diagrama unifilar del suministro eléctrico donde se alimenta el Centro de Carga de Resonancia Magnética.

Con tal medida se eliminaron las fluctuaciones de voltajes debido a las entradas y salidas de grandes cargas dentro de la instalación así como se disminuyó la caída de voltaje al final del circuito. De esta forma se pudo concluir la puesta en marcha del equipamiento y dar comienzo con el servicio.

Este equipamiento eléctrico sensible a las fluctuaciones e interrupciones de voltaje fue seriamente afectado luego de varios meses de explotación, debido a causas presuntas de origen fuera de la instalación, inestabilidad en el circuito primario de alimentación que provocó la rotura del Amplificador de Gradiente del eje Y, específicamente el módulo modelo AMP-30 quedando fuera de servicio durante el primer año, y dejándose de realizar alrededor de 4800 estudios a pacientes.

Entre los días 15 y 16 de Septiembre de 2005 se realizaron mediciones eléctricas en el servicio 1 del Hospital registrándose valores de voltaje máximos de 461V y mínimos de 215V (Ver Gráfico 1: Comportamiento del voltaje en el secundario del Transformador 1, con carga). El equipamiento técnico demanda un suministro de energía eléctrica Trifásico a 480 V \pm 10%.

Mediciones voltaje entre 15 y 16 Septiembre de 2005

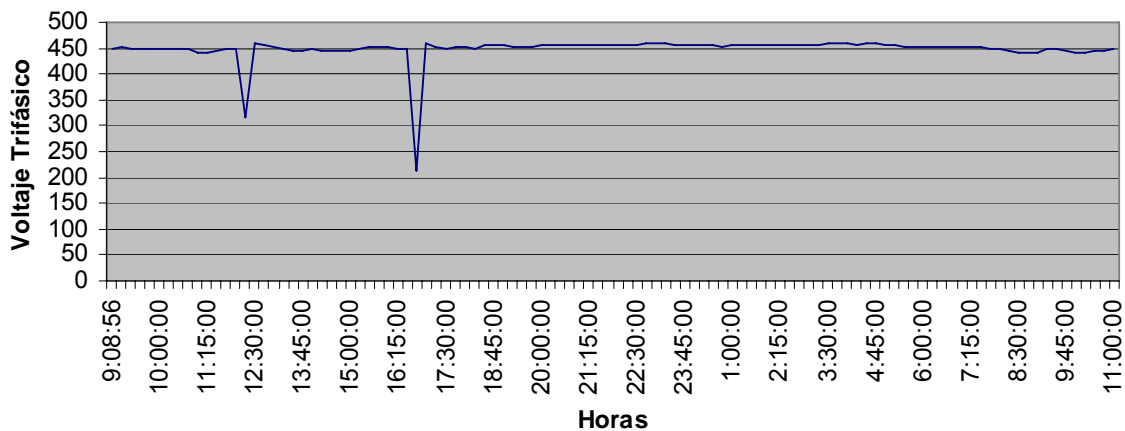


Gráfico 1: Comportamiento del voltaje en el secundario del Transformador 1, con carga.

El Transformador 2 que hasta ese momento se encontraba desconectado, se escoge para alimentar el equipamiento a pesar que el mismo quedaría subutilizado

generando pérdidas de energía por transformación que encarecerá la explotación de este suministro. Entre los días 24 y 26 de Septiembre de 2005 se hacen mediciones en vacío arrojando niveles de voltaje adecuados. Ver Gráfico 2: Comportamiento del voltaje en el secundario del Transformador 2 en vacío.

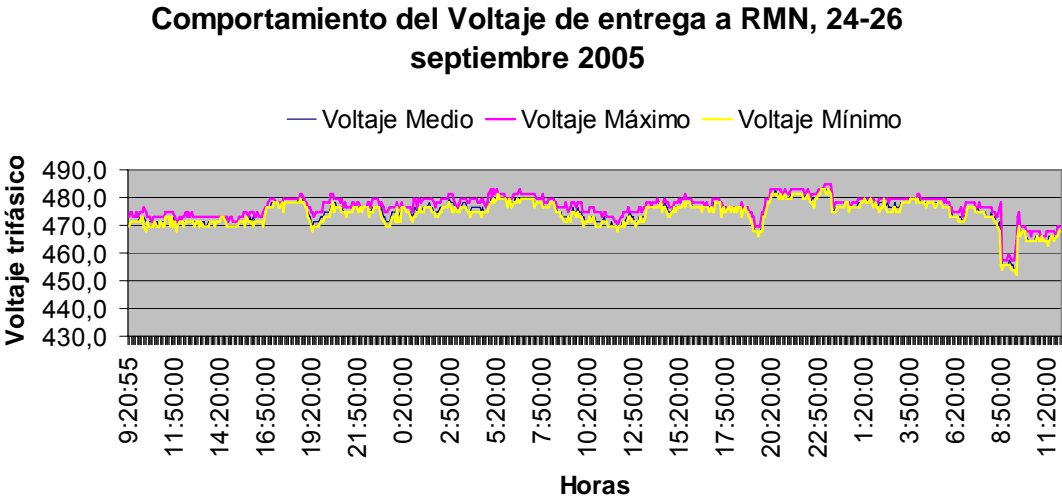


Gráfico 2: Comportamiento del voltaje en el secundario del Transformador 2 en vacío.

En el período de puesta en marcha se establecieron registros del comportamiento de la continuidad del suministro eléctrico donde aparecen numerosas interrupciones entre los días 5 de octubre y 22 de noviembre de 2005 y niveles de voltaje inferiores a 450 V, - 9,7%. El 23 de noviembre se confirma la rotura del módulo antes especificado del amplificador de gradientes. Ver Gráfico 3: Interrupciones en el Suministro Eléctrico octubre – noviembre 2005.

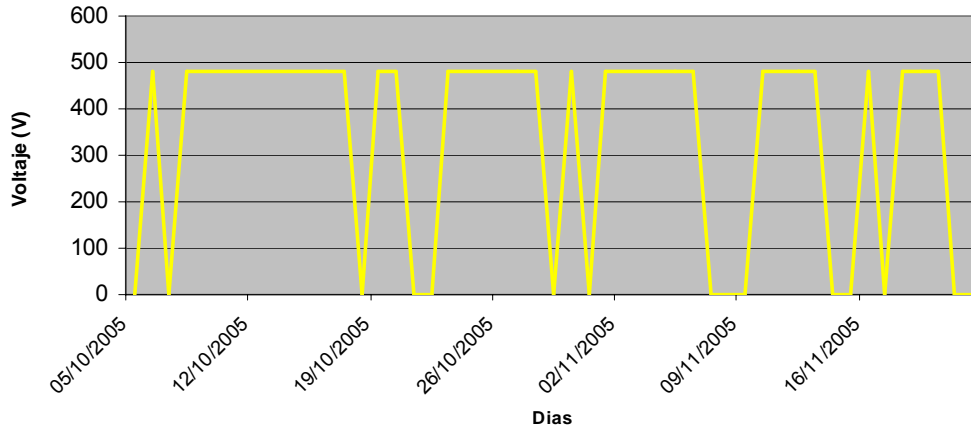


Gráfico 3: Interrupciones en el Suministro Eléctrico octubre – noviembre 2005.

Mediciones realizadas entre los días 24 y 26 de Septiembre de 2005 y los días 28 y 30 de mayo de 2007 por personal de la Empresa Eléctrica mostraron las fluctuaciones del voltaje del Servicio 2 en vacío (2005) de -5,8% y +1,0% respecto al voltaje nominal y en el reinicio de su funcionamiento (2007) de -6,25% y +2,5%.

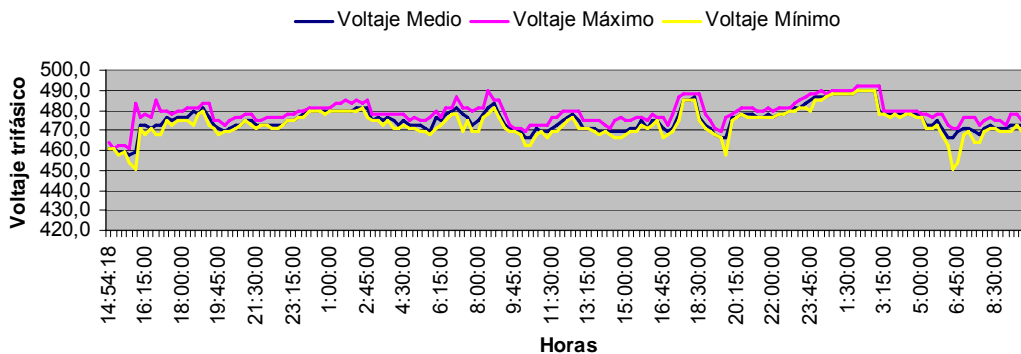


Gráfico 4: Comportamiento del voltaje en el secundario del Transformador 2 con carga (Equipo de RMN), del 28 al 30 de mayo del 2007.

La instalación de La Resonancia Magnética Nuclear exigía la alimentación a través de una fuente de 120 kVA, quedado de esta forma independiente de los demás centros de cargas. Al no disponerse de la capacidad requerida se decidió poner en servicio el Transformador 2 de 1000 kVA; 13,2/0,48 kV, a pesar de encarecer la explotación de este suministro por las pérdidas de transformación que representa el uso continuo de esta fuente.

Otras cargas relacionadas con el servicio como el clima y el alumbrado, se mantuvieron conectadas desde el Centro de Carga 2 (CC#2) de forma tal que su régimen de operación no interfiriera con la técnica instalada.

A pesar de la construcción de un centro de carga dedicado al equipamiento técnico, las fluctuaciones de voltaje fueron mayores que las permisibles por el equipo, y el número de interrupciones más del exigido por las normativas de calidad, causas que contribuyeron a la rotura del módulo AMP-30, así como las molestias ocasionadas a los pacientes al tener que reiniciar los estudios de cero.

Por tal motivo fue justificable la inclusión de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI ó UPS), de tal manera que el mismo diera solución a los siguientes aspectos fundamentales:

- Continuidad incrementada del servicio.
- Mejora de la calidad del suministro de energía.

Para satisfacer el primer requisito, la clasificación básica de los sistemas UPS esta descrita en la norma IEC 62040-3-1999. La misma distingue tres clases de UPS, según la dependencia de la tensión y la frecuencia de salida de los parámetros de entrada:

- VFD (Tensión y Frecuencia de salida Dependientes de la red de suministro de energía).
- VI (Tensión de salida Independiente de la red de suministro de energía).
- VFI (Tensión y Frecuencia de salida Independientes de la red de suministro de energía).

En la práctica, esta clasificación se ajusta a su estructura interna en cuanto a:

- Reserva pasiva.
- Línea interactiva.
- Doble conversión.

La Tabla 1 muestra las principales propiedades de estas clasificaciones de los dispositivos UPS, y a continuación se facilita una breve descripción de las tres clases de UPS citadas.

Clasificación EN-50091-3	VFD	VI	VFI
	Reserva pasiva	Línea interactiva	Doble conversión
Coste	Mínimo	Medio	Máximo
Regulación de la tensión	Ninguna	Limitada	Sí
Regulación de la frecuencia	Ninguna	Ninguna	Sí
Tiempo de Transferencia	Corto	Cero	Cero

Tabla 1 - Clasificación y características de los tipos de UPS

Reserva pasiva (VFD).

En este tipo de UPS se tienen dos modos de funcionamiento, el modo Normal y el de Energía Almacenada. En el modo Normal la energía para la carga se obtiene de la red de alimentación principal, y en el modo de Energía Almacenada la alimentación de la carga procede de la batería a través del inversor. El paso del modo “Normal” al de “Energía Almacenada” se produce cuando la tensión de la alimentación principal está fuera de tolerancia, a través de un conmutador con un corto tiempo de transferencia (no normalizado).

Esta es la topología más sencilla, compacta y barata, pero presenta algunos graves inconvenientes, ya que no proporciona aislamiento de la carga frente a fallos por el lado de la alimentación ni regulación de tensión o frecuencia. Su tiempo de transferencia superior a cero significa que existe una interrupción de energía corta pero definida en el momento de la conmutación, por lo que esta topología es inadecuada para muchas aplicaciones, en especial sistemas informáticos y otros sensibles.

Línea interactiva (VI)

El inversor es bidireccional, es decir, actúa como un rectificador para cargar la batería cuando la energía de la red está disponible, pero actúa como un inversor para producir energía de reserva desde la batería, cuando no está disponible la energía de red.

Ofrece un costo menor que la topología de doble conversión, pero tiene varios inconvenientes: no es posible el control de frecuencia, la protección frente a los defectos de la alimentación principal, tales como transitorios y sobretensiones, es

baja, y el grado de regulación que puede conseguirse es limitado, ya que se trata de un dispositivo en derivación.

Doble conversión (VFI)

Está conectada en serie y la potencia de carga total se entrega a través del inversor de salida. En el modo Normal, la carga se alimenta a través de la combinación de rectificador/cargador/inversor de aquí el nombre de doble conversión.

La batería se conecta al enlace c.c. y se carga continuamente. En el modo de Energía Almacenada, el inversor alimenta la carga con energía procedente de la batería. En lo que concierne a la carga, nada ha cambiado ya que la energía se suministra a través del inversor, pero ahora la fuente de energía para el inversor es diferente. Aquí el tiempo de transferencia es absolutamente cero, por lo que esta topología es ideal para cargas sensibles.

Las ventajas de la UPS de doble conversión son: la muy buena separación frente a la corriente de alimentación aguas arriba, buena regulación de la tensión, buena regulación de la frecuencia y el tiempo de transferencia cero entre las fuentes de energía.

Los inconvenientes de la UPS de doble conversión son un coste mayor y una eficiencia algo inferior pero aceptable por las prestaciones que brinda desde el punto de vista de la continuidad del suministro de energía y la calidad de la misma.

El segundo requisito relacionado con las mejoras de la calidad del suministro eléctrico se garantiza mediante la utilización de las UPS. La Figura 3 muestra los diez tipos de perturbaciones más comunes que pueden reducirse.

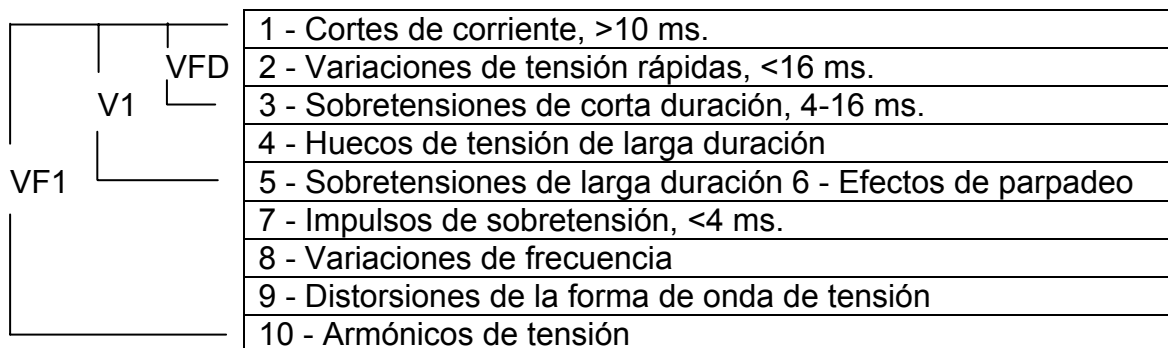


Figura 3 - Clasificación de las UPS, de acuerdo con sus efectos en la corrección de las perturbaciones

Las unidades UPS clase VFD limitan las tres primeras perturbaciones de la energía y solo producen un corto lapso del tiempo de transferencia durante la conmutación. Por ello, están limitadas al uso con cargas que pueden tolerar cortes de energía breves.

Las cargas que exijan un mayor nivel de estabilidad de tensión requerirán dispositivos que al menos corrigen cinco perturbaciones. Se trata de dispositivos UPS clase VI.

Las cargas que requieren la máxima calidad de la energía y fiabilidad de la alimentación exigen dispositivos UPS de clase VFI, que eliminan o limitan los diez tipos de perturbación que se han citado. Se trata normalmente de dispositivos en línea, con la doble conversión.

Considerando lo anterior, optamos por la selección de una UPS clase VFI, con estructura interna de doble conversión, y es por ello que se instala la UPS Galaxy 5000 de Schneider Electric, de 75 kVA la cual brinda una autonomía de 40 minutos a un costo de adquisición de 78 000.00 USD, que garantiza un suministro de muy alta calidad, alcanza un rendimiento del 94 % en línea, libera todas las perturbaciones de la red mediante la topología de doble conversión obteniéndose un óptimo funcionamiento de las cargas y larga duración de los equipos protegidos, eleva el factor de potencia, regula la tensión menor al 1% y La Distorsión Total de Armónicos de tensión (THDv) menor al 2%.

Hasta la actualidad el equipamiento no ha sufrido ningún desperfecto, trabajado de forma óptima con las mejoras implementadas en su esquema de suministro eléctrico, es importante destacar que el esquema actual es fiable y seguro, responde a las altas exigencias de suministro que demanda este equipamiento aun sin disponer de otras fuentes de respaldo, posibilidad alcanzable al ser factible la inclusión al sistema de emergencia del Hospital proporcionando mayor continuidad aumentado el tiempo de funcionamiento cuando la fuente normal falle y se interrumpa la alimentación por un largo período de tiempo por eventualidades y graves averías.

Para incluir la RMN al sistema de emergencia es preciso estudiar la calidad de energía en el nuevo punto de conexión valorando su factibilidad técnico económico.

Con lo expuesto anteriormente, queda claro que se está en presencia de problemas por mala calidad de energía eléctrica. Los elementos dados muestran las principales

causas que perturbaron la tensión suministrada por la red de suministro como las bajadas y las interrupciones de tensión.

El traslado del centro de carga permitió la reducción de la caída de tensión en el circuito, solución a un problema interno de la instalación, resultado insuficiente al existir problemas externos que inciden en el correcto funcionamiento como es el caso de las interrupciones debido a fallos en las líneas de MT provocadas por inestabilidad de la fuente de suministro de energía. La solución a la problemática se centra en realizar acciones de mejoras en estos circuitos de MT por parte del suministrador que reduzcan las continuas interrupciones y la inserción por parte de la institución de una Unidad de Respaldo que garantice la continuidad del suministro a aquellos equipos sensibles a las perturbaciones descritas.

Resumen de las medidas de mejoras tomadas.

Teniendo en cuenta lo antes analizado y conociendo que la protección del equipamiento médico sensible a instalar en esquemas de suministro eléctrico en explotación, generalmente requieren de medidas de mejoras que garanticen el correcto funcionamiento de los mismos previendo posibles fallas futuras. Las siguientes medidas resumen las adoptadas al inicio de esta investigación y con el posterior monitoreo de verificación o validación, corroborarán la efectividad de ellas.

- Creación de un centro de carga independiente para suministrar energía a la parte técnica de la RMN, manteniendo el resto de las cargas (clima e iluminación) desde el centro de carga existente No. 2. Se mantuvo el suministro general a través del transformador No. 1
- Puesta en funcionamiento del transformador No. 2 y cambio del suministro a la RMN hacia el mismo.
- Introducción del Sistema de Alimentación Ininterrumpida de doble conversión para suministrar energía a la RMN.

2.2 Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.

Cuando se insertan en los esquemas de suministros eléctricos en explotación equipos eléctricos sensibles a las perturbaciones de tensión, hay que tener en cuenta las principales características eléctricas donde se instalará, de forma tal que el equipo quede protegido y funcione correctamente adaptándose al entorno. El uso de las buenas prácticas de instalación propicia una mayor vida útil, y un reducido costo de mantenimiento y reparación.

El siguiente Procedimiento específico, basado en el diagnóstico de la red evaluándose la calidad de la energía eléctrica donde se insertará el nuevo equipamiento, servirá como herramienta previa para el posterior montaje y puesta en marcha. En los centros hospitalarios se instalan novedosos equipos de diagnóstico en la medida que evolucionan los avances científico – técnicos, por lo que se debe prestar especial atención a este procedimiento teniendo en cuenta las indicaciones de La Norma Cubana para instalaciones eléctricas en locales médicos NC-IEC 60364-7-710:2005.

Procedimiento específico

Objetivo

El objetivo del procedimiento específico es dotar al personal especializado de montaje de equipos médicos, de la información necesaria referente a calidad de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas que permitan reducir el mal funcionamiento de los equipos de diagnóstico médicos ubicados en los locales Grupo 1 y 2 (según NC IEC 60364-7-710:2005) que se instalan sobre esquemas en funcionamiento.

Campo de Aplicación

En el procedimiento se describen los pasos a seguir para la evaluación de los parámetros de calidad de energía eléctrica que permiten reducir las fallas debido a la

mala calidad del suministro eléctrico, como medida previa a la instalación de los nuevos medios de diagnósticos médicos.

También facilita los elementos necesarios para la posterior búsqueda de soluciones apropiadas para la protección y óptimo funcionamiento del equipamiento a instalar asegurando el cumplimiento de la norma vigente.

Definiciones y Terminología

Diagrama unifilar: Representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en que el conjunto de conductores de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores.

Calidad de energía eléctrica: Término que se emplea para describir la variación de la tensión, corriente, y frecuencia en el sistema eléctrico, indica el nivel de adecuación de la instalación para soportar y garantizar un buen funcionamiento de sus cargas.

Punto de acoplamiento común (PCC): Punto ubicado entre la subestación Principal Reductora y la entrada de alimentación al Cuadro General de Distribución.

UPS: Unidades de alimentación ininterrumpida

PGD: Pizarra General de Distribución

Analizador de Calidad de Energía: Instrumento de medida que permite detectar y registrar todos los detalles de las perturbaciones eléctricas, realizar análisis de tendencias y verificar la calidad del suministro eléctrico conforme a la clase A durante intervalos definidos por el usuario, destinado a la localización y solución de problemas, las tareas de mantenimiento preventivo y el registro y análisis a largo plazo en aplicaciones industriales y redes de suministro.

Responsabilidades

Es responsabilidad del Director General de la institución, establecer, distribuir, actualizar y controlar el presente reglamento.

Es responsabilidad del Inversionista solicitar la realización de este procedimiento en cada caso que proceda y chequear la implementación de las soluciones que se deriven del mismo.

Es responsabilidad del Jefe de departamento de electromedicina nombrar el especialista eléctrico que realizará este procedimiento siempre que se instale un nuevo equipamiento médico sensible dentro de la institución hospitalaria.

Es responsabilidad del especialista eléctrico capacitado para realizar este procedimiento de la evaluación y propuesta de soluciones técnicas necesarias que garantizarán la calidad de energía suministrada al nuevo equipo a instalar.

Descripción

Cuando se insertan en los esquemas de suministros eléctricos en explotación equipos eléctricos sensibles a las perturbaciones de tensión, hay que tener en cuenta las principales características eléctricas donde se instalará, de forma tal que el equipo quede protegido y funcione correctamente adaptándose al entorno. El uso de las buenas prácticas de instalación propicia una mayor vida útil, y un reducido costo de mantenimiento y reparación.

Este procedimiento, basado en el diagnóstico de la red evaluándose la calidad de la energía eléctrica donde se insertará el nuevo equipamiento, servirá como herramienta previa para su posterior montaje y puesta en marcha. En los centros hospitalarios se instalan novedosos equipos de diagnóstico en la medida que evolucionan los avances científico – técnicos, por lo que se debe prestar especial atención a este procedimiento teniendo en cuenta las indicaciones de La Norma Cubana para instalaciones eléctricas en locales médicos NC-IEC 60364-7-710:2005. El procedimiento consta de 6 etapas donde se describen los pasos y actividades a seguir.

Etapa 1. Acciones iniciales

Una vez que se defina la ubicación del equipo electromédico se iniciará la:

- Localización y revisión de la documentación técnica del equipo a instalar.
- Consultas con los especialistas de explotación.
- Revisión de los esquemas unifilares existentes.

Luego del estudio de esta documentación en caso que sea necesario la revisión de otros documentos técnicos como planos, croquis, realizar la solicitud de los mismos,

en caso de no existir hacer las acciones necesarias para su obtención. Al finalizar esta etapa se debió obtener toda la documentación externa necesaria para el comienzo del diagnóstico de la red en estudio.

Etapa 2. Inspección

Se inicia el diagnóstico de la red en estudio en la cual se insertará el equipo electromédico, una vez definido los circuitos, ramas o zonas de chequeo se inspecciona en campo los elementos que componen los mismos obteniendo los datos de placa de los equipos principales en cuestión como Transformadores, tableros principales y UPS, sistema de Tierra y Equipos Electrónicos.

Además se verificará:

- La actualización de los diagramas unifilares.
- Inspección del cableado, sistema de conexión a tierra.
- Inspección de cuadros eléctrico, equipos instalados.
- Obtención de los datos técnicos de la red de suministro (transformadores, conductores, receptores).
- Investigar sobre síntomas de fallos eléctricos más frecuentes.

No se permitirá el uso del sistema de conexión a tierra TN-C, los equipos e instalaciones cumplirán con las regulaciones de compatibilidad electromagnética, tener en cuenta que serán instalados en locales médicos pertenecientes al grupo 1 y 2.

Los principales datos de interés en el levantamiento (transformadores, cables, maquinarias, motores y todo consumidor de energía eléctrica que se considere importante), determinación de los equipos y sistemas más importantes y los posibles generadores de afectaciones (convertidores, UPS, variadores de velocidad, hornos, máquinas de soldar, etc), obtención de las características de las fuentes de suministro eléctrico (sistema electroenergético, grupo electrógeno, grandes UPS, bancos de condensadores y otras), principales datos de carga (potencia nominal y demandada, voltaje, corriente y factor de potencia) en la barra principal (PGD) y barras secundarias de acuerdo a los datos de técnica instalada. Determinación de los tipos de esquema de conexión a tierra ejecutado en la instalación en general y en las

áreas de mayor interés, verificar la existencia y estado (inspección visual) del sistema de tierra.

Con la terminación de la etapa se detectaron los problemas referentes a las buenas prácticas de instalación eléctrica en locales médicos que inciden tanto directamente como indirectamente en la calidad de la energía eléctrica.

Etapa 3. Monitoreo

El monitoreo de la red constituye uno de los pasos más importantes para definir los principales problemas que pudiera existir y corroborar deficiencias detectadas en la etapa anterior. Se comenzará con la:

- Selección de los instrumentos de medición apropiados.
- Definir los puntos de monitoreo.
- Configuración e instalación del analizador de calidad de energía para el registro y recopilación de los parámetros eléctricos a estudiar.

Los instrumentos seleccionados contarán con los requerimientos específicos para su uso y explotación según lo regulado en las normativas CEI 61010-1 y CEI 61000-4-30. Entre ellos aparecen multímetro de gancho, analizador de calidad de energía, cámara termográfica por infrarrojos. Se iniciará las mediciones en el punto de acoplamiento común de la fuente donde se instalará el equipamiento. Con el instrumento se chequearán las características de los vectores de Voltaje y Corriente (magnitud, ángulo de defasaje y secuencia de fase). Se observará la forma de onda de Voltaje y Corriente.

Se realizan mediciones de los principales parámetros de la red (Voltaje, Corriente, Potencia Activa, Potencia Reactiva, Factor de Potencia y Armónicos).

Se recomienda la utilización del analizador de calidad de energía Fluke 435. Ofrece una completa serie de potentes funciones para la comprobación de sistemas de distribución eléctrica. Algunas de estas funciones le permiten obtener una visión general del funcionamiento del sistema eléctrico, mientras que otras le sirven para examinar detalles específicos.

Se comenzará la supervisión con registros durante 7 días en la opción MONITOR. Permite obtener una visión general de la calidad del sistema eléctrico. Al pulsar esta tecla se abre una pantalla con un gráfico de barras que muestran aspectos de la

calidad de las tensiones de fase. Los gráficos cambian de verde a rojo si los aspectos relacionados no se ajustan a los límites.

Una de estas categorías contempla los límites recogidos en la normativa EN50160. Las teclas de función de la F1 a la F5 abren distintos submenús con información detallada de cada uno de los factores de la calidad eléctrica.

Esta pantalla permite comprobar si los parámetros básicos de calidad eléctrica se ajustan a los requisitos. Dichos parámetros incluyen:

- Tensiones RMS
- Armónicos
- Parpadeo (Flicker)
- Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas
- Desequilibrio/Frecuencia/Transmisión de señales

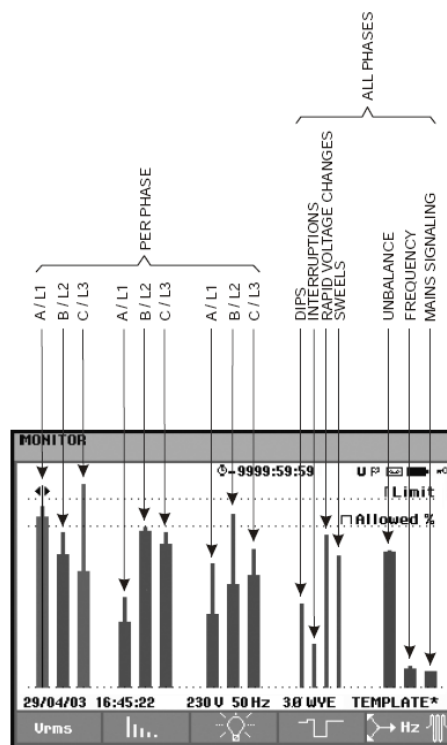


Figura 1: Pantalla principal del supervisor de calidad eléctrica.

La supervisión de la calidad eléctrica se realiza normalmente durante un periodo largo de observación. Se accede a esta función por medio de la tecla MONITOR (Supervisión) y un menú de inicio que permite definir el inicio inmediato o

programado de la medida. La duración mínima de la medida es de 2 horas, aunque uno de los períodos más frecuentes es de 1 semana.

Los parámetros de calidad eléctrica Tensiones RMS, Armónicos y Flicker cuentan con una barra para cada fase. De izquierda a derecha, estas tres barras están relacionadas con las fases A (L1), B (L2) y C (L3).

Los parámetros Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas y Desequilibrio/Frecuencia sólo tienen una barra para cada parámetro, que representa el rendimiento a lo largo de tres fases.

La pantalla principal incluye una única barra para transmisión de señales que representa el rendimiento del conjunto de las tres fases y para la frecuencia 1 y 2. El submenú al que se accede con la tecla de función F5 incluye barras independientes para cada fase y para la frecuencia 1 y 2.

La mayoría de los gráficos de barras tienen una base más gruesa que indica los límites ajustables de tiempo relacionados (por ejemplo, el 95% del tiempo dentro del límite) y una parte superior, más estrecha, que indica el límite fijo del 100%. Si uno de los límites se supera, la barra correspondiente cambia de color verde a rojo. Las líneas horizontales de puntos que aparecen en la pantalla indican el límite del 100% y el límite ajustable.

El significado de los gráficos de barras con una base más gruesa y una parte superior más estrecha se explica a continuación. Tomemos como ejemplo la tensión RMS: en este caso, dicha tensión tiene un valor nominal de 120 V con una tolerancia de + y - 15% (rango de tolerancia entre 102 y 138 V). El analizador supervisa constantemente la tensión RMS momentánea, calculando la media de estos valores medidos a lo largo de periodos de observación de 10 minutos. Las medias de estos periodos de 10 minutos se comparan con el rango de tolerancia (en este ejemplo, 102-138 V).

El límite del 100% indica que medias de los períodos de 10 minutos deben encontrarse siempre dentro del rango (es decir, el 100% del tiempo o con una probabilidad del 100%). El gráfico de barras se volverá de color rojo si la media de un período de 10 minutos supera el rango de tolerancia.

Si el límite ajustable es del 95%, por ejemplo, (es decir, una probabilidad del 95%) significa que el 95% de las medias de los períodos de 10 minutos se deben encontrar dentro de la tolerancia. El límite del 95% es menos estricto que el del 100%, por lo que el rango de tolerancia relacionado normalmente es más reducido: por ejemplo, para 120 V sería + o – 10% (un rango de tolerancia entre 108 y 132 V).

Las barras de Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas son estrechas e indican el número de infracciones de los límites que se han producido durante el período de observación. El número de infracciones permitidas es ajustable (por ejemplo, 20 bajadas por semana). La barra pasa a ser de color rojo si se supera el límite ajustado.

Puede utilizar una categoría predefinida de límites o definir una personalizada. Se puede considerar como ejemplo de una categoría predefinida aquella que se ajusta al estándar EN50160. Se pueden seleccionar hasta 6 categorías como máximo: 2 categorías instaladas de fábrica, 2 categorías que sólo puede definir el administrador mediante el software de FlukeView SW43W y 2 categorías que se pueden cambiar en el analizador.

Características específicas de la medida:

- Eventos de V rms: se graba un evento cada vez que un valor RMS agregado de 10 minutos supere sus límites.
- Eventos de Armónicos: se graba un evento cada vez que un THD o armónico agregado de 10 minutos supere sus límites.
- Eventos de Flicker: se graba un evento cada vez que una Plt (severidad a largo plazo) supere sus límites.
- Eventos de Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas: se graba un evento cada vez que uno de los elementos supere sus límites.
- Eventos de Desequilibrio y Frecuencia: se graba un evento cada vez que un valor RMS agregado de 10 minutos supere sus límites.

Luego de terminada las mediciones se analizarán en detalle aquellos parámetros que se encuentran fuera del rango establecido.

Para examinar en detalle se monitoreará la:

Tensiones de fase. Deben ser similares al valor nominal. Las formas de onda de tensión deben ser del tipo sinusoidal, es decir, suavizadas y sin distorsiones. Compruébelo con la función de osciloscopio. Utilice el modo Fluctuaciones para registrar cambios repentinos de tensión. Capture anomalías de la tensión con el modo Transitorios.

Corrientes de fase. La opción Volt./Amp./Hz. y Fluctuaciones permite comprobar las relaciones de corriente/tensión. Utilice Corriente de arranque para registrar aumentos repentinos de la corriente como la corriente de arranque de motores.

Factor de cresta. Un factor de cresta de 1,8 o superior supone una distorsión notable en la forma de onda. Compruebe la distorsión en la pantalla de osciloscopio. Utilice el modo Armónicos para identificar armónicos y la distorsión armónica total (THD).

Armónicos. El modo Armónicos permite comprobar armónicos de tensión y corriente, y la THD por fases. Utilice la tendencia para el registro de armónicos a lo largo del tiempo. La pantalla Armónicos mide y graba los armónicos e interarmónicos hasta el número 50. También mide los datos relacionados, como los componentes corriente continua, la THD (distorsión armónica total) y el factor K. Las lecturas pueden mostrarse como porcentaje del fundamental o como porcentaje de todos los armónicos combinados (valor rms). Los resultados se pueden visualizar en una pantalla de gráfico de barras, una pantalla de multímetro o una pantalla de tendencias.

Los armónicos de secuencia positiva intentan que el motor funcione más rápido que el fundamental; los armónicos de secuencia negativa intentan que funcione más lentamente que el fundamental. En ambos casos, el motor pierde par y se recalienta. Los armónicos también pueden hacer que los transformadores se sobrecalienten. Si las formas de onda son simétricas (es decir, igual de positivas que de negativas), incluso los armónicos desaparecen.

Los armónicos de secuencia cero se suman en los conductores neutros, lo cual puede provocar el sobrecalentamiento de dichos conductores.

Distorsión. Cabe esperar distorsión de corriente en un sistema con cargas no lineales, como suministros de energía corriente continua. Cuando la distorsión de

corriente comienza a producir una distorsión de tensión (THD) de más del 5%, es señal de un problema potencial.

Flicker (Parpadeo). El modo Parpadeo le permite comprobar los parpadeos de tensión a corto y largo plazo, así como otros datos relacionados por fases. Utilice la tendencia para el registro de estos valores a lo largo del tiempo. La pantalla Parpadeo cuantifica la fluctuación de luminancia de las lámparas provocada por las variaciones de la tensión de alimentación. El algoritmo de la medida cumple la norma IEC61000-4-15 y se basa en un modelo perceptivo del sistema sensorial del cerebro y el ojo humano. El analizador convierte la duración y magnitud de las variaciones de tensión en el factor de irritación provocado por el flicker resultante de una lámpara de 60 W. Una lectura alta del flicker indica que a la mayoría de las personas les molestarían los cambios de luminancia. La variación de tensión puede ser relativamente pequeña. La medida está optimizada para lámparas con alimentación de 120 V / 60 Hz o 230 V / 60 Hz. En una pantalla Multímetro se muestran los parámetros que caracterizan el flicker (parpadeo) por fase. La pantalla Tendencia muestra los cambios de todos los valores de medida en la pantalla Multímetro.

El flicker se caracteriza por: severidad a corto plazo Pst (medida en 1 minuto para ofrecer rápidamente la información, o bien medida durante 10 minutos) y severidad a largo plazo Plt (medida durante 2 horas). En la pantalla de Multímetro aparecen todos estos datos, así como los parámetros D relacionados CC, Dmax y TD (conforme a la norma IEC61000-3-3).

Utilice la tendencia del flicker y la tensión de medio ciclo o las tendencias de corriente para localizar la fuente del flicker. El Pst de 10 minutos emplea un periodo de medida más largo para eliminar la influencia de las variaciones de tensión aleatorias. También es lo suficientemente largo como para detectar interferencias de una sola fuente con un ciclo de trabajo largo, como aparatos eléctricos domésticos y bombas.

Un periodo de medida de 2 horas (Plt) resulta útil cuando puede haber más de una fuente de interferencias con ciclos de trabajo irregulares y también para equipos como soldadoras y laminadoras.

Fluctuaciones. El modo Fluctuaciones permite registrar cambios repentinos de tensión como de corto y medio ciclo. Registra subidas (DIPS), interrupciones

(INTERRUPTIONS), cambios rápidos de tensión (RAPID VOLTAGE CHANGES) y bajadas (SWELLS).

Las bajadas (fluctuaciones) y subidas son desviaciones rápidas de la tensión normal. Pueden alcanzar una magnitud de diez a cientos de voltios. La duración puede variar de medio ciclo a unos segundos, conforme se define en EN61000-4-30. El analizador le permite seleccionar la tensión nominal o gradual de referencia (REFERENCE VOLTAGE). Una tensión de referencia gradual utiliza los valores medidos y filtrados con una constante de tiempo de un minuto.

Durante una bajada, la tensión desciende y en una subida aumenta. En sistemas trifásicos, una bajada comienza cuando la tensión de una o más fases cae por debajo del umbral de bajada (THRESHOLD) y termina cuando todas las fases son iguales o superiores al umbral de bajada más la histéresis. Las condiciones de disparo para las subidas y bajadas son el umbral y la histéresis (HYSTERESIS). Las subidas y bajadas se caracterizan por la duración (duration), magnitud y hora (time) en las que se producen. Las figuras 2 y 3 sirven de ejemplo.

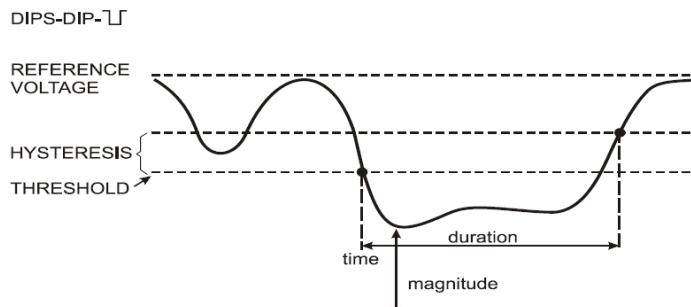


Figura 2: Características de una bajada de tensión.

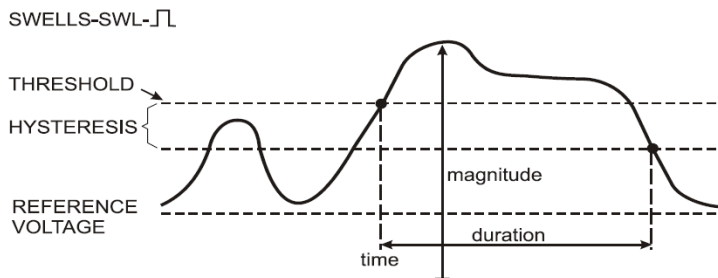


Figura 3: Características de una subida de tensión.

Durante una interrupción, la tensión desciende notablemente por debajo del valor nominal. En los sistemas trifásicos, una interrupción comienza cuando la tensión de todas las fases está por debajo del umbral y termina cuando una fase iguala o supera al umbral de interrupción más la histéresis. Las condiciones de disparo para las interrupciones son el umbral y la histéresis. Las interrupciones se caracterizan por la duración, magnitud y hora en las que se producen. La figura 4 sirve de ejemplo.

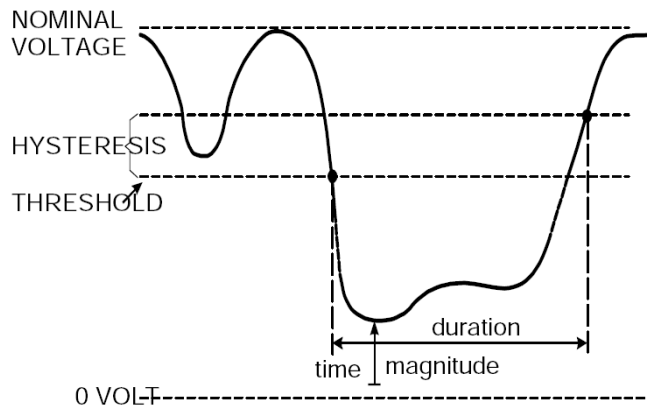


Figura 4: Características de una interrupción de tensión.

Los cambios rápidos de tensión son transiciones rápidas de la tensión RMS producidas entre dos estados estables. Estos cambios se capturan de acuerdo con la tolerancia de tensión estable, el tiempo de estabilidad, el incremento mínimo detectado y la frecuencia mínima (%/s). Cuando un cambio de tensión cruza los umbrales de fluctuación, se considera como tal y no como cambio rápido de tensión. Al configurar los límites, además de la detección basada en incrementos de tensión (V_{step}), se puede seleccionar la detección basada en cambios de tensión máxima ($V_{m\acute{a}x}$). Tenga en cuenta que para FoL noruego se requiere la detección en $V_{m\acute{a}x}$. La lista de eventos muestra el incremento de tensión y el tiempo de transición. La lista de eventos detallada muestra la $V_{m\acute{a}x}$ relativa a la tensión nominal. Ver figura 5.

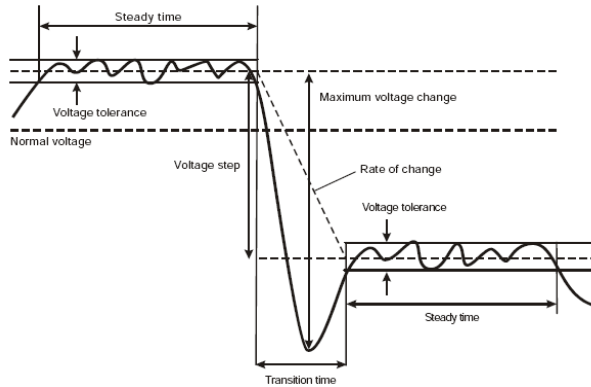


Figura 5: Característica de un cambio de tensión.

La presencia de bajadas (fluctuaciones) y subidas podría ser indicativo de un sistema de distribución eléctrico pobre, en el que la tensión cambia notablemente cuando un motor potente o una soldadora se apaga o enciende. Esto podría ocasionar que las luces parpadeen o incluso iluminen escasamente. Asimismo, en los sistemas informáticos y controladores de procesos, se podrían producir operaciones de reinicio y pérdida de datos.

Al supervisar la tendencia de la corriente y la tensión en la entrada de servicio de la potencia, podrá averiguar si la causa de una bajada de tensión está dentro o fuera del edificio de las instalaciones. La causa está en el interior del edificio (descendente) si la tensión cae mientras la corriente aumenta; está fuera (ascendente) si tanto la tensión como la corriente caen.

Frecuencia. La frecuencia debe ser similar al valor nominal. Por lo general, se trata de un factor bastante estable. La variación de la frecuencia durante un período determinado se registra en la pantalla de tendencias.

Desequilibrio. La tensión de cada fase no debe diferir más de un 1% de la media obtenida a partir de las tres, y el desequilibrio de corriente no debe ser superior al 10%. La pantalla Desequilibrio muestra las relaciones de fase entre tensiones y corrientes. Los resultados de las medidas se basan en el componente de la frecuencia fundamental (60 Hz con el método de componentes simétricos). En un sistema eléctrico trifásico, el cambio de fase entre tensiones y corrientes debería estar próximo a 120°. El modo Desequilibrio ofrece una pantalla de multímetro, una pantalla de tendencias relacionada y una pantalla de diagrama fasorial.

Las tensiones y corrientes de la pantalla Multímetro se pueden, por ejemplo, utilizar para comprobar si la energía que se aplica a un motor de inducción trifásico está equilibrada.

El desequilibrio de tensión produce corrientes muy desequilibradas en el cableado del estator, que provocan un sobrecalentamiento y una reducción de la vida útil del motor. El componente de tensión negativa V_{neg} no debe sobrepasar el 2 %. El desequilibrio de corriente no debe ser superior al 10%. En caso de que el desequilibrio sea demasiado alto, utilice otros modos de medida para seguir analizando el sistema eléctrico.

Cada tensión o corriente de fase se puede dividir en tres componentes: secuencia positiva, secuencia negativa y secuencia cero.

La secuencia positiva es el componente normal tal como se presenta en sistemas trifásicos en equilibrio. El componente de secuencia negativa es consecuencia de tensiones y corrientes desequilibradas fase a fase. Este componente causa, por ejemplo, un efecto de frenado en los motores trifásicos, con el consiguiente sobrecalentamiento y reducción de la vida útil.

Los componentes de secuencia cero pueden aparecer en una carga desequilibrada de sistemas eléctricos de cuatro conductores y representan la corriente en el conductor N (neutro). Un desequilibrio por encima del 2% se considera demasiado elevado.

Transmisión de señales. Se puede utilizar para analizar el nivel de señales de control remotas que con frecuencia se encuentran en los sistemas de alimentación eléctrica.

Registador. Permite almacenar varias lecturas de alta resolución en la memoria.

Etapas 4 Evaluación de los resultados

Se evaluará los resultados obtenidos procesando todos los registros en tablas y gráficos para una mejor comprensión. Se describirá de forma clara cada resultado según los límites fijados, así como el criterio técnico en caso de desviaciones encontradas. Se confeccionará un informe donde se resume los resultados de esta etapa y las anteriores del procedimiento y se presentará las soluciones de mejoras de la calidad de la energía eléctrica que garantizarán previo análisis técnico

económico el correcto funcionamiento del equipamiento electromédico a instalar. Las acciones que integran la etapa aparecen:

- Validación de los registros obtenidos.
- Análisis de los parámetros estudiados.
- Evaluación de los resultados.
- Elaboración informe.

Etapa 5. Medidas correctivas

Se llevará a cabo la ejecución de las medidas recomendadas en el informe emitido de forma tal que se realicen las actividades siguientes:

- Normalización de la instalación eléctrica según regulación local.
- Implementación de las soluciones para el mejoramiento de la calidad de energía.
- Verificación de las acciones correctivas.

Para la realización de la verificación de las acciones correctivas, se utilizará nuevamente el analizador de calidad de energía y se realizarán registros durante una semana en la opción MONITOR del equipo donde se analice nuevamente los parámetros de calidad de energía y se dicte un nuevo informe de resultados de validación.

Etapa 6. Certificación

Es emitido un certificado de conformidad donde se plasme los resultados de los parámetros de calidad de energía en el punto de estudio. (Circuito donde se instalará el equipo electromédico) contando esta etapa con una única actividad:

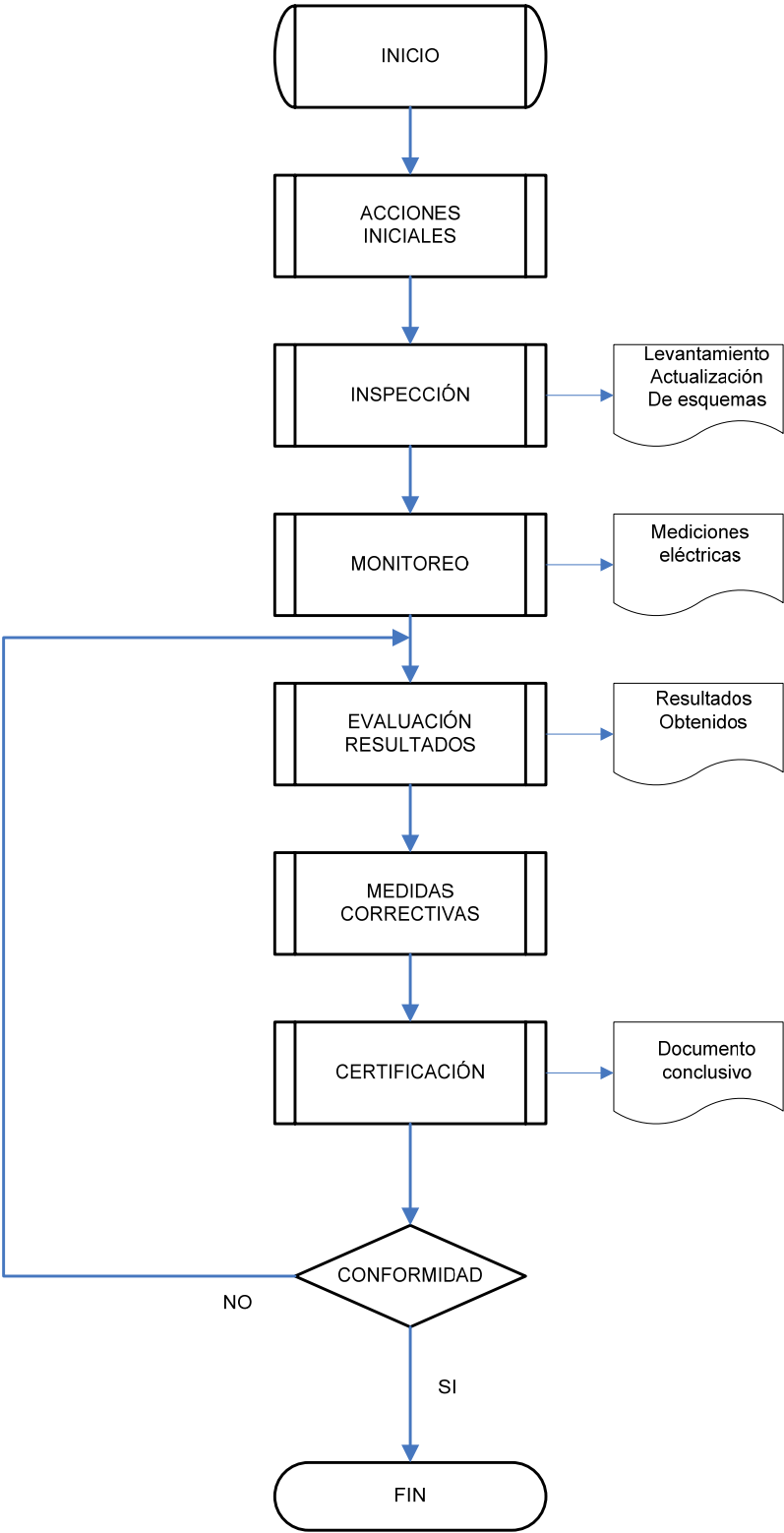
- Conformidad de instalación.

Documentos de referencia

Entre los documentos recomendados para consulta se relacionan los siguientes:

- Guía de calidad de energía, publicada por Leonardo Power Quality Initiative.
- NC-IEC 60364-7-710:2005.
- IEC 61000-4-30
- IEC 61010-1

Flujograma



2.3 Monitoreo de los parámetros de tensión y la evaluación de la calidad de energía eléctrica suministrada.

Lo analizado en el anterior epígrafe sugiere una evaluación más profunda de la calidad de la energía suministrada al centro hospitalario con el fin de determinar si los problemas que averiaron la RMN se mantienen y pueden dañar otros equipos médicos con tecnología sensible. Esta valoración propiciará tomar una serie de medidas que contribuirán a optimizar el funcionamiento de los equipos eléctricos, reduciendo pérdidas por reparación y mantenimiento, logrando un mejor uso racional de la energía eléctrica, acción adicional en apoyo al programa de control y mejoramiento de eficiencia energética de la entidad.

Primeramente se planearán los puntos de monitoreo. Se seleccionan los puntos de acoplamiento común (PCC) en los servicios 1 y 2. Al comienzo del estudio se realizaron las siguientes acciones:

- Localización de los diagramas monolineales eléctricos de ambos sistemas de suministros eléctricos internos.
- Verificación del nivel de actualización de los mismos.
- Revisión de los datos de chapa de los equipos conectados.
- Instalación del Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Fluke 435 en los puntos previamente seleccionados.
- Análisis de los resultados.
- Propuesta de solución.

Entre los meses de Febrero y Abril de 2010 se realizaron las acciones anteriores, permitiendo analizar las perturbaciones en la onda sinusoidal como desviaciones en la frecuencia, amplitud, forma de onda y simetría en el suministro eléctrico que alimentan los consumidores conectados, de forma tal que se permita evaluar los parámetros de calidad de energía en los puntos de entrega y dirigir acciones para hacer un mejor uso de la energía eléctrica con mayor fiabilidad y seguridad en la explotación del equipamiento sensible instalado.

Se inspeccionó las redes eléctricas estudiadas así como el estado de las protecciones, conductores y receptores instalados, se realizaron mediciones

eléctricas con registros periódicos con analizadores de redes portátiles instalados en varios puntos de entrega de energía para el análisis posterior de los resultados.

Se utilizaron como herramientas de trabajo: Analizador de Calidad de Energía Fluke 435, Cámara digital, Cámara termográfica Flexcam, comprobador de circuitos y multímetro de gancho. Se consultaron normativas nacionales e internacionales referente a las instalaciones eléctricas especiales, planos y diagramas unifilares.

La Subestación Principal Reductora, SPR, está formada por dos transformadores trifásicos de 1000 kVA a un nivel de voltaje de 13,2 kV por el primario en conexión delta y 480-277 V por el secundario con conexión estrella aterrada, voltaje de cortocircuito de 6,15%, corriente nominal 1203 A por cada unidad, construidos por la URSS en 1986.

Por el servicio 1 se alimentan todas las cargas normales y de emergencia de la instalación con la excepción del Equipo de Resonancia Magnética y el Tomógrafo multicorte que el suministro proviene del Servicio 2.

En la Figura 3: Diagrama unifilar de las fuentes de energía en la SPR exclusiva del Hospital Clínico Quirúrgico, se muestra el diagrama unifilar donde se indica el punto de medición escogido en la SPR para la obtención de registros de calidad de energía en la salida de la fuente donde se encuentran conectadas todas las cargas que se derivan del Cuadro General de Distribución.

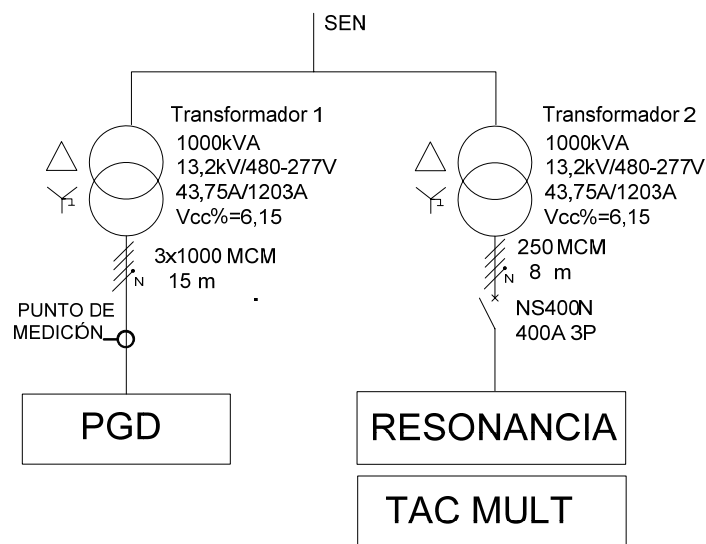


Figura 3: Diagrama unifilar de las fuentes de energía en la SPR exclusiva del Hospital Clínico Quirúrgico de Holguín.

Desde el Transformador 2 en la SPR tres conductores de 250 MCM alimentan un desconectivo de 400 A adosado a la pared localizado en el Centro de Carga No.5 en el bloque tecnológico, este distribuye la energía eléctrica al tomógrafo multicorte y Resonancia magnética por medio de desconectivos adosado en pared y en un cuadro de distribución existente en el propio centro de carga. El recorrido de los alimentadores se realiza por 180 m de canales existentes hasta la ubicación de la UPS Galaxy 5000 de MGE de 75 kVA y una autonomía de 40 minutos. La UPS alimenta un transformador de desacople o aislamiento que suministra la energía a los cuadros terminales del equipo que demandan una potencia activa media de 32 kW a un factor de potencia de 0,96. Ver Figura 4: Diagrama unifilar del suministro eléctrico donde se alimenta el Centro de Carga de Resonancia Magnética.

La continuidad del suministro eléctrico de este centro de carga es hoy un problema, restringida a la autonomía de la UPS, debido a que no existen fuentes auxiliares de respaldo y la deficiente instalación y ubicación de desconectivos de cabecera, disposición de conductores y uso de accesorios de crimpado no recomendados.

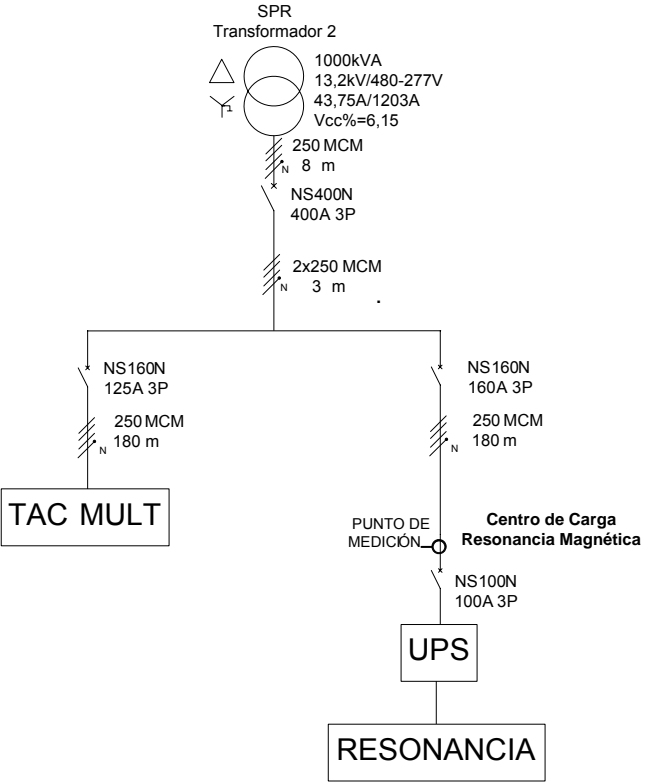


Figura 4: Diagrama unifilar del suministro eléctrico donde se alimenta el Centro de Carga de Resonancia Magnética.

Los resultados que se mostrarán a continuación reflejan la calidad de energía suministrada por el Sistema Electroenergético Nacional y la influencia sobre los centros de cargas estudiados. En el período de medición la carga conectada en el Transformador 1 demandaba una potencia máxima de 400 kW y 188 kVAr para un 44% de la carga instalada.

Se realizaron mediciones en el secundario del transformador 1 de la SPR, entre los días 4 y 11 de marzo de 2010 conforme según la norma europea EN50160 utilizando el Analizador de Calidad de Energía Fluke 435 y software asociados.

La Tabla 2: Resumen de los resultados de Calidad de Energía en secundario Transformador 1 en SPR, muestra los resultados obtenidos de los diferentes parámetros analizados y seguidamente una explicación más detallada.

Idealmente, el voltaje del suministro es una onda seno perfecta con un valor eficaz y una frecuencia firme de 60Hz; no debe haber ninguna fluctuación del voltaje, ni caídas repentinas de voltaje o interrupciones, ningún pico transitorio, sin importar el tipo de carga que sea conectada al sistema.

En la práctica, sin embargo, el suministro de voltaje no estará ni cercano a este guión ideal. El Voltaje está sujeto a fluctuaciones que dependen de la impedancia del sistema y la cantidad de carga conectada. Frecuentes operaciones de conectar y desconectar cargas poderosas causaría incremento del índice flicker, que molesta a los demás usuarios. Conectar cargas grandes a menudo también causa caídas de voltaje que arriesgan la operación fiable de otros sistemas, por ejemplo, computadoras.

Un número creciente de cargas no lineales generan corrientes armónicas, que se transfieren vía la impedancia del sistema de distribución al voltaje. Los armónicos causan efectos colaterales no deseables como corrientes en el conductor Neutro, cargas adicionales para transformadores, o perturbaciones para otras cargas sensibles. El término genérico "Influencias en redes eléctricas" representa la perturbación de la calidad del suministro, causado por cargas. Se definen los valores límites con respecto a influencias de la red en las normas pertinentes. Sin embargo, también se perturba la calidad del suministro por un generador defectuoso.

Operaciones de conexión efectuadas, por ejemplo dentro del sistema de media y alta tensión, a menudo causan eventos transitorios o interrupciones breves.

Medir y registrar la calidad del suministro significa, por un lado, proporcionar una declaración cuantitativa con respecto a los parámetros individuales, comparados con los valores límites permitidos y, por otro, describir las causas de una perturbación, y, si es posible, localizarlas.

Tabla 2 Resumen de los resultados de Calidad de Energía en PCC Transformador 1.

Parámetros	Norma EN50160	Resultados
TENSIONES RMS	Un $\pm 10\%$ 95 % Un +10% -15% 100%	Se encuentra dentro de los parámetros.
ARMÓNICOS	THDv < 8%	THDv = 2,0%
PARPADEO (FLICKER)	Plt ≤ 1	Plt = 0,76
BAJADAS DE TENSIÓN	20 eventos por semana	24 eventos
INTERRUPCIONES	2 eventos por semana	1 eventos
CAMBIOS RÁPIDOS DE TENSIÓN	70 eventos por semana	0 eventos
SUBIDAS DE TENSIÓN	Menos de 20 eventos por semana	0 eventos
DESEQUILIBRIO	Hasta de 2% componente inversa en relación a la componente directa.	0,4%
FRECUENCIA	60 Hz $\pm 1\%$ 95 % 60 Hz + 4% - 6% 100%	Se encuentra dentro de los parámetros.

Fluctuaciones de tensión

El nivel de tensión se encuentra dentro del rango permisible, registrándose mínimos y máximos en la fase A de 251V, 275 V; fase B de 252V, 275V; fase C de 252V, 274V.

Armónicos

En este Sistema la distorsión total de armónicos en la onda de tensión THD es de 2%.

Parpadeo (Flicker)

En el caso de este índice se encuentra en el rango, registrándose valores de 0,76 en la Fase A, 0,70 en la Fase B y Fase C.

Bajadas, Interrupciones, Cambios rápidos de tensión, Subidas

En el período de medición se detectaron 24 bajadas de tensión, 4 eventos más de lo que la norma recomienda.

La frecuencia de interrupciones recomendadas en una semana no debe superar los 2 eventos, en el caso particular se registró 1 interrupción, el 8 de marzo a las 8:31 am con una duración de 9,33 minutos.

Desequilibrio, Frecuencia

Se registraron valores de 60,4 Hz para el 95 % y para el 100%, máximo de 60,7 Hz y mínimo de 58,6 Hz, manteniéndose en el rango aceptable de variación.

Entre los días 15 de Marzo y 22 de Marzo de 2010, se tomaron las mediciones de calidad de energía en el PCC del Transformador 2, es decir en el alimentador que le suministra expresamente la energía eléctrica a la RMN instalada, ver Figura 4: Diagrama unifilar del suministro eléctrico donde se alimenta el Centro de Carga de Resonancia Magnética, el resto de los consumidores como clima, iluminación no se tuvieron en cuenta al encontrarse conectados desde el Centro de Carga 2. En la Tabla 3 se resume los resultados favorables obtenidos.

Fluctuaciones de tensión

Los niveles de voltajes se encuentran dentro del rango permisible encontrándose valores para el 95% de probabilidad de 267,30V en la fase 1, 268,06V la fase 2 y 267,05V en la fase 3. Para el 100% del comportamiento se encontraron máximos y mínimos de $V1=283,44V$ y $V1=261,95V$; $V2=283,31V$ y $V2=262,91V$; $V3=282,57V$ y $V3=261,63V$.

Armónicos

En este Sistema la distorsión total de armónicos en la onda de tensión THD es menor del 8% registrándose valores de 2,0 % en la fase1, 1,9% en la fase 2, y 1,9% en la fase 3.

Tabla 3 Resumen de los resultados de Calidad de Energía aguas arriba a la UPS en el Centro de Carga de Resonancia Magnética.

Parámetros	Norma EN50160	Resultados
TENSIONES RMS	Un $\pm 10\%$ 95 % Un +10% -15% 100%	Se encuentra dentro de los parámetros.
ARMÓNICOS	THDv < 8%	THDv = 2,0%
PARPADEO (FLICKER)	Plt ≤ 1	Plt = 0,59
BAJADAS DE TENSIÓN	20 eventos por semana	4 eventos
INTERRUPCIONES	2 eventos por semana	0 eventos
CAMBIOS RÁPIDOS DE TENSIÓN	70 eventos por semana	0 eventos
SUBIDAS DE TENSIÓN	Menos de 20 eventos por semana	0 eventos
DESEQUILIBRIO	Hasta de 2% componente inversa en relación a la componente directa.	0,4%
FRECUENCIA	60 Hz $\pm 1\%$ 95 % 60 Hz + 4% - 6% 100%	Se encuentra dentro de los parámetros.

Parpadeo (Flicker)

Se mantiene en el rango, registrándose valores de 0,58 en la Fase 1; 0,54 en la Fase 2 y 0,59 en la Fase 3.

Bajadas, Interrupciones, Cambios rápidos de tensión, Subidas

En el período de medición se detectaron 4 bajadas de tensión.

No se registraron interrupciones, cambios rápidos de tensión y subidas de tensión.

Desequilibrio, Frecuencia

Se detectó desbalance de 0,4 %, estando en el rango permisible.

Se registraron valores de 59,4 Hz para el 95 % y para el 100%, máximo de 60,7Hz y mínimos de 58,6 Hz, manteniéndose en el rango aceptable de variación.

Los resultados obtenidos muestra que el suministro eléctrico al centro hospitalario cumple con los parámetros de calidad de energía eléctrica según las regulaciones de la norma utilizada, es preciso el monitoreo del comportamiento de las bajadas de tensión en el Servicio 1 a un futuro incremento de las mismas teniendo en cuenta la periodicidad de ocurrencia. Por otra parte como se analizó anteriormente los

favorables resultados de calidad obtenidos en los puntos monitoreados y las mejoras realizadas al actual esquema de suministro de la Resonancia Magnética, es posible trasladar el punto de conexión del alimentador al Cuadro General Emergencia 2, permitiendo un mayor aprovechamiento de la energía eléctrica y aumentando la continuidad del servicio.

Hasta la fecha la explotación actual del suministro eléctrico a RMN se ha encarecido el servicio en 31 981 Pesos y se han consumido adicionalmente por pérdidas de transformación más de 106 154 kWh.

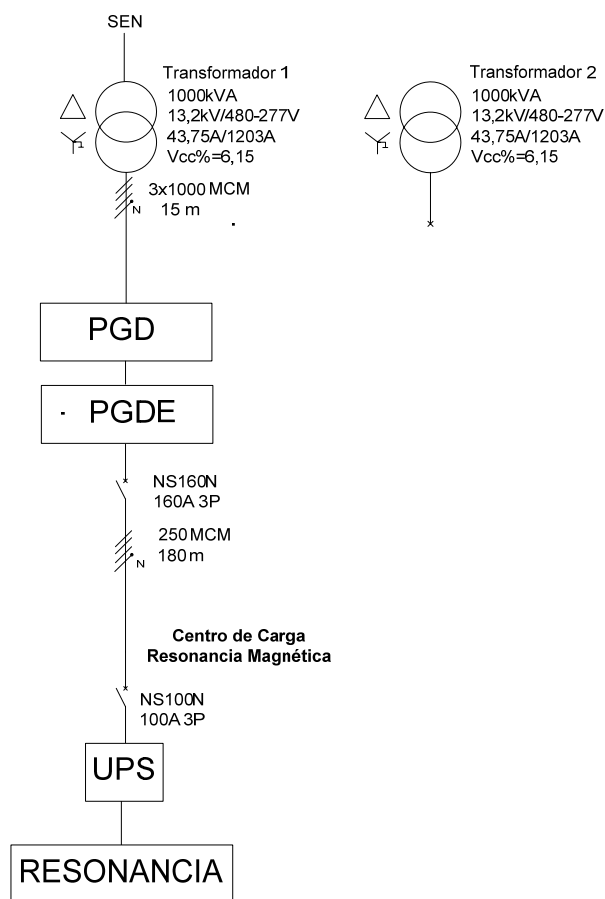


Figura 5: Diagrama unifilar del suministro eléctrico modificado donde se propone alimentar el Centro de Carga de Resonancia Magnética.

En la Figura 5 aparece la propuesta de modificación, la continuidad del suministro eléctrico a Resonancia magnética aumenta permitiendo la prestación de los servicios

de diagnóstico ante largas interrupciones en el Sistema Electroenergético Nacional. Por otro lado permite suspender el contrato de servicio con la Empresa Eléctrica de este punto de entrega de forma tal que al enfriar el Transformador 2 se dejan de consumir anualmente 22760 kWh y se ahorre por concepto de contratación y consumo de 7416 UM.

La modificación propuesta permite disponer de un esquema de suministro eléctrico fiable y seguro de forma tal que garantiza la continuidad de la energía eléctrica a este tipo de servicio. Para instalaciones futuras similares es recomendable tener en cuenta las mejoras realizadas para lograr una explotación óptima de nuevos esquemas.

Análisis económico e Impacto medioambiental.

Teniendo en cuenta lo analizado en el epígrafe 1.1 sobre el costo de los problemas relacionados con la calidad de la energía comparado con el gasto en medidas preventivas, es sin dudas extremadamente superior, se estima que las medidas preventivas se encuentran alrededor del 5%. La cantidad de dinero que se debe invertir en prevención para compensar el riesgo de que se produzcan fallos depende de la naturaleza de cada empresa. En el caso de estudio, las medidas representaron el 7% respecto al costo por problemas de calidad en el suministro eléctrico, figura 6. A continuación se presenta una tabla donde se relacionan los principales costos generados por la mala calidad de energía en el suministro eléctrico de Resonancia Magnética en el Hospital Lucia Iñiguez Landín de Holguín, donde se compara con el costo de las medidas de mejoras adoptadas.

Tabla 4. Relación de los costos por la mala calidad de energía eléctrica en el Centro de Carga de RMN y las medidas adoptadas encaminadas en la solución de los problemas detectados.

Costo por la mala calidad de energía	UM	Valor
Tarjeta dañada equipo de RMN	USD	32498,67
4800 estudios sin realizar por equipo fuera de servicio	CUP	1496380,00
Soluciones de mejoras		
Alimentación de la RMN a través de UPS	USD	78000,00
Suministro exclusivo de RMN por medio de Transformador 2	CUP	31981,00

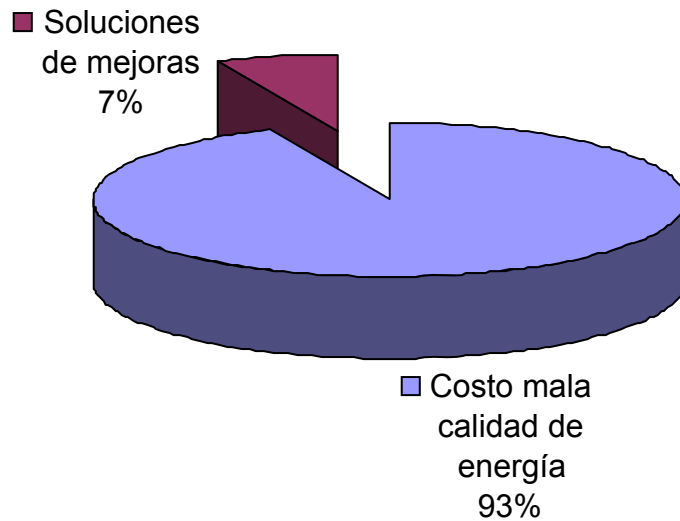


Figura 6. Costo de la mala calidad de energía eléctrica y costo de las soluciones de mejoras

Desde octubre de 2005 hasta abril de 2010 se ha consumido por concepto de pérdidas de transformación en el Servicio 2: 106154 kWh y un gasto monetario de 31,981 MP por hacer uso exclusivo del Servicio 2 del Hospital Clínico Quirúrgico Lucía Iñiguez Landín. Teniendo en cuenta los análisis realizados en el epígrafe anterior al modificar el esquema de suministro eléctrico de Resonancia Magnética como se explica en el mismo, se puede suprimir el contrato de suministro obteniéndose ahorros anuales de 22760 kWh y 7,4 MP. El costo de la modificación es posible amortizarlo con estos ahorros antes del mes de ejecución proporcionando beneficios económicos inmediatos.

Para analizar los efectos positivos de la solución propuesta con respecto al medio ambiente se tendrá en cuenta que la modificación garantiza la estabilidad y continuidad de servicio de diagnóstico ante fallas prolongadas por el suministro externo de la institución, se disminuye el costo de operación del uso de la energía eléctrica en esta área por concepto de contratación y ahorro por pérdidas de transformación, lo que implicaría una operación más eficiente del sistema eléctrico y

se lograría una mayor eficiencia en la utilización de la potencia suministrada por la fuente de suministro. Todo esto se traduce en que no sería necesario suministrar más energía que la necesaria para producir trabajo útil contribuyendo, de este modo a: el ahorro de potencia activa, menor cantidad de combustible para generar dicha potencia y por ende menor desprendimiento de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera. Haciendo un análisis similar al realizado para determinar el efecto económico se demuestra que trasladando el punto de entrega de energía de Resonancia Magnética Nuclear hacia el Cuadro General Emergencia 2 se pueden ahorrar **22760 kWh** al año.

Considerando las emisiones producidas por la generación de 1 MWh de energía eléctrica, según el Informe Inventario GEI 1990-2005 (marzo 2008), se vierten a la atmósfera la cantidad de 0,7586 T de CO₂ y 0,878 T de SO₂ cuando se utiliza el crudo cubano con el 7 % de azufre por cada MWh generado.

Para otras fuentes de energía, como el Diesel que utilizan los grupos electrógenos (GE) instalados en la provincia de Holguín, y de acuerdo al informe emitido por la Organización Básica Eléctrica para el CITMA con motivo del VIII Encuentro sobre Medio Ambiente 2007, por cada 1 MWh generado por los GE durante el año 2007 se arrojó a la atmósfera la cantidad de 0,371 T de CO₂.

Como fue imposible conocer con qué tipo de combustible se estaba realizando la generación de electricidad en el momento de efectuado este análisis y no ha sido posible obtener el dato actualizado del indicador global que resume la proporción y utilización del mismo se prefiere no cuantificar el impacto a partir de los indicadores planteados y dejar indicado que: por el ahorro de energía, se proporcionará un beneficio ecológico indirecto al dejarse de verter a la atmósfera decenas de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) y de dióxido de sulfuro (SO₂) cuando se utiliza cualquiera de estos combustibles.

2.4 Conclusiones parciales

1. Los centros hospitalarios no están exentos de problemas por la mala calidad de energía en sus sistemas de suministros. Sin un previo estudio de los principales parámetros de tensión, la instalación eléctrica de nuevos equipos de diagnósticos pueden conducir a fallas y costos adicionales por mal funcionamiento. Las bajadas e interrupciones de tensión fueron las causas fundamentales que provocó averías en el equipo de RMN del Hospital Clínico Quirúrgico Lucía Iñiguez Landin de Holguín.
2. El análisis de los parámetros de tensión realizado a los servicios 1 y 2, mostraron que a pesar de encontrarse dentro de los rangos admisibles según la norma EN50160, no son lo suficientemente estrictos para la explotación directa del sensible equipamiento de RMN. La inclusión de un Sistema Alimentación Ininterrumpida fue la solución que propició la protección de RMN ante las bajadas e interrupciones de tensión presentes en el suministro eléctrico.
3. El costo por mala calidad de la energía al centro de carga de RMN fue evaluado del 93 % con relación a las medidas de mejoras adoptadas. El traslado del suministro eléctrico al Servicio 1 incidirá en los indicadores de eficiencia energética de la institución con ahorros anuales de 22,7 MWh y 7,6 MP aumentando la continuidad del suministro eléctrico a este servicio.
4. La metodología específica de diagnóstico eléctrico previa instalación de equipos médicos se convierte en una herramienta necesaria para el éxito del correcto funcionamiento de estos costosos equipos.

CONCLUSIONES

1. Los problemas de Calidad de la Energía, constituyen un riesgo para las actividades empresariales. Se necesita un diseño cuidadoso de soluciones, adaptado a los problemas observados. El estudio predictivo permite la detección de los problemas antes de que se produzca el fallo en el sistema.
2. La utilización de equipos electromédicos de diagnósticos de altas prestaciones requieren de suministros eléctricos confiables para su correcto funcionamiento.
3. El análisis de los parámetros de tensión realizado a los servicios 1 y 2, mostraron que a pesar de encontrarse dentro de los rangos admisibles según la norma EN50160, no son lo suficientemente estrictos para la explotación directa del sensible equipamiento de RMN. Con la introducción de la UPS para alimentar este equipo, se obtiene un suministro de energía con parámetros de calidad adecuados, sin que se haya producido roturas desde su puesta en marcha.
4. La puesta en marcha del Servicio 2 contribuyó a elevar los costos de explotación por el incremento de las pérdidas de potencia activa al estar subutilizado para su potencia nominal. El traslado del suministro eléctrico de la RMN al Servicio 1 incidirá en los indicadores de eficiencia energética de la institución con ahorros anuales de 22,7 MWh y 7,6 MP aumentando la continuidad del suministro eléctrico a este servicio.
5. El procedimiento específico de diagnóstico eléctrico previa instalación de equipos médicos se convierte en una herramienta necesaria para el éxito del correcto funcionamiento de estos costosos equipos en las instalaciones hospitalarias, al propiciar no incurrir en costos adicionales por mala calidad de la energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. Monitorear los principales parámetros de calidad de la energía eléctrica utilizando las herramientas adecuadas para la predicción de futuros problemas.
2. Proponer a la dirección del Hospital Clínico Quirúrgico Lucía Iñiguez Landín el traslado del suministro eléctrico de RMN hacia el Servicio 1 considerando la seguridad de las prestaciones de la UPS instalada.
3. Generalizar el procedimiento específico desarrollado en este trabajo para la instalación de equipos médicos sensibles en los centros hospitalarios, con el objetivo de evitar roturas de los mismos y pérdidas económicas apreciables.
4. Impartir capacitación al personal técnico encargado de la implementación de este procedimiento para garantizar la adecuada interpretación y aplicación del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Angelo Baggini. Análisis de las inversiones en soluciones para la calidad de energía. Universidad de Bergamo, Italia. Junio 2004.
2. Armas Teyra, Marcos A. De. Impacto de la calidad de la energía en los sistemas eléctricos. Cienfuegos; Universidad "José Martí": Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, 2002. 30 h.
3. C, A. y C, Ar. Gran diccionario inglés-Español. /Antonio Cuyás y Arturo Cuyás. 748p. Edición Revolucionaria 1970.
4. C.P. Slicharet. Principles of Magnetic Resonance. Editorial Springer-Verlag, 1990.
5. Calidad de La Energía en los Sistemas Eléctricos. Universidad de Cienfuegos. 2006.
6. Curso de Calidad de la Energía / Jorge Mazorra Soto... [et al.]. Villa Clara; Centro de Estudio de Tecnologías Avanzadas CETA, 2001. 94 h.
7. David Bradley. Mantenimiento predictivo, la clave de la calidad de la energía. Marzo 2001.
8. David Chapman. Armónicos, causas y efectos. Copper Development Association UK. Marzo 2001.
9. David Chapman. Bajadas de tensión. Copper Development Association UK Noviembre 2001.
10. David Chapman. Introducción a la Calidad de la energía eléctrica. Copper Development Association UK. Marzo 2001.
11. Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment. Part 1: Definitions". CEI 555-1.
12. Dotres De la Fé, Sergio P. Calidad de la Energía Eléctrica y Eficiencia Industrial. Santiago de Cuba; Universidad de Oriente, 2000. 123 h.
13. Driessen, Dr. Johan. Introducción al desequilibrio. Universidad Katholieke. Bélgica. Mayo 2002.

14. E. González, W. Domínguez, M. Noda, C. Cabal. Cuantificación de descriptores de calidad de tomógrafo por resonancia magnética a bajos campos. Rev. Universidad de Ciencia y Tecnología, 2001.
15. Elaboración de procedimientos. Instituto Superior de Investigación para la Calidad Sanitaria. ISICS. España.
http://www.afce.isics.es/futuretense_cs/ccurl/AFCE/pdf/procedimiento_elaboracion_procedimientos_calidad.pdf.
16. F. García, J. Macías, J. Valverde, S. Pellejero. Distorsión geométrica en imagen por resonancia magnética. Servicio de Física y P.R.H.C.U. "Lozano Blesa, Zaragoza, España, 2001.
17. Gary Marshall. Adaptabilidad, Fiabilidad, y Redundancia, tres factores claves del diseño eléctrico. Mayo 2002.
18. Guía de diseño de instalaciones eléctricas. Schneider Electric.
19. Guía de seguridad. Problemática de la puerta a tierra en hospitales.
20. Hans de Keulenaer. Guía para una autovaloración de la calidad de energía. Mayo 2002.
21. Henryk Markiewicz. Cómo mejorar la fiabilidad con fuentes de suministro de reserva. Universidad Tecnológica de Wrocław, Polonia. Junio 2003.
22. Henryk Markiewicz. Sistema de puesta a tierra. Aspectos básicos. Universidad Tecnológica de Wrocław, Polonia. Julio 2004.
23. Henryk Markiewicz. Sistema de puesta a tierra. Universidad Tecnológica de Wrocław, Polonia. Junio 2003.
24. IEC 62040-3-1999 Sistema de Alimentación Ininterrumpida.
25. IEC-60364-7-710: 2002- Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7: reglas para instalaciones y emplazamientos especiales. Sección 710: Requisitos para las instalaciones especiales o locales – locales médicos. Ginebra; CEI, 2002. 22 h.
26. IEC-61000. Compatibilidad electromagnética (CEM). 1990.
27. Innovaciones tecnológicas en el área quirúrgica del hospital.
28. Instalaciones de puesta a tierra. España; Ministerio de la Presidencia: ITC- BT 18, 2002. 210 h. (Documento oficial del Estado, Suplemento del número 224).

29. J.C.M. Valderrama. Cincuenta años de resonancia magnética nuclear. Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y naturales, ISSN 0370-3908 XXI (80),335-345, 1997.
30. Jornada de utilización del equipamiento electromédico y áreas de salud. Lujan 26 y 29 de Agosto 2009. Héctor Julio Ruiz.
31. Manual de uso. Analizador trifásico de calidad de energía Fluke 434/435. Países Bajos, 2007. 148 h.
32. Markiewicz, Henryk. Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución / Henryk Markiewicz, Antoni Klajn; Universidad Tecnológica Wroclaw, Polonia 2004. 16 h.
33. NC IEC 60364-7-710, 2005. Instalaciones eléctricas en edificaciones, requisitos para instalaciones especiales o locales médicos.
Norma Comité Electrotécnico Internacional IEC 61000-4-30. Técnicas de ensayo y medidas. Métodos de medidas de la calidad de medidas.
34. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC- 60050-691. 2001.
35. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-60050-601. 2001.
36. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-60050-702. 2001.
37. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-60617-11. 2001.
38. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-61000-2-1. 2003.
39. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-61000-2-4. 2003.
40. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-61000-2-5. 2003.
41. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-61000-6-2. 2003.

42. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-61000-6-4. 2003.
43. Norma Cubana. Comisión Electrotécnica Internacional. NC-IEC-61000-5-2. 2003.
44. Norma Cubana. NC-IEC-60364-2-21. 2001.
45. Rafael Asensi. Armónicos, interpretación de los niveles de compatibilidad. Universidad Politécnica de Madrid. Marzo 2005.
46. Reglamento de baja tensión. Instrucción técnica complementaria de baja tensión 29. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de explosión e incendio. 2003.
47. Reglamento de baja tensión. Instrucción técnica complementaria de baja tensión 38. Requerimientos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención. 2003.
48. Reglamento de baja tensión. Instrucción técnica complementaria de baja tensión 8. Sistema de conexión del neutro y las masas en redes de distribución de energía eléctrica. 2003.
49. Reglamento de baja tensión. Manual de inspección periódica oficial de instalaciones de baja tensión. Prescripciones técnicas.
50. Reglamento de baja tensión. Sistema de conexión del neutro y las masas en redes de distribución de energía eléctrica. España; Ministerio de la Presidencia: ITC- BT 8, 2002. 210 h. (Documento oficial del Estado, Suplemento del número 224).
51. Reglamento electrotécnico para baja tensión. España; Ministerio de la Presidencia, 2002. 210 h. (Documento oficial del Estado, Suplemento del número 224).
52. Reyer Venhuizer. Aproximación a un sistema de puesta a tierra. Mayo 2002.
53. Ruiz, Héctor J. Seguridad eléctrica en salas para uso médico. Argentina; Luján, 2009. 34 h. (Jornada de utilización del equipamiento electromédico y áreas de salud).
54. Schneider Electric España S.A. Las perturbaciones eléctricas en baja tensión. Cuaderno técnico No. 141-2003.

55. Tensiones nominales de las redes eléctricas de distribución pública en baja tensión". UNE 21-301-91. 1991.
56. Tensiones normales". UNE 21-127-92. 1992.
57. Vargas García, Vicente. Eficiencia energética en hospitales. La Habana; MINSAP, 2000. 258 h.
58. Wolfgang Langguth. Puesta a tierra y compatibilidad electromagnética. Mayo 2006.
59. Zbigniew Hanzelka. Parpadeo. Universidad de Ciencia y Tecnología AGH. Polonia. Abril 2006.

ANEXOS

- A. Tabla 1: Mediciones realizadas en el 2005 a la salida de Transformador 2.
- B. Tabla 2: Mediciones realizadas en el 2007 a la salida de Transformador 2.
- C. Levantamiento eléctrico en RMN.
- D. Registros y gráficos de parámetros de calidad eléctrica en salida de Transformador 1.
- E. Registros y gráficos de parámetros de calidad eléctrica en RMN.
- F. Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.

Anexo A

Tabla 1: Mediciones realizadas en el 2005 a la salida de Transformador 2

Fecha	Tiempo	V/L1	V/L2	V/L3	I/L1	I/L2	I/L3
24/09/2005	9:20:55	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	9:30:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	9:40:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	9:50:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	10:00:00	272	274	274	0	0	0
24/09/2005	10:10:00	272	273	273	0	0	0
24/09/2005	10:20:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	10:30:00	271	272	272	0	0	0
24/09/2005	10:35:00	271	272	272	0	0	0
24/09/2005	10:40:00	271	272	272	0	0	0
24/09/2005	10:45:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	10:50:00	271	272	272	0	0	0
24/09/2005	11:00:00	271	271	271	0	0	0
24/09/2005	11:10:00	271	272	272	0	0	0
24/09/2005	11:20:00	272	274	273	0	0	0
24/09/2005	11:30:00	272	274	274	0	0	0
24/09/2005	11:40:00	272	274	273	0	0	0
24/09/2005	11:50:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	12:00:00	271	271	271	0	0	0
24/09/2005	12:10:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	12:20:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	12:30:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	12:40:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	12:50:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	13:00:00	271	272	272	0	0	0
24/09/2005	13:10:00	271	272	271	0	0	0
24/09/2005	13:20:00	272	272	271	0	0	0
24/09/2005	13:30:00	271	272	271	0	0	0
24/09/2005	13:40:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	13:50:00	271	272	272	0	0	0
24/09/2005	14:00:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	14:10:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	14:15:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	14:20:00	272	273	273	0	0	0
24/09/2005	14:30:00	272	273	273	0	0	0
24/09/2005	14:40:00	271	272	271	0	0	0
24/09/2005	14:50:00	271	271	271	0	0	0
24/09/2005	15:00:00	271	272	271	0	0	0
24/09/2005	15:10:00	270	271	271	0	0	0
24/09/2005	15:20:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	15:30:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	15:40:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	15:50:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	16:00:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	16:10:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	16:20:00	272	272	273	0	0	0
24/09/2005	16:30:00	272	272	272	0	0	0
24/09/2005	16:40:00	271	271	271	0	0	0

24/09/2005	16:50:00	274	275	275	0	0	0
24/09/2005	17:00:00	274	275	275	0	0	0
24/09/2005	17:10:00	275	276	276	0	0	0
24/09/2005	17:20:00	275	276	276	0	0	0
24/09/2005	17:30:00	275	275	276	0	0	0
24/09/2005	17:40:00	275	276	276	0	0	0
24/09/2005	17:50:00	275	276	276	0	0	0
24/09/2005	18:00:00	275	276	276	0	0	0
24/09/2005	18:10:00	275	276	276	0	0	0
24/09/2005	18:20:00	275	276	276	0	0	0
24/09/2005	18:30:00	275	277	277	0	0	0
24/09/2005	18:35:00	276	277	277	0	0	0
24/09/2005	18:40:00	276	277	277	0	0	0
24/09/2005	18:50:00	276	276	276	0	0	0
24/09/2005	19:00:00	275	275	275	0	0	0
24/09/2005	19:10:00	273	273	273	0	0	0
24/09/2005	19:20:00	270	273	271	0	0	0
24/09/2005	19:30:00	269	275	271	0	0	0
24/09/2005	19:40:00	269	275	272	0	0	0
24/09/2005	19:50:00	269	277	273	0	0	0
24/09/2005	20:00:00	271	278	274	0	0	0
24/09/2005	20:10:00	271	278	274	0	0	0
24/09/2005	20:20:00	272	279	275	0	0	0
24/09/2005	20:30:00	273	280	275	0	0	0
24/09/2005	20:40:00	272	280	274	0	0	0
24/09/2005	20:50:00	272	280	274	0	0	0
24/09/2005	21:00:00	271	278	274	0	0	0
24/09/2005	21:10:00	270	278	273	0	0	0
24/09/2005	21:20:00	270	278	273	0	0	0
24/09/2005	21:30:00	270	278	273	0	0	0
24/09/2005	21:40:00	272	279	274	0	0	0
24/09/2005	21:50:00	272	279	274	0	0	0
24/09/2005	22:00:00	271	279	274	0	0	0
24/09/2005	22:10:00	271	279	274	0	0	0
24/09/2005	22:20:00	271	279	274	0	0	0
24/09/2005	22:30:00	271	278	273	0	0	0
24/09/2005	22:40:00	272	280	274	0	0	0
24/09/2005	22:50:00	272	280	274	0	0	0
24/09/2005	22:55:00	272	279	274	0	0	0
24/09/2005	23:00:00	271	279	273	0	0	0
24/09/2005	23:10:00	270	277	272	0	0	0
24/09/2005	23:20:00	269	277	271	0	0	0
24/09/2005	23:30:00	269	277	271	0	0	0
24/09/2005	23:40:00	270	278	273	0	0	0
24/09/2005	23:50:00	270	278	273	0	0	0
25/09/2005	0:00:00	270	277	272	0	0	0
25/09/2005	0:10:00	271	280	274	0	0	0
25/09/2005	0:20:00	271	279	274	0	0	0
25/09/2005	0:30:00	270	278	273	0	0	0
25/09/2005	0:40:00	270	278	273	0	0	0
25/09/2005	0:50:00	270	278	273	0	0	0
25/09/2005	1:00:00	270	278	273	0	0	0

25/09/2005	1:10:00	272	280	274	0	0	0
25/09/2005	1:20:00	272	280	274	0	0	0
25/09/2005	1:30:00	272	280	274	0	0	0
25/09/2005	1:40:00	272	280	275	0	0	0
25/09/2005	1:50:00	272	280	274	0	0	0
25/09/2005	2:00:00	270	278	273	0	0	0
25/09/2005	2:10:00	271	278	274	0	0	0
25/09/2005	2:20:00	271	279	274	0	0	0
25/09/2005	2:30:00	272	280	274	0	0	0
25/09/2005	2:40:00	272	280	274	0	0	0
25/09/2005	2:50:00	273	280	275	0	0	0
25/09/2005	3:00:00	272	280	275	0	0	0
25/09/2005	3:10:00	271	278	274	0	0	0
25/09/2005	3:20:00	270	278	273	0	0	0
25/09/2005	3:30:00	272	280	275	0	0	0
25/09/2005	3:40:00	273	280	275	0	0	0
25/09/2005	3:50:00	271	278	274	0	0	0
25/09/2005	4:00:00	272	279	274	0	0	0
25/09/2005	4:10:00	272	279	274	0	0	0
25/09/2005	4:20:00	271	279	274	0	0	0
25/09/2005	4:30:00	271	278	274	0	0	0
25/09/2005	4:35:00	272	279	274	0	0	0
25/09/2005	4:40:00	271	278	274	0	0	0
25/09/2005	4:50:00	271	278	274	0	0	0
25/09/2005	5:00:00	274	281	276	0	0	0
25/09/2005	5:10:00	274	281	276	0	0	0
25/09/2005	5:20:00	274	281	276	0	0	0
25/09/2005	5:30:00	274	282	276	0	0	0
25/09/2005	5:40:00	273	281	276	0	0	0
25/09/2005	5:50:00	273	281	276	0	0	0
25/09/2005	6:00:00	273	281	276	0	0	0
25/09/2005	6:10:00	272	280	275	0	0	0
25/09/2005	6:20:00	273	281	276	0	0	0
25/09/2005	6:30:00	274	281	276	0	0	0
25/09/2005	6:40:00	278	277	276	0	0	0
25/09/2005	6:50:00	277	278	276	0	0	0
25/09/2005	7:00:00	277	278	276	0	0	0
25/09/2005	7:10:00	277	278	276	0	0	0
25/09/2005	7:20:00	277	277	276	0	0	0
25/09/2005	7:30:00	276	277	275	0	0	0
25/09/2005	7:40:00	276	276	275	0	0	0
25/09/2005	7:50:00	276	277	276	0	0	0
25/09/2005	8:00:00	275	275	275	0	0	0
25/09/2005	8:10:00	275	275	275	0	0	0
25/09/2005	8:20:00	276	277	276	0	0	0
25/09/2005	8:30:00	275	275	275	0	0	0
25/09/2005	8:40:00	274	274	274	0	0	0
25/09/2005	8:50:00	275	274	274	0	0	0
25/09/2005	9:00:00	273	273	273	0	0	0
25/09/2005	9:05:00	273	274	273	0	0	0
25/09/2005	9:10:00	273	274	273	0	0	0
25/09/2005	9:20:00	273	274	273	0	0	0

25/09/2005	9:30:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	9:40:00	274	275	273	0	0	0
25/09/2005	9:50:00	274	274	274	0	0	0
25/09/2005	10:00:00	273	273	273	0	0	0
25/09/2005	10:10:00	273	272	272	0	0	0
25/09/2005	10:20:00	273	272	272	0	0	0
25/09/2005	10:30:00	273	273	273	0	0	0
25/09/2005	10:40:00	273	273	273	0	0	0
25/09/2005	10:50:00	272	273	272	0	0	0
25/09/2005	11:00:00	272	272	272	0	0	0
25/09/2005	11:10:00	273	273	273	0	0	0
25/09/2005	11:20:00	273	272	272	0	0	0
25/09/2005	11:30:00	272	271	271	0	0	0
25/09/2005	11:40:00	271	271	271	0	0	0
25/09/2005	11:50:00	272	271	271	0	0	0
25/09/2005	11:55:00	271	271	270	0	0	0
25/09/2005	12:00:00	271	271	270	0	0	0
25/09/2005	12:10:00	273	272	272	0	0	0
25/09/2005	12:20:00	272	272	271	0	0	0
25/09/2005	12:30:00	273	274	273	0	0	0
25/09/2005	12:40:00	273	273	273	0	0	0
25/09/2005	12:50:00	273	272	272	0	0	0
25/09/2005	13:00:00	272	272	272	0	0	0
25/09/2005	13:05:00	273	273	273	0	0	0
25/09/2005	13:10:00	273	274	273	0	0	0
25/09/2005	13:20:00	273	273	273	0	0	0
25/09/2005	13:30:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	13:40:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	13:50:00	275	275	275	0	0	0
25/09/2005	14:00:00	275	275	275	0	0	0
25/09/2005	14:10:00	275	276	275	0	0	0
25/09/2005	14:20:00	275	276	275	0	0	0
25/09/2005	14:30:00	276	276	275	0	0	0
25/09/2005	14:40:00	274	274	274	0	0	0
25/09/2005	14:50:00	274	275	274	0	0	0
25/09/2005	15:00:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	15:10:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	15:20:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	15:30:00	276	276	276	0	0	0
25/09/2005	15:40:00	276	276	275	0	0	0
25/09/2005	15:50:00	276	276	275	0	0	0
25/09/2005	16:00:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	16:10:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	16:20:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	16:30:00	276	275	274	0	0	0
25/09/2005	16:40:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	16:50:00	276	275	274	0	0	0
25/09/2005	17:00:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	17:10:00	276	276	275	0	0	0
25/09/2005	17:20:00	276	277	276	0	0	0
25/09/2005	17:30:00	276	276	275	0	0	0
25/09/2005	17:40:00	275	275	274	0	0	0

25/09/2005	17:50:00	275	275	273	0	0	0
25/09/2005	18:00:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	18:10:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	18:20:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	18:30:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	18:40:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	18:50:00	275	275	274	0	0	0
25/09/2005	19:00:00	275	274	273	0	0	0
25/09/2005	19:10:00	273	272	271	0	0	0
25/09/2005	19:20:00	271	271	270	0	0	0
25/09/2005	19:30:00	267	274	269	0	0	0
25/09/2005	19:40:00	267	274	269	0	0	0
25/09/2005	19:50:00	270	277	272	0	0	0
25/09/2005	20:00:00	271	278	273	0	0	0
25/09/2005	20:10:00	273	280	275	0	0	0
25/09/2005	20:20:00	275	283	277	0	0	0
25/09/2005	20:30:00	275	283	278	0	0	0
25/09/2005	20:40:00	275	283	277	0	0	0
25/09/2005	20:50:00	273	281	276	0	0	0
25/09/2005	21:00:00	274	282	277	0	0	0
25/09/2005	21:10:00	273	281	276	0	0	0
25/09/2005	21:20:00	274	282	277	0	0	0
25/09/2005	21:30:00	275	283	277	0	0	0
25/09/2005	21:40:00	275	282	277	0	0	0
25/09/2005	21:50:00	275	283	277	0	0	0
25/09/2005	22:00:00	274	282	277	0	0	0
25/09/2005	22:10:00	274	282	277	0	0	0
25/09/2005	22:20:00	273	281	276	0	0	0
25/09/2005	22:30:00	273	281	276	0	0	0
25/09/2005	22:40:00	273	282	276	0	0	0
25/09/2005	22:50:00	274	282	277	0	0	0
25/09/2005	23:00:00	275	283	278	0	0	0
25/09/2005	23:10:00	276	284	278	0	0	0
25/09/2005	23:20:00	275	283	277	0	0	0
25/09/2005	23:25:00	276	283	278	0	0	0
25/09/2005	23:30:00	276	283	278	0	0	0
25/09/2005	23:40:00	270	278	273	0	0	0
25/09/2005	23:50:00	272	280	274	0	0	0
26/09/2005	0:00:00	272	280	274	0	0	0
26/09/2005	0:10:00	272	280	274	0	0	0
26/09/2005	0:20:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	0:30:00	272	279	274	0	0	0
26/09/2005	0:40:00	272	279	274	0	0	0
26/09/2005	0:50:00	272	280	274	0	0	0
26/09/2005	1:00:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	1:10:00	273	280	276	0	0	0
26/09/2005	1:20:00	273	281	276	0	0	0
26/09/2005	1:30:00	273	280	276	0	0	0
26/09/2005	1:40:00	273	281	276	0	0	0
26/09/2005	1:50:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	2:00:00	272	279	274	0	0	0
26/09/2005	2:10:00	272	280	275	0	0	0

26/09/2005	2:20:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	2:30:00	272	280	274	0	0	0
26/09/2005	2:40:00	272	279	274	0	0	0
26/09/2005	2:50:00	272	279	274	0	0	0
26/09/2005	3:00:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	3:10:00	272	280	274	0	0	0
26/09/2005	3:20:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	3:30:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	3:40:00	273	280	276	0	0	0
26/09/2005	3:50:00	273	281	276	0	0	0
26/09/2005	4:00:00	273	281	276	0	0	0
26/09/2005	4:10:00	273	281	276	0	0	0
26/09/2005	4:20:00	273	281	276	0	0	0
26/09/2005	4:30:00	273	280	276	0	0	0
26/09/2005	4:40:00	273	280	276	0	0	0
26/09/2005	4:50:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	5:00:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	5:10:00	273	280	275	0	0	0
26/09/2005	5:20:00	272	280	275	0	0	0
26/09/2005	5:30:00	273	280	275	0	0	0
26/09/2005	5:40:00	272	280	274	0	0	0
26/09/2005	5:50:00	272	280	274	0	0	0
26/09/2005	6:00:00	271	279	273	0	0	0
26/09/2005	6:10:00	270	277	272	0	0	0
26/09/2005	6:20:00	270	277	272	0	0	0
26/09/2005	6:30:00	270	277	272	0	0	0
26/09/2005	6:40:00	273	272	271	0	0	0
26/09/2005	6:50:00	274	274	274	0	0	0
26/09/2005	6:55:00	275	275	274	0	0	0
26/09/2005	7:00:00	276	275	274	0	0	0
26/09/2005	7:10:00	276	275	274	0	0	0
26/09/2005	7:20:00	275	275	274	0	0	0
26/09/2005	7:30:00	275	275	274	0	0	0
26/09/2005	7:40:00	274	275	274	0	0	0
26/09/2005	7:50:00	274	275	273	0	0	0
26/09/2005	8:00:00	273	274	273	0	0	0
26/09/2005	8:10:00	273	274	273	0	0	0
26/09/2005	8:20:00	273	274	273	0	0	0
26/09/2005	8:30:00	271	273	272	0	0	0
26/09/2005	8:40:00	271	273	272	0	0	0
26/09/2005	8:50:00	262	264	262	0	0	0
26/09/2005	9:00:00	263	264	263	0	0	0
26/09/2005	9:10:00	263	264	263	0	0	0
26/09/2005	9:20:00	263	264	263	0	0	0
26/09/2005	9:30:00	261	263	262	0	0	0
26/09/2005	9:40:00	271	273	271	0	0	0
26/09/2005	9:50:00	270	271	270	0	0	0
26/09/2005	10:00:00	269	271	270	0	0	0
26/09/2005	10:10:00	269	270	269	0	0	0
26/09/2005	10:20:00	268	269	268	0	0	0
26/09/2005	10:30:00	268	269	268	0	0	0
26/09/2005	10:40:00	269	269	268	0	0	0

26/09/2005	10:50:00	269	269	268	0	0	0
26/09/2005	11:00:00	269	269	268	0	0	0
26/09/2005	11:10:00	269	268	268	0	0	0
26/09/2005	11:20:00	269	268	268	0	0	0
26/09/2005	11:30:00	270	269	269	0	0	0
26/09/2005	11:40:00	270	269	268	0	0	0
26/09/2005	11:50:00	270	269	270	0	0	0
26/09/2005	12:00:00	271	270	270	0	0	0

Anexo B

Tabla 2: Mediciones realizadas en el 2007 a la salida de Transformador 2

Fecha	Tiempo	V/L1	V/L2	V/L3	I/L1	I/L2	I/L3
28/05/2007	14:54:18	278	251	270	43,741	44,903	44,623
28/05/2007	14:59:59	278	251	270	46,584	47,744	47,54
28/05/2007	15:00:00	277	250	269	46,031	47,112	46,83
28/05/2007	15:15:00	277	250	269	44,847	46,008	45,648
28/05/2007	15:30:00	275	249	268	45,478	46,639	46,357
28/05/2007	15:45:00	275	251	270	44,61	45,771	45,49
28/05/2007	16:00:00	277	262	280	43,425	44,508	44,071
28/05/2007	16:15:00	277	262	280	44,215	45,376	44,938
28/05/2007	16:30:00	276	262	279	43,583	44,35	43,44
28/05/2007	16:45:00	278	262	280	42,399	42,851	40,602
28/05/2007	17:00:00	285	259	276	42,083	42,535	40,129
28/05/2007	17:15:00	287	261	276	43,109	43,64	41,233
28/05/2007	17:30:00	287	259	277	42,241	42,693	40,366
28/05/2007	17:45:00	289	259	278	43,425	43,956	41,548
28/05/2007	18:00:00	290	258	278	42,32	42,772	40,366
28/05/2007	18:15:00	290	255	279	43,031	43,482	41,075
28/05/2007	18:30:00	292	258	280	42,478	42,93	40,523
28/05/2007	18:45:00	291	258	280	42,557	43,009	40,602
28/05/2007	19:00:00	292	260	281	43,031	43,482	41,075
28/05/2007	19:15:00	288	258	279	42,715	43,088	40,76
28/05/2007	19:30:00	285	257	276	42,399	42,851	40,523
28/05/2007	19:45:00	284	256	275	42,557	42,93	40,523
28/05/2007	20:00:00	284	256	274	42,478	42,851	40,444
28/05/2007	20:15:00	284	257	275	34,345	32,671	31,378
28/05/2007	20:30:00	285	259	276	36,951	34,801	33,428
28/05/2007	20:45:00	284	260	276	37,03	34,801	33,428
28/05/2007	21:00:00	284	261	276	37,188	34,959	33,585
28/05/2007	21:15:00	284	261	276	37,03	34,801	33,428
28/05/2007	21:30:00	283	260	275	36,872	34,723	33,349
28/05/2007	21:45:00	283	261	275	36,872	34,723	33,349
28/05/2007	22:00:00	282	261	276	36,872	34,723	33,349
28/05/2007	22:15:00	282	261	275	36,872	34,801	33,428
28/05/2007	22:30:00	281	262	275	36,714	34,644	33,27
28/05/2007	22:45:00	282	262	275	36,793	34,723	33,349
28/05/2007	23:00:00	282	264	276	36,951	34,88	33,507
28/05/2007	23:15:00	283	264	276	36,951	34,959	33,585
28/05/2007	23:30:00	283	265	277	37,03	35,038	33,664
28/05/2007	23:45:00	283	266	278	37,109	35,117	33,743
29/05/2007	0:00:00	284	267	279	37,188	35,196	33,743
29/05/2007	0:15:00	284	268	279	37,267	35,275	33,822
29/05/2007	0:30:00	284	268	279	37,267	35,275	33,822
29/05/2007	0:45:00	284	267	279	37,03	35,038	33,585
29/05/2007	1:00:00	284	268	279	37,346	35,275	33,822
29/05/2007	1:15:00	284	268	280	37,346	35,275	33,822
29/05/2007	1:30:00	284	268	280	37,346	35,275	33,822
29/05/2007	1:45:00	284	268	280	37,346	35,354	33,901
29/05/2007	2:00:00	284	268	280	37,267	35,275	33,822
29/05/2007	2:15:00	285	269	280	37,504	35,512	34,058

29/05/2007	2:30:00	285	269	280	37,346	35,354	33,901
29/05/2007	2:45:00	284	269	280	37,346	35,354	33,901
29/05/2007	3:00:00	281	265	277	37,03	34,959	33,585
29/05/2007	3:15:00	281	266	277	37,03	34,959	33,585
29/05/2007	3:30:00	280	265	276	37,188	35,117	33,743
29/05/2007	3:45:00	281	266	277	37,109	35,038	33,664
29/05/2007	4:00:00	280	265	276	36,872	34,88	33,428
29/05/2007	4:15:00	280	264	275	36,793	34,723	33,349
29/05/2007	4:30:00	280	265	276	36,872	34,88	33,507
29/05/2007	4:45:00	280	264	275	36,872	34,801	33,428
29/05/2007	5:00:00	280	264	276	36,872	34,801	33,428
29/05/2007	5:15:00	280	263	275	36,793	34,723	33,349
29/05/2007	5:30:00	280	262	274	36,793	34,723	33,27
29/05/2007	5:45:00	279	261	274	36,556	34,565	33,112
29/05/2007	6:00:00	283	264	277	36,793	34,723	33,349
29/05/2007	6:15:00	283	262	276	36,872	34,723	33,428
29/05/2007	6:30:00	284	265	278	37,109	35,038	33,664
29/05/2007	6:45:00	285	266	279	37,188	35,038	33,664
29/05/2007	7:00:00	287	267	279	37,504	35,354	33,98
29/05/2007	7:15:00	286	265	278	37,793	32,986	31,378
29/05/2007	7:30:00	284	265	277	41,136	41,509	39,025
29/05/2007	7:45:00	281	263	275	42,399	43,167	41,785
29/05/2007	8:00:00	282	265	276	43,267	44,35	43,756
29/05/2007	8:15:00	284	268	277	42,715	43,482	43,677
29/05/2007	8:30:00	283	270	282	42,952	43,64	43,677
29/05/2007	8:45:00	286	270	281	43,031	44,114	43,756
29/05/2007	9:00:00	282	267	279	42,873	43,719	43,362
29/05/2007	9:15:00	279	264	275	43,188	44,271	44,071
29/05/2007	9:30:00	278	262	275	43,504	44,666	44,229
29/05/2007	9:45:00	278	262	274	42,636	43,877	43,44
29/05/2007	10:00:00	278	261	273	43,978	45,061	44,702
29/05/2007	10:15:00	277	259	270	43,583	44,587	44,15
29/05/2007	10:30:00	277	259	270	42,083	42,93	42,81
29/05/2007	10:45:00	280	262	273	42,162	43,877	43,913
29/05/2007	11:00:00	280	261	273	42,557	44,035	43,913
29/05/2007	11:15:00	280	261	272	42,873	44,114	43,756
29/05/2007	11:30:00	282	261	273	42,399	43,561	43,125
29/05/2007	11:45:00	281	262	275	42,478	43,64	43,204
29/05/2007	12:00:00	283	264	276	42,715	43,877	43,362
29/05/2007	12:15:00	284	265	277	43,504	44,666	44,15
29/05/2007	12:30:00	284	266	278	42,873	44,035	43,519
29/05/2007	12:45:00	282	265	276	41,451	42,614	42,179
29/05/2007	13:00:00	280	262	274	41,609	42,851	42,337
29/05/2007	13:15:00	281	262	273	43,031	44,192	43,756
29/05/2007	13:30:00	280	262	274	42,478	43,64	43,204
29/05/2007	13:45:00	280	261	273	42,557	43,245	42,731
29/05/2007	14:00:00	280	261	272	42,715	44,35	44,15
29/05/2007	14:15:00	279	262	272	43,82	45,376	45,017
29/05/2007	14:30:00	277	262	273	42,399	43,798	43,519
29/05/2007	14:45:00	278	261	273	42,478	43,324	43,992
29/05/2007	15:00:00	280	261	273	42,715	43,482	44,15
29/05/2007	15:15:00	281	262	273	43,109	44,192	44,229

29/05/2007	15:30:00	281	262	272	42,794	43,798	44,15
29/05/2007	15:45:00	283	264	274	43,662	44,35	43,204
29/05/2007	16:00:00	281	263	273	43,109	43,798	42,652
29/05/2007	16:15:00	283	264	275	42,162	42,535	40,208
29/05/2007	16:30:00	283	263	275	42,873	43,324	40,996
29/05/2007	16:45:00	281	261	273	42,162	42,614	40,287
29/05/2007	17:00:00	281	260	272	42,557	43,009	40,681
29/05/2007	17:15:00	283	260	273	42,241	42,614	40,208
29/05/2007	17:30:00	287	264	278	43,267	43,719	41,312
29/05/2007	17:45:00	291	268	282	42,32	42,693	40,366
29/05/2007	18:00:00	291	268	282	38,293	38,195	36,266
29/05/2007	18:15:00	292	269	282	37,03	34,959	33,664
29/05/2007	18:30:00	286	263	276	36,951	34,88	33,507
29/05/2007	18:45:00	284	261	273	36,714	34,644	33,27
29/05/2007	19:00:00	283	260	273	36,635	34,565	33,27
29/05/2007	19:15:00	281	258	272	36,398	34,407	33,033
29/05/2007	19:30:00	280	258	270	36,24	34,249	32,876
29/05/2007	19:45:00	279	258	269	36,24	34,249	32,876
29/05/2007	20:00:00	284	264	276	36,872	34,801	33,585
29/05/2007	20:15:00	286	264	276	36,951	34,959	33,664
29/05/2007	20:30:00	286	265	277	37,267	35,196	33,901
29/05/2007	20:45:00	286	265	276	37,109	35,117	33,822
29/05/2007	21:00:00	285	266	276	37,109	35,117	33,822
29/05/2007	21:15:00	284	265	276	37,03	35,038	33,743
29/05/2007	21:30:00	284	265	277	37,03	35,038	33,743
29/05/2007	21:45:00	284	267	276	37,109	35,038	33,743
29/05/2007	22:00:00	284	266	276	37,03	34,959	33,664
29/05/2007	22:15:00	285	267	276	37,109	35,038	33,743
29/05/2007	22:30:00	284	267	277	37,109	35,117	33,743
29/05/2007	22:45:00	285	268	278	37,188	35,117	33,822
29/05/2007	23:00:00	286	269	279	37,267	35,275	33,901
29/05/2007	23:15:00	286	270	279	37,425	35,433	34,058
29/05/2007	23:30:00	288	268	282	37,425	35,433	34,058
29/05/2007	23:45:00	288	268	283	37,425	35,433	34,058
30/05/2007	0:00:00	289	270	283	37,662	35,748	34,295
30/05/2007	0:15:00	289	271	283	37,583	35,748	34,295
30/05/2007	0:30:00	288	271	283	37,662	35,748	34,295
30/05/2007	0:45:00	289	273	284	37,819	35,906	34,531
30/05/2007	1:00:00	289	273	284	37,74	35,827	34,374
30/05/2007	1:15:00	289	274	284	37,819	35,827	34,374
30/05/2007	1:30:00	289	274	284	37,74	35,827	34,374
30/05/2007	1:45:00	289	274	284	37,74	35,827	34,453
30/05/2007	2:00:00	289	275	285	37,898	35,906	34,531
30/05/2007	2:15:00	289	275	285	37,977	35,985	34,61
30/05/2007	2:30:00	289	275	285	37,819	35,827	34,453
30/05/2007	2:45:00	289	275	285	37,898	35,906	34,453
30/05/2007	3:00:00	283	270	279	37,188	35,196	33,822
30/05/2007	3:15:00	281	268	278	37,03	35,038	33,664
30/05/2007	3:30:00	281	268	278	37,109	35,117	33,743
30/05/2007	3:45:00	281	268	278	37,109	35,117	33,743
30/05/2007	4:00:00	281	268	278	37,03	35,038	33,664
30/05/2007	4:15:00	281	268	278	37,109	35,117	33,743

30/05/2007	4:30:00	281	268	278	37,03	34,959	33,585
30/05/2007	4:45:00	281	268	278	37,109	35,038	33,664
30/05/2007	5:00:00	281	267	276	37,109	35,038	33,664
30/05/2007	5:15:00	280	265	275	36,872	34,801	33,428
30/05/2007	5:30:00	280	264	275	36,951	34,88	33,507
30/05/2007	5:45:00	281	265	276	36,319	34,249	32,955
30/05/2007	6:00:00	280	263	274	34,345	33,854	32,166
30/05/2007	6:15:00	278	260	270	41,451	41,825	39,498
30/05/2007	6:30:00	278	260	270	41,451	41,825	39,498
30/05/2007	6:45:00	280	261	271	41,53	41,904	39,498
30/05/2007	7:00:00	280	263	272	42,636	43,088	40,681
30/05/2007	7:15:00	281	264	272	43,504	44,035	41,627
30/05/2007	7:30:00	278	262	272	44,373	44,903	42,494
30/05/2007	7:45:00	278	261	270	42,478	42,93	40,602
30/05/2007	8:00:00	280	264	273	43,267	43,798	41,391
30/05/2007	8:15:00	281	264	273	41,846	42,377	39,971
30/05/2007	8:30:00	280	263	273	42,083	42,456	40,05
30/05/2007	8:45:00	280	262	273	42,952	43,482	41,075
30/05/2007	9:00:00	281	262	272	42,399	42,772	40,917
30/05/2007	9:15:00	282	264	274	42,636	43,009	41,548
30/05/2007	9:30:00	282	264	274	43,662	44,192	42,967
30/05/2007	9:45:00	282	264	272	44,373	45,534	45,254
30/05/2007	10:00:00	281	264	271	43,978	45,139	44,781

Anexo D Registros y Graficos de parámetros de Calidad de Energía en CC PGD

TIME	INPUT	TYPE	HARMONICS NR	DIRECTION	DURATION	VALUE	UNIT
2010.03.04 10:06:54							
2010.03.04 10:07:11	L1	DIP			0:00:00:692	248.9	V
2010.03.04 10:07:11	L1	DIP		DOWN		249.2	V
2010.03.04 10:07:12	L1	DIP		UP		255.2	V
2010.03.05 03:03:12	L1	DIP			0:00:00:089	216.2	V
2010.03.05 03:03:12	L1	DIP		DOWN		247.7	V
2010.03.05 03:03:12	L2	DIP		DOWN		235.1	V
2010.03.05 03:03:12	L1	DIP		UP		255.9	V
2010.03.05 03:03:12	L2	DIP		UP		259.1	V
2010.03.05 02:06:54	L1	PLT			2:00:00:000	1.4	
2010.03.05 02:06:54	L1	PLT		UP		1.4	
2010.03.05 02:06:54	L2	PLT			2:00:00:000	1.3	
2010.03.05 02:06:54	L2	PLT		UP		1.3	
2010.03.05 04:06:54	L1	PLT		DOWN		0.6	
2010.03.05 04:06:54	L2	PLT		DOWN		0.6	
2010.03.05 06:24:33	L1	DIP			0:18:38:920	248.6	V
2010.03.05 06:24:33	L1	DIP		DOWN		249.3	V
2010.03.05 06:25:10	L3	DIP		DOWN		249.1	V
2010.03.05 06:43:12	L1	DIP		UP		254.8	V
2010.03.05 06:43:12	L3	DIP		UP		255.0	V
2010.03.05 21:43:14	L1	HZ			0:00:50:000	59.32	Hz
2010.03.05 21:43:14	L1	HZ		DOWN		59.40	Hz
2010.03.05 21:44:04	L1	HZ		UP		59.41	Hz
2010.03.06 16:03:06	L1	DIP			0:00:00:760	248.8	V
2010.03.06 16:03:06	L1	DIP		DOWN		249.1	V
2010.03.06 16:03:06	L3	DIP		DOWN		249.2	V
2010.03.06 16:03:07	L3	DIP		UP		255.2	V
2010.03.06 16:03:07	L1	DIP		UP		254.9	V
2010.03.06 21:12:50	L2	DIP			0:00:00:756	247.5	V
2010.03.06 21:12:50	L2	DIP		DOWN		248.1	V
2010.03.06 21:12:50	L1	DIP		DOWN		247.8	V
2010.03.06 21:12:50	L3	DIP		DOWN		247.6	V
2010.03.06 21:12:51	L2	DIP		UP		254.9	V
2010.03.06 21:12:51	L1	DIP		UP		255.0	V
2010.03.06 21:12:51	L3	DIP		UP		254.9	V
2010.03.07 16:06:22	L1	DIP			0:00:00:607	215.4	V
2010.03.07 16:06:22	L1	DIP		DOWN		239.4	V
2010.03.07 16:06:22	L3	DIP		DOWN		247.2	V
2010.03.07 16:06:22	L2	DIP		DOWN		248.4	V
2010.03.07 16:06:23	L2	DIP		UP		254.9	V
2010.03.07 16:06:23	L3	DIP		UP		255.8	V
2010.03.07 16:06:23	L1	DIP		UP		259.0	V
2010.03.07 16:06:42	L1	DIP			0:00:00:128	220.7	V
2010.03.07 16:06:42	L1	DIP		DOWN		246.3	V
2010.03.07 16:06:42	L3	DIP		DOWN		248.0	V
2010.03.07 16:06:42	L2	DIP		DOWN		249.2	V
2010.03.07 16:06:42	L2	DIP		UP		255.4	V
2010.03.07 16:06:42	L1	DIP		UP		255.4	V
2010.03.07 16:06:42	L3	DIP		UP		255.4	V

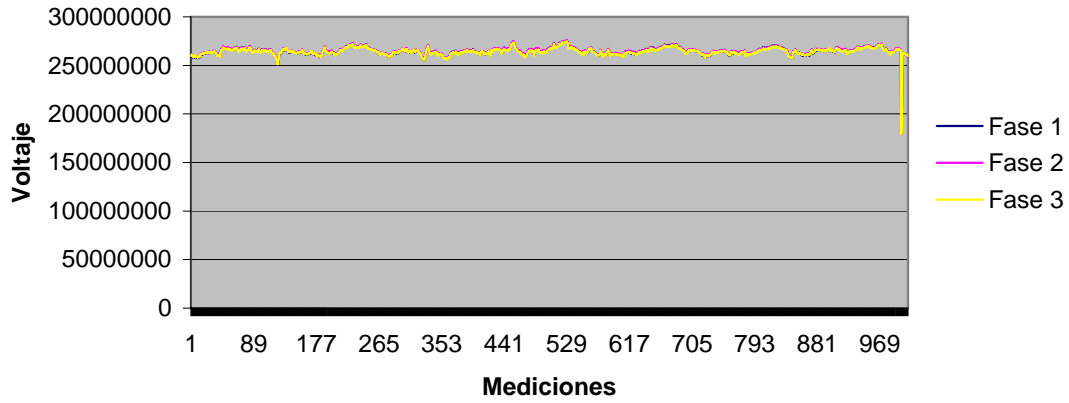
TIME	INPUT	TYPE	HARMONICS NR	DIRECTION	DURATION	VALUE	UNIT
2010.03.07 14:06:54	L1	PLT			4:00:00:000	4.5	
2010.03.07 14:06:54	L1	PLT		UP		1.6	
2010.03.07 16:24:02	L1	DIP			0:00:00:229	110.0	V
2010.03.07 16:24:02	L1	DIP		DOWN		234.7	V
2010.03.07 16:24:02	L2	DIP		DOWN		197.7	V
2010.03.07 16:24:02	L3	DIP		DOWN		247.9	V
2010.03.07 16:24:02	L2	DIP		UP		255.3	V
2010.03.07 16:24:02	L1	DIP		UP		255.0	V
2010.03.07 16:24:02	L3	DIP		UP		255.1	V
2010.03.07 16:24:05	L2	DIP			0:00:00:188	104.2	V
2010.03.07 16:24:05	L2	DIP		DOWN		208.7	V
2010.03.07 16:24:05	L1	DIP		DOWN		209.6	V
2010.03.07 16:24:05	L3	DIP		DOWN		246.5	V
2010.03.07 16:24:05	L3	DIP		UP		255.3	V
2010.03.07 16:24:05	L2	DIP		UP		255.3	V
2010.03.07 16:24:05	L1	DIP		UP		255.5	V
2010.03.07 16:24:09	L2	DIP			0:00:00:134	224.0	V
2010.03.07 16:24:09	L2	DIP		DOWN		239.4	V
2010.03.07 16:24:09	L1	DIP		DOWN		247.2	V
2010.03.07 16:24:09	L3	DIP		DOWN		237.0	V
2010.03.07 16:24:09	L1	DIP		UP		255.0	V
2010.03.07 16:24:09	L3	DIP		UP		255.2	V
2010.03.07 16:24:09	L2	DIP		UP		255.0	V
2010.03.07 16:24:15	L1	DIP			0:00:00:050	247.9	V
2010.03.07 16:24:15	L1	DIP		DOWN		247.9	V
2010.03.07 16:24:15	L1	DIP		UP		255.3	V
2010.03.07 16:29:37	L1	DIP			0:00:01:280	238.5	V
2010.03.07 16:29:37	L1	DIP		DOWN		244.1	V
2010.03.07 16:29:37	L3	DIP		DOWN		240.8	V
2010.03.07 16:29:37	L2	DIP		DOWN		242.2	V
2010.03.07 16:29:38	L2	DIP		UP		258.1	V
2010.03.07 16:29:38	L1	DIP		UP		258.8	V
2010.03.07 16:29:38	L3	DIP		UP		258.8	V
2010.03.07 16:29:43	L3	DIP			0:00:00:117	229.9	V
2010.03.07 16:29:43	L3	DIP		DOWN		245.8	V
2010.03.07 16:29:43	L2	DIP		DOWN		245.2	V
2010.03.07 16:29:43	L1	DIP		DOWN		248.7	V
2010.03.07 16:29:43	L1	DIP		UP		255.1	V
2010.03.07 16:29:43	L2	DIP		UP		255.3	V
2010.03.07 16:29:43	L3	DIP		UP		255.2	V
2010.03.07 17:02:47	L3	DIP			0:00:01:373	242.5	V
2010.03.07 17:02:47	L3	DIP		DOWN		245.9	V
2010.03.07 17:02:47	L2	DIP		DOWN		245.6	V
2010.03.07 17:02:47	L1	DIP		DOWN		244.7	V
2010.03.07 17:02:49	L3	DIP		UP		257.1	V
2010.03.07 17:02:49	L2	DIP		UP		259.4	V
2010.03.07 17:02:49	L1	DIP		UP		260.0	V
2010.03.07 16:06:54	L2	PLT			2:00:00:000	5.4	
2010.03.07 16:06:54	L2	PLT		UP		5.4	
2010.03.07 16:06:54	L3	PLT			2:00:00:000	1.3	
2010.03.07 16:06:54	L3	PLT		UP		1.3	

TIME	INPUT	TYPE	HARMONICS NR	DIRECTION	DURATION	VALUE	UNIT
2010.03.07 18:31:49	L3	DIP			0:00:00:678	238.8	V
2010.03.07 18:31:49	L3	DIP		DOWN		242.9	V
2010.03.07 18:31:50	L3	DIP		UP		257.3	V
2010.03.07 18:06:54	L1	PLT		DOWN		0.4	
2010.03.07 18:06:54	L2	PLT		DOWN		0.3	
2010.03.07 18:06:54	L3	PLT		DOWN		0.6	
2010.03.08 01:04:54	L1	HZ			0:02:50:000	60.70	Hz
2010.03.08 01:04:54	L1	HZ		UP		60.60	Hz
2010.03.08 01:07:44	L1	HZ		DOWN		60.57	Hz
2010.03.08 02:21:21	L3	DIP			0:00:00:028	243.2	V
2010.03.08 02:21:21	L3	DIP		DOWN		249.2	V
2010.03.08 02:21:21	L2	DIP		DOWN		243.2	V
2010.03.08 02:21:21	L3	DIP		UP		256.4	V
2010.03.08 02:21:21	L2	DIP		UP		255.2	V
2010.03.08 03:25:04	L1	HZ			0:00:30:000	60.63	Hz
2010.03.08 03:25:04	L1	HZ		UP		60.62	Hz
2010.03.08 03:25:34	L1	HZ		DOWN		60.60	Hz
2010.03.08 03:25:44	L1	HZ			0:00:30:000	60.62	Hz
2010.03.08 03:25:44	L1	HZ		UP		60.62	Hz
2010.03.08 03:26:14	L1	HZ		DOWN		60.60	Hz
2010.03.08 03:26:24	L1	HZ			0:00:10:000	60.60	Hz
2010.03.08 03:26:24	L1	HZ		UP		60.60	Hz
2010.03.08 03:26:34	L1	HZ		DOWN		60.60	Hz
2010.03.08 09:50:04	L1	HZ			0:02:30:000	58.72	Hz
2010.03.08 09:50:04	L1	HZ		DOWN		59.39	Hz
2010.03.08 09:52:34	L1	HZ		UP		59.44	Hz
2010.03.08 11:23:35	L1	DIP			0:00:00:469	244.0	V
2010.03.08 11:23:35	L1	DIP		DOWN		244.0	V
2010.03.08 11:23:35	L1	DIP		UP		254.9	V
2010.03.08 12:10:21	L1	DIP			0:00:00:685	249.3	V
2010.03.08 12:10:21	L1	DIP		DOWN		249.3	V
2010.03.08 12:10:22	L1	DIP		UP		255.1	V
2010.03.08 13:40:49	L2	DIP			0:00:00:150	242.4	V
2010.03.08 13:40:49	L2	DIP		DOWN		246.4	V
2010.03.08 13:40:49	L1	DIP		DOWN		246.7	V
2010.03.08 13:40:50	L1	DIP		UP		256.1	V
2010.03.08 13:40:50	L2	DIP		UP		258.0	V
2010.03.09 16:20:02	L1	DIP			0:00:00:708	238.8	V
2010.03.09 16:20:02	L1	DIP		DOWN		238.8	V
2010.03.09 16:20:02	L3	DIP		DOWN		240.9	V
2010.03.09 16:20:03	L3	DIP		UP		254.8	V
2010.03.09 16:20:03	L1	DIP		UP		254.9	V
2010.03.09 19:39:34	L1	HZ			0:01:40:000	58.68	Hz
2010.03.09 19:39:34	L1	HZ		DOWN		59.01	Hz
2010.03.09 19:41:14	L1	HZ		UP		59.40	Hz
2010.03.10 11:16:36	L1	DIP			0:00:00:502	241.1	V
2010.03.10 11:16:36	L1	DIP		DOWN		241.1	V
2010.03.10 11:16:37	L1	DIP		UP		254.9	V
2010.03.10 23:52:44	L1	HZ			0:02:50:000	60.70	Hz
2010.03.10 23:52:44	L1	HZ		UP		60.62	Hz
2010.03.10 23:55:34	L1	HZ		DOWN		60.59	Hz

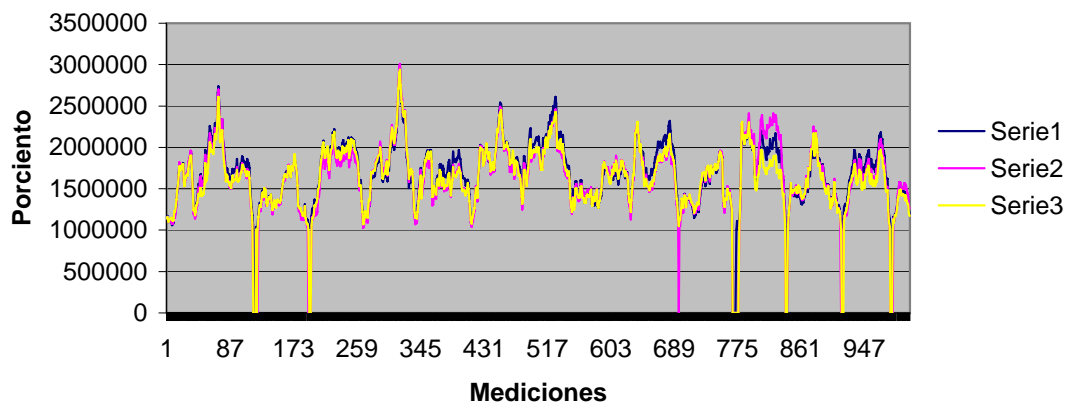
TIME	INPUT	TYPE	HARMONICS NR	DIRECTION	DURATION	VALUE	UNIT
2010.03.11 06:05:44	L1	HZ			0:01:50:000	59.29	Hz
2010.03.11 06:05:44	L1	HZ		DOWN		59.38	Hz
2010.03.11 06:07:34	L1	HZ		UP		59.42	Hz
2010.03.11 08:31:27	L3	DIP			0:09:33:428	0.0	V
2010.03.11 08:31:27	L3	DIP		DOWN		246.3	V
2010.03.11 08:31:27	L1	DIP		DOWN		232.0	V
2010.03.11 08:31:27	L2	DIP		DOWN		221.6	V
2010.03.11 08:31:28	L3	INTERRUPT		DOWN		2.6	V
2010.03.11 08:31:28	L2	INTERRUPT		DOWN		2.5	V
2010.03.11 08:31:28	L1	INTERRUPT			0:09:33:011	0.0	V
2010.03.11 08:31:28	L1	INTERRUPT		DOWN		2.5	V
2010.03.11 08:26:54	L1	RMS			0:20:00:000	179.4	V
2010.03.11 08:26:54	L1	RMS		DOWN		179.4	V
2010.03.11 08:26:54	L1	RMS		DOWN		179.4	V
2010.03.11 08:26:54	L2	RMS			0:20:00:000	179.6	V
2010.03.11 08:26:54	L2	RMS		DOWN		179.6	V
2010.03.11 08:26:54	L2	RMS		DOWN		179.6	V
2010.03.11 08:26:54	L3	RMS			0:20:00:000	179.2	V
2010.03.11 08:26:54	L3	RMS		DOWN		179.2	V
2010.03.11 08:26:54	L3	RMS		DOWN		179.2	V
2010.03.11 08:26:54	L1	THD			0:20:00:000	327.7	%
2010.03.11 08:26:54	L1	THD		UP		327.7	%
2010.03.11 08:26:54	L1	THD		UP		327.7	%
2010.03.11 08:26:54	L2	THD			0:20:00:000	327.7	%
2010.03.11 08:26:54	L2	THD		UP		327.7	%
2010.03.11 08:26:54	L2	THD		UP		327.7	%
2010.03.11 08:26:54	L3	THD			0:20:00:000	28.7	%
2010.03.11 08:26:54	L3	THD		UP		28.7	%
2010.03.11 08:26:54	L3	THD		UP		28.7	%
2010.03.11 08:41:01	L2	INTERRUPT		UP		85.2	V
2010.03.11 08:41:01	L1	INTERRUPT		UP		125.2	V
2010.03.11 08:41:01	L3	INTERRUPT		UP		145.5	V
2010.03.11 08:41:01	L2	DIP		UP		257.1	V
2010.03.11 08:41:01	L3	DIP		UP		255.9	V
2010.03.11 08:41:01	L1	DIP		UP		255.2	V
2010.03.11 08:42:04	L3	DIP			0:00:00:027	241.1	V
2010.03.11 08:42:04	L3	DIP		DOWN		248.5	V
2010.03.11 08:42:04	L2	DIP		DOWN		241.1	V
2010.03.11 08:42:04	L3	DIP		UP		257.3	V
2010.03.11 08:42:04	L2	DIP		UP		255.0	V
2010.03.11 08:46:54	L1	RMS		UP		263.1	V
2010.03.11 08:46:54	L1	RMS		UP		263.1	V
2010.03.11 08:46:54	L2	RMS		UP		263.2	V
2010.03.11 08:46:54	L2	RMS		UP		263.2	V
2010.03.11 08:46:54	L3	RMS		UP		263.1	V
2010.03.11 08:46:54	L3	RMS		UP		263.1	V
2010.03.11 08:46:54	L1	THD		DOWN		1.5	%
2010.03.11 08:46:54	L1	THD		DOWN		1.5	%
2010.03.11 08:46:54	L2	THD		DOWN		1.6	%
2010.03.11 08:46:54	L2	THD		DOWN		1.6	%
2010.03.11 08:46:54	L3	THD		DOWN		1.4	%

TIME	INPUT	TYPE	HARMONICS NR	DIRECTION	DURATION	VALUE	UNIT
2010.03.11 08:46:54	L3	THD		DOWN		1.4	%
2010.03.11 10:06:04	L1	DIP			0:00:01:018	245.6	V
2010.03.11 10:06:04	L1	DIP		DOWN		247.8	V
2010.03.11 10:06:04	L3	DIP		DOWN		247.6	V
2010.03.11 10:06:04	L2	DIP		DOWN		247.2	V
2010.03.11 10:06:05	L2	DIP		UP		254.9	V
2010.03.11 10:06:05	L3	DIP		UP		255.0	V
2010.03.11 10:06:05	L1	DIP		UP		255.1	V
2010.03.11 08:06:54	L1	PLT					V
2010.03.11 08:06:54	L1	PLT		UP		13.5	
2010.03.11 08:06:54	L2	PLT					
2010.03.11 08:06:54	L2	PLT		UP		13.6	
2010.03.11 08:06:54	L3	PLT					
2010.03.11 08:06:54	L3	PLT		UP		13.5	

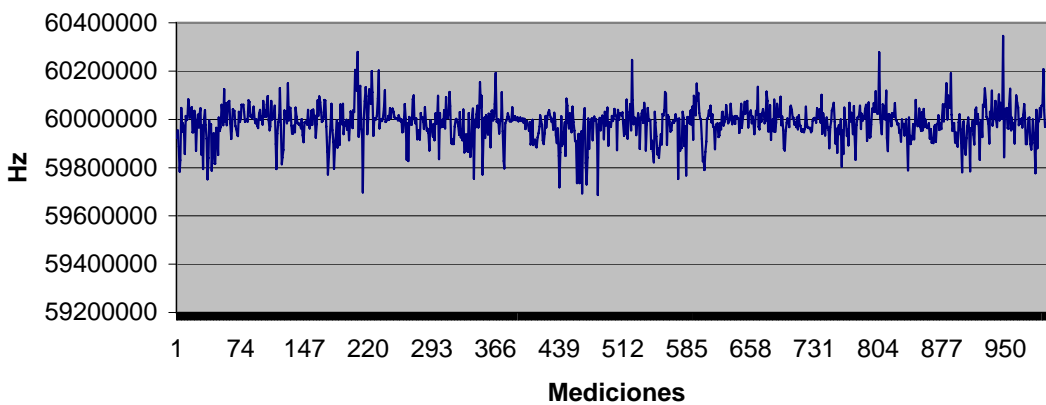
Fructuación de Voltaje

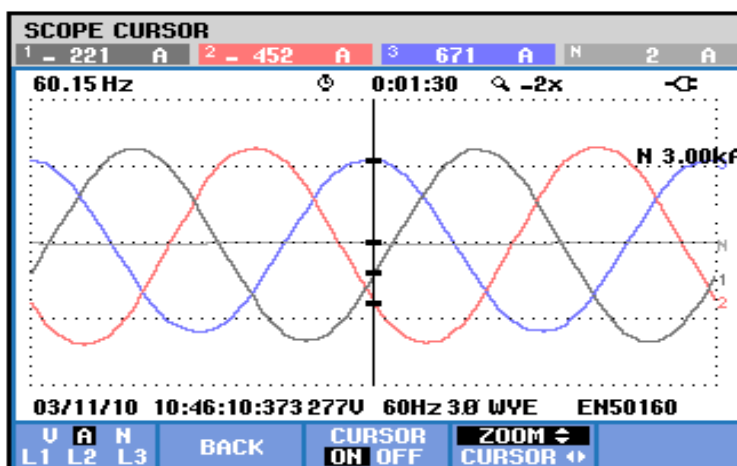
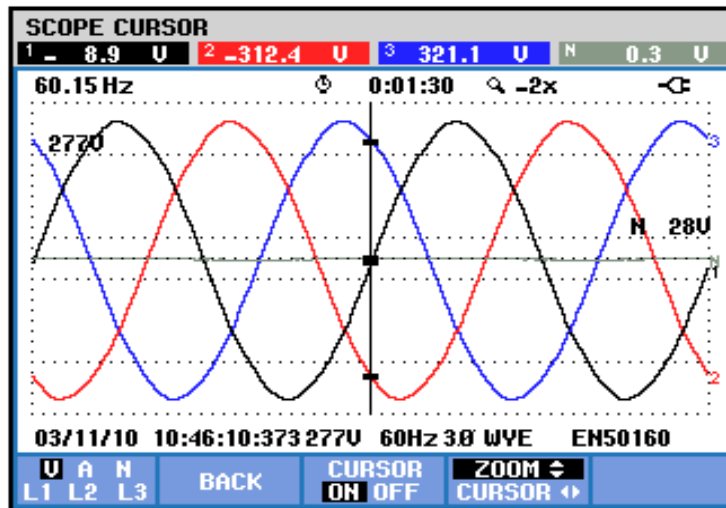
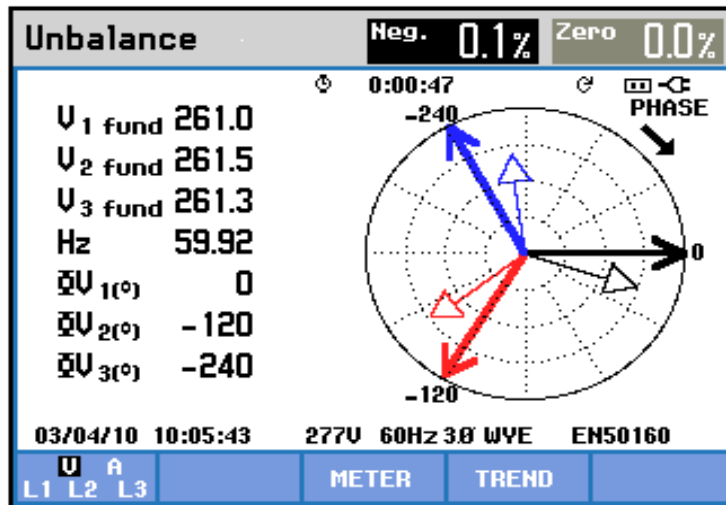


THDv



Frecuencia



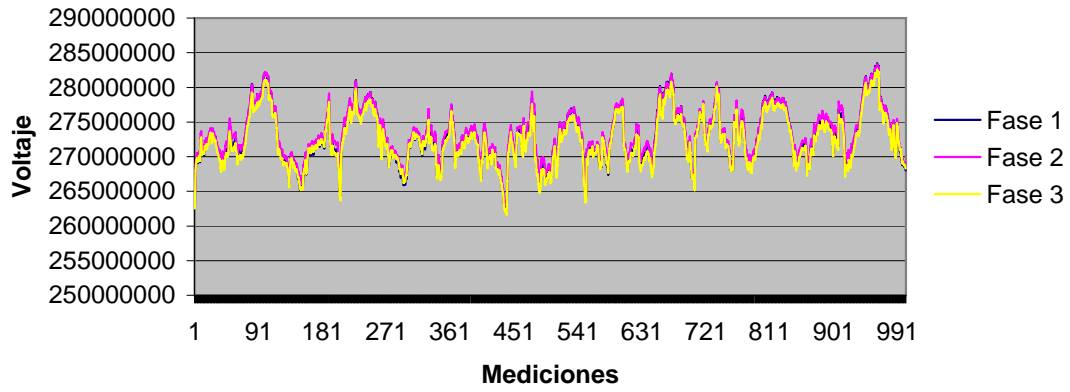


Anexo E Registros y Graficos de parámetros de Calidad de Energía en CC RMN

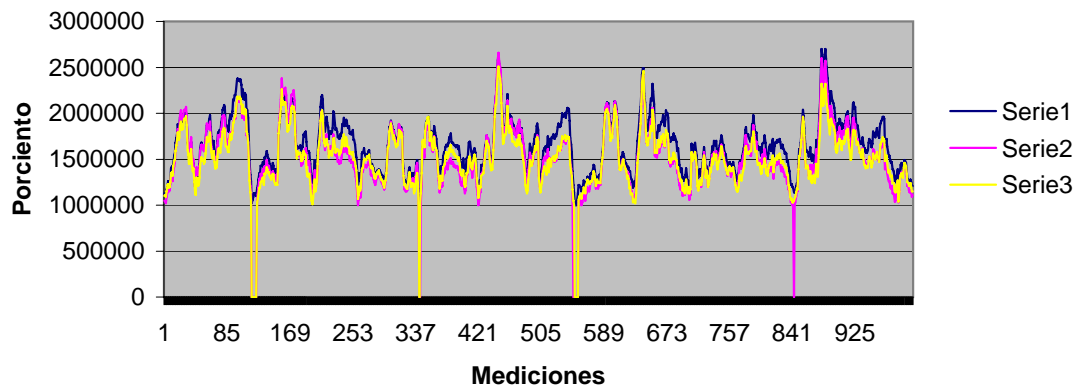
TIME	INPUT	TYPE	HARMONICS NR	DIRECTION	DURATION	VALUE	UNIT
2010.03.15 10:37:41							
2010.03.16 09:50:20	L3	DIP			0:00:00:392	232.0	V
2010.03.16 09:50:20	L3	DIP		DOWN		240.7	V
2010.03.16 09:50:20	L1	DIP		DOWN		249.2	V
2010.03.16 09:50:20	L1	DIP		UP		255.6	V
2010.03.16 09:50:20	L3	DIP		UP		263.2	V
2010.03.16 08:37:41	L3	PLT			4:00:00:000	1.1	
2010.03.16 08:37:41	L3	PLT		UP		1.1	
2010.03.16 12:05:42	L1	DIP			0:00:01:662	236.9	V
2010.03.16 12:05:42	L1	DIP		DOWN		247.1	V
2010.03.16 12:05:42	L3	DIP		DOWN		246.0	V
2010.03.16 12:05:42	L2	DIP		DOWN		247.1	V
2010.03.16 12:05:43	L2	DIP		UP		254.9	V
2010.03.16 12:05:44	L1	DIP		UP		255.9	V
2010.03.16 12:05:44	L3	DIP		UP		255.4	V
2010.03.16 12:06:21	L1	HZ			0:02:50:000	58.60	Hz
2010.03.16 12:06:21	L1	HZ		DOWN		59.26	Hz
2010.03.16 12:09:11	L1	HZ		UP		59.49	Hz
2010.03.16 12:37:41	L3	PLT		DOWN		0.5	
2010.03.17 06:06:03	L2	DIP			0:00:01:228	230.6	V
2010.03.17 06:06:03	L2	DIP		DOWN		236.8	V
2010.03.17 06:06:03	L1	DIP		DOWN		249.3	V
2010.03.17 06:06:04	L1	DIP		UP		262.4	V
2010.03.17 06:06:04	L2	DIP		UP		270.8	V
2010.03.17 04:37:41	L2	PLT			2:00:00:000	1.4	
2010.03.17 04:37:41	L2	PLT		UP		1.4	
2010.03.17 06:37:41	L2	PLT		DOWN		0.4	
2010.03.18 15:24:31	L1	HZ			0:01:20:000	59.36	Hz
2010.03.18 15:24:31	L1	HZ		DOWN		59.37	Hz
2010.03.18 15:25:51	L1	HZ		UP		59.44	Hz
2010.03.18 15:54:01	L1	HZ			0:00:20:000	59.37	Hz
2010.03.18 15:54:01	L1	HZ		DOWN		59.39	Hz
2010.03.18 15:54:21	L1	HZ		UP		59.61	Hz
2010.03.18 15:54:41	L1	HZ			0:01:40:000	59.31	Hz
2010.03.18 15:54:41	L1	HZ		DOWN		59.33	Hz
2010.03.18 15:56:21	L1	HZ		UP		59.41	Hz
2010.03.18 15:59:31	L1	HZ			0:01:20:000	58.71	Hz
2010.03.18 15:59:31	L1	HZ		DOWN		59.02	Hz
2010.03.18 16:00:51	L1	HZ		UP		59.44	Hz
2010.03.18 16:02:01	L1	HZ			0:01:50:000	59.26	Hz
2010.03.18 16:02:01	L1	HZ		DOWN		59.33	Hz
2010.03.18 16:03:51	L1	HZ		UP		59.40	Hz
2010.03.18 18:18:51	L1	HZ			0:04:30:000	58.69	Hz
2010.03.18 18:18:51	L1	HZ		DOWN		59.39	Hz
2010.03.18 18:23:21	L1	HZ		UP		59.42	Hz
2010.03.19 04:55:11	L1	HZ			0:00:30:000	59.38	Hz
2010.03.19 04:55:11	L1	HZ		DOWN		59.38	Hz
2010.03.19 04:55:41	L1	HZ		UP		59.42	Hz
2010.03.19 12:13:21	L1	HZ			0:01:40:000	59.31	Hz

TIME	INPUT	TYPE	HARMONICS NR	DIRECTION	DURATION	VALUE	UNIT
2010.03.19 12:13:21	L1	HZ		DOWN		59.37	Hz
2010.03.19 12:15:01	L1	HZ		UP		59.42	Hz
2010.03.19 23:37:01	L1	HZ			0:00:20:000	59.39	Hz
2010.03.19 23:37:01	L1	HZ		DOWN		59.40	Hz
2010.03.19 23:37:21	L1	HZ		UP		59.40	Hz
2010.03.20 23:25:31	L1	HZ			0:00:30:000	59.33	Hz
2010.03.20 23:25:31	L1	HZ		DOWN		59.39	Hz
2010.03.20 23:26:01	L1	HZ		UP		59.46	Hz
2010.03.20 23:26:31	L1	HZ			0:00:10:000	59.40	Hz
2010.03.20 23:26:31	L1	HZ		DOWN		59.40	Hz
2010.03.20 23:26:41	L1	HZ		UP		59.41	Hz
2010.03.21 09:20:11	L1	HZ			0:02:40:000	58.68	Hz
2010.03.21 09:20:11	L1	HZ		DOWN		59.34	Hz
2010.03.21 09:22:51	L1	HZ		UP		59.43	Hz
2010.03.22 04:20:21	L1	HZ			0:03:00:000	58.91	Hz
2010.03.22 04:20:21	L1	HZ		DOWN		59.28	Hz
2010.03.22 04:23:21	L1	HZ		UP		59.46	Hz
2010.03.22 05:47:41	L1	HZ			0:00:30:000	60.61	Hz
2010.03.22 05:47:41	L1	HZ		UP		60.61	Hz
2010.03.22 05:48:11	L1	HZ		DOWN		60.60	Hz
2010.03.22 06:15:01	L1	HZ			0:02:10:000	59.19	Hz
2010.03.22 06:15:01	L1	HZ		DOWN		59.39	Hz
2010.03.22 06:17:11	L1	HZ		UP		59.44	Hz
2010.03.22 07:20:21	L1	HZ			0:00:40:000	58.72	Hz
2010.03.22 07:20:21	L1	HZ		DOWN		59.18	Hz
2010.03.22 07:21:01	L1	HZ		UP		59.76	Hz
2010.03.22 07:25:31	L1	HZ			0:01:40:000	60.69	Hz
2010.03.22 07:25:31	L1	HZ		UP		60.61	Hz
2010.03.22 07:27:11	L1	HZ		DOWN		60.50	Hz
2010.03.22 08:22:11	L1	HZ			0:01:00:000	60.62	Hz
2010.03.22 08:22:11	L1	HZ		UP		60.62	Hz
2010.03.22 08:23:11	L1	HZ		DOWN		60.56	Hz
2010.03.22 09:13:32	L2	DIP			0:00:00:119	216.0	V
2010.03.22 09:13:32	L2	DIP		DOWN		231.1	V
2010.03.22 09:13:32	L1	DIP		DOWN		247.7	V
2010.03.22 09:13:32	L3	DIP		DOWN		247.4	V
2010.03.22 09:13:32	L3	DIP		UP		255.4	V
2010.03.22 09:13:32	L2	DIP		UP		256.7	V
2010.03.22 09:13:32	L1	DIP		UP		256.9	V

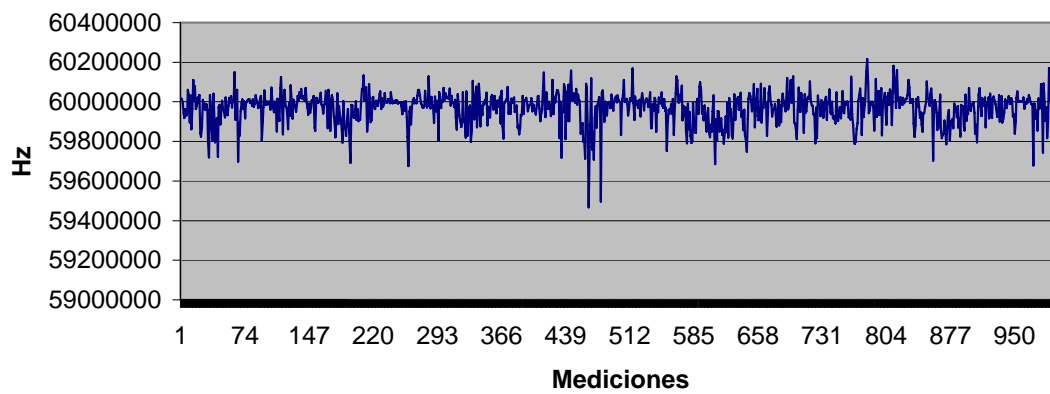
Fluctuaciones de Voltaje

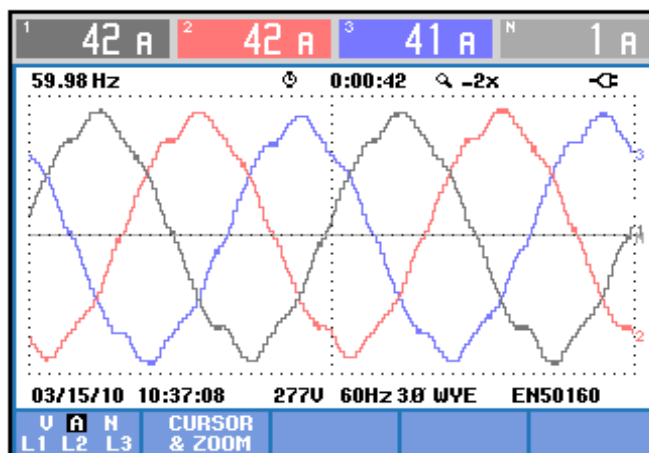
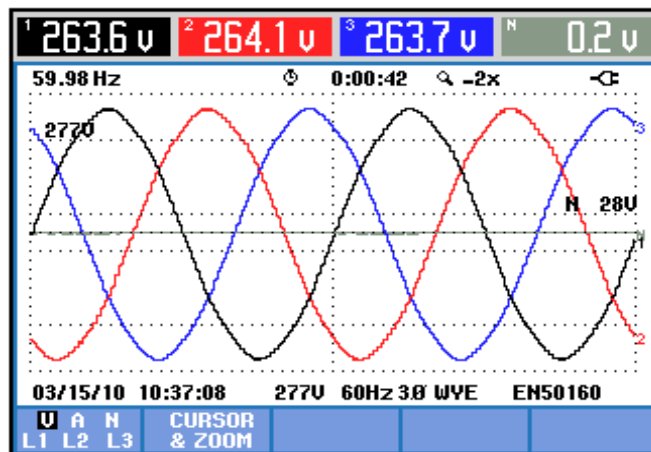
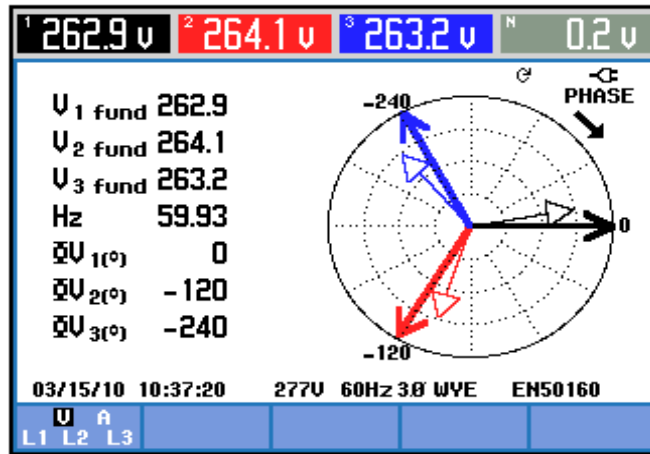


THDv



Frecuencia





HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 1 de 20

Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.

Revisó	Autorizó
Msc. Orlando Lorenzo Albert Disotuar Director Centro Provincial de Ingeniería Clínica y Electromedicina	Dra. Teresita Guillén Godales Directora Hospital Clínico Quirúrgico Lucia Iñiguez Landín

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 2 de 20

INDICE

Objetivo	3
Campo de Aplicación	3
Definiciones y Terminologías	3
Responsabilidades	4
Descripción	4
Documentos de referencias	18
Anexos	19
Cuadro de ediciones	20
Aprobaciones	20

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 3 de 20

Objetivo

El objetivo del procedimiento específico es dotar al personal especializado de montaje de equipos médicos, de la información necesaria referente a calidad de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas que permitan reducir el mal funcionamiento de los equipos de diagnóstico médicos ubicados en los locales Grupo 1 y 2 (según NC IEC 60364-7-710:2005) que se instalan sobre esquemas en funcionamiento.

Campo de Aplicación

En el procedimiento se describen los pasos a seguir para la evaluación de los parámetros de calidad de energía eléctrica que permiten reducir las fallas debido a la mala calidad del suministro eléctrico, como medida previa a la instalación de los nuevos medios de diagnósticos médicos.

También facilita los elementos necesarios para la posterior búsqueda de soluciones apropiadas para la protección y óptimo funcionamiento del equipamiento a instalar asegurando el cumplimiento de la norma vigente.

Definiciones y Terminología

Diagrama unifilar: representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en que el conjunto de conductores de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores.

Calidad de energía eléctrica: término que se emplea para describir la variación de la tensión, corriente, y frecuencia en el sistema eléctrico, indica el nivel de adecuación de la instalación para soportar y garantizar un buen funcionamiento de sus cargas.

Punto de acoplamiento común: Punto ubicado entre la subestación Principal Reductora y la entrada de alimentación al Cuadro General de Distribución.

UPS: Unidades de alimentación ininterrumpida

PGD: Pizarra General de Distribución

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 4 de 20

Analizador de Calidad de Energía: Instrumento de medida que permite detectar y registrar todos los detalles de las perturbaciones eléctricas, realizar análisis de tendencias y verificar la calidad del suministro eléctrico conforme a la clase A durante intervalos definidos por el usuario, destinado a la localización y solución de problemas, las tareas de mantenimiento preventivo y el registro y análisis a largo plazo en aplicaciones industriales y redes de suministro.

Responsabilidades

Es responsabilidad del Director General de la institución, establecer, distribuir, actualizar y controlar el presente reglamento.

Es responsabilidad del Inversionista solicitar la realización de este procedimiento en cada caso que proceda y chequear la implementación de las soluciones que se deriven del mismo.

Es responsabilidad del Jefe departamento de electromedicina nombrar el especialista eléctrico que realizará este procedimiento siempre que se instale un nuevo equipamiento médico sensible dentro de la institución hospitalaria.

Es responsabilidad del especialista eléctrico capacitado para realizar este procedimiento de la evaluación y propuesta de soluciones técnicas necesarias que garantizarán la calidad de energía suministrada al nuevo equipo a instalar.

Descripción

Cuando se insertan en los esquemas de suministros eléctricos en explotación equipos eléctricos sensibles a las perturbaciones de tensión, hay que tener en cuenta las principales características eléctricas donde se instalará, de forma tal que el equipo quede protegido y funcione correctamente adaptándose al entorno. El uso de las buenas prácticas de instalación propicia una mayor vida útil, y un reducido costo de mantenimiento y reparación.

Este procedimiento, basado en el diagnóstico de la red evaluándose la calidad de la energía eléctrica donde se insertará el nuevo equipamiento, servirá como herramienta previa para su posterior montaje y puesta en marcha. En los centros hospitalarios se instalan novedosos equipos de diagnóstico en la medida que

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 5 de 20

evolucionan los avances científico – técnicos, por lo que se debe prestar especial atención a este procedimiento teniendo en cuenta las indicaciones de la Norma Cubana para instalaciones eléctricas en locales médicos NC-IEC 60364-7-710:2005.

El procedimiento consta de 6 etapas donde se describen los pasos y actividades a seguir.

Etapa 1. Acciones iniciales

Una vez que se defina la ubicación del equipo electromédico se iniciará la:

- Localización y revisión de la documentación técnica del equipo a instalar.
- Consultas con los especialistas de explotación.
- Revisión de los esquemas unifilares existentes.

Luego del estudio de esta documentación en caso que sea necesario la revisión de otros documentos técnicos como planos, croquis, realizar la solicitud de los mismos, en caso de no existir hacer las acciones necesarias para su obtención. Al finalizar esta etapa se debió obtener toda la documentación externa necesaria para el comienzo del diagnóstico de la red en estudio.

Etapa 2. Inspección

Se inicia el diagnóstico de la red en estudio en la cual se insertará el equipo electromédico, una vez definido los circuitos, ramas o zonas de chequeo se inspecciona en campo los elementos que componen los mismos obteniendo los datos de placa de los equipos principales en cuestión como Transformadores, tableros principales y UPS, sistema de Tierra y Equipos Electrónicos.

Además se verificará:

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 6 de 20

- La actualización de los diagramas unifilares.
- Inspección del cableado, sistema de conexión a tierra.
- Inspección de cuadros eléctrico, equipos instalados.
- Obtención de los datos técnicos de la red de suministro (transformadores, conductores, receptores).
- Investigar sobre síntomas de fallos eléctricos más frecuentes.

No se permitirá el uso del sistema de conexión a tierra TN-C, los equipos e instalaciones cumplirán con las regulaciones de compatibilidad electromagnética, tener en cuenta que serán instalados en locales médicos pertenecientes al grupo 1 y 2.

Los principales datos de interés en el levantamiento (transformadores, cables, maquinarias, motores y todo consumidor de energía eléctrica que se considere importante), determinación de los equipos y sistemas más importantes y los posibles generadores de afectaciones (convertidores, UPS, variadores de velocidad, hornos, máquinas de soldar, etc), obtención de las características de las fuentes de suministro eléctrico (sistema electroenergético, grupo electrógeno, grandes UPS, bancos de condensadores y otras), principales datos de carga (potencia nominal y demandada, voltaje, corriente y factor de potencia) en la barra principal (PGD) y barras secundarias de acuerdo a los datos de técnica instalada. Determinación de los tipos de esquema de conexión a tierra ejecutado en la instalación en general y en las áreas de mayor interés, verificar la existencia y estado (inspección visual) del sistema de tierra.

Con la terminación de la etapa se detectaron los problemas referentes a las buenas prácticas de instalación eléctrica en locales médicos que inciden tanto directamente como indirectamente en la calidad de la energía eléctrica.

Etapa 3. Monitoreo

El monitoreo de la red constituye uno de los pasos más importantes para definir los principales problemas que pudiera existir y corroborar deficiencias detectadas en la etapa anterior. Se comenzará con la:

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 7 de 20

- Selección de los instrumentos de medición apropiados.
- Definir los puntos de monitoreo.
- Configuración e instalación del analizador de calidad de energía para el registro y recopilación de los parámetros eléctricos a estudiar.

Los instrumentos seleccionados contarán con los requerimientos específicos para su uso y explotación según lo regulado en las normativas CEI 61010-1 y CEI 61000-4-30. Entre ellos aparecen multímetro de gancho, analizador de calidad de energía, cámara termográfica por infrarrojos. Se iniciará las mediciones en el punto de acoplamiento común de la fuente donde se instalará el equipamiento. Con el instrumento se chequearán las características de los vectores de Voltaje y Corriente (magnitud, ángulo de defasaje y secuencia de fase). Se observará la forma de onda de Voltaje y Corriente.

Se realizan mediciones de los principales parámetros de la red (Voltaje, Corriente, Potencia Activa, Potencia Reactiva, Factor de Potencia y Armónicos).

Se recomienda la utilización del analizador de calidad de energía Fluke 435. Ofrece una completa serie de potentes funciones para la comprobación de sistemas de distribución eléctrica. Algunas de estas funciones le permiten obtener una visión general del funcionamiento del sistema eléctrico, mientras que otras le sirven para examinar detalles específicos.

Se comenzará la supervisión con registros durante 7 días en la opción MONITOR. Permite obtener una visión general de la calidad del sistema eléctrico. Al pulsar esta tecla se abre una pantalla con un gráfico de barras que muestran aspectos de la calidad de las tensiones de fase. Los gráficos cambian de verde a rojo si los aspectos relacionados no se ajustan a los límites.

Una de estas categorías contempla los límites recogidos en la normativa EN50160. Las teclas de función de la F1 a la F5 abren distintos submenús con información detallada de cada uno de los factores de la calidad eléctrica.

Esta pantalla permite comprobar si los parámetros básicos de calidad eléctrica se ajustan a los requisitos. Dichos parámetros incluyen:

1. Tensiones RMS

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 8 de 20

2. Armónicos
3. Parpadeo (Flicker)
4. Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas
5. Desequilibrio/Frecuencia/Transmisión de señales

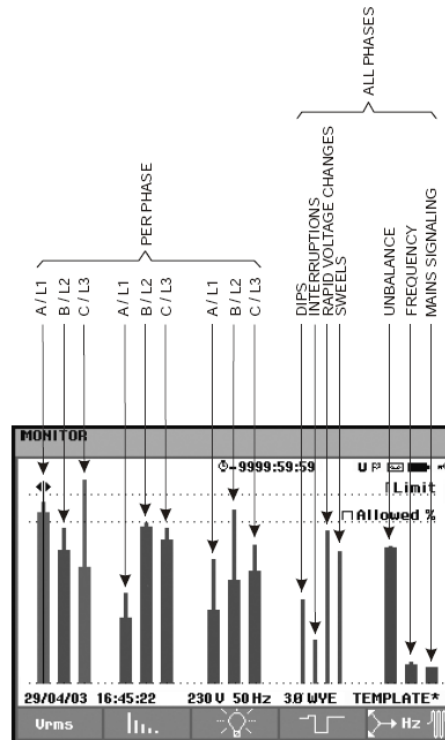


Figura 1: Pantalla principal del supervisor de calidad eléctrica.

La Supervisión de la calidad eléctrica se realiza normalmente durante un periodo largo de observación. Se accede a esta función por medio de la tecla MONITOR (Supervisión) y un menú de inicio que permite definir el inicio inmediato o programado de la medida. La duración mínima de la medida es de 2 horas, aunque uno de los períodos más frecuentes es de 1 semana.

Los parámetros de calidad eléctrica Tensiones RMS, Armónicos y Flicker cuentan con una barra para cada fase. De izquierda a derecha, estas tres barras están relacionadas con las fases A (L1), B (L2) y C (L3).

Los parámetros Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas y Equilibrio/Frecuencia sólo tienen una barra para cada parámetro, que representa el rendimiento a lo largo de tres fases.

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 9 de 20

La pantalla principal incluye una única barra para Transmisión de señales que representa el rendimiento del conjunto de las tres fases y para la frecuencia 1 y 2. El submenú al que se accede con la tecla de función F5 incluye barras independientes para cada fase y para la frecuencia 1 y 2.

La mayoría de los gráficos de barras tienen una base más gruesa que indica los límites ajustables de tiempo relacionados (por ejemplo, el 95% del tiempo dentro del límite) y una parte superior, más estrecha, que indica el límite fijo del 100%. Si uno de los límites se supera, la barra correspondiente cambia de color verde a rojo. Las líneas horizontales de puntos que aparecen en la pantalla indican el límite del 100% y el límite ajustable.

El significado de los gráficos de barras con una base más gruesa y una parte superior más estrecha se explica a continuación. Tomemos como ejemplo la tensión RMS: en este caso, dicha tensión tiene un valor nominal de 120 V con una tolerancia de + y - 15% (rango de tolerancia entre 102 y 138 V). El analizador supervisa constantemente la tensión RMS momentánea, calculando la media de estos valores medidos a lo largo de periodos de observación de 10 minutos. Las medias de estos periodos de 10 minutos se comparan con el rango de tolerancia (en este ejemplo, 102-138 V).

El límite del 100% indica que medias de los períodos de 10 minutos deben encontrarse siempre dentro del rango (es decir, el 100% del tiempo o con una probabilidad del 100%). El gráfico de barras se volverá de color rojo si la media de un periodo de 10 minutos supera el rango de tolerancia.

Si el límite ajustable es del, por ejemplo, 95% (es decir, una probabilidad del 95%) significa que el 95% de las medias de los periodos de 10 minutos se deben encontrar dentro de la tolerancia. El límite del 95% es menos estricto que el del 100%, por lo que el rango de tolerancia relacionado normalmente es más reducido: por ejemplo, para 120 V sería + o - 10% (un rango de tolerancia entre 108 y 132 V).

Las barras de Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas son estrechas e indican el número de infracciones de los límites que se han producido durante el período de observación. El número de infracciones permitidas es

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 10 de 20

ajustable (por ejemplo, 20 bajadas por semana). La barra pasa a ser de color rojo si se supera el límite ajustado.

Puede utilizar una categoría predefinida de límites o definir una personalizada. Se puede considerar como ejemplo de una categoría predefinida aquella que se ajusta al estándar EN50160. Se pueden seleccionar hasta 6 categorías como máximo: 2 categorías instaladas de fábrica, 2 categorías que sólo puede definir el administrador mediante el software de FlukeView SW43W y 2 categorías que se pueden cambiar en el analizador.

Características específicas de la medida:

- Eventos de V rms: se graba un evento cada vez que un valor RMS agregado de 10 minutos supere sus límites.
- Eventos de Armónicos: se graba un evento cada vez que un THD o armónico agregado de 10 minutos supere sus límites.
- Eventos de Flicker: se graba un evento cada vez que una Plt (severidad a largo plazo) supere sus límites.
- Eventos de Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas: se graba un evento cada vez que uno de los elementos supere sus límites.
- Eventos de Desequilibrio y Frecuencia: se graba un evento cada vez que un valor RMS agregado de 10 minutos supere sus límites.

Luego de terminada las mediciones se analizarán en detalle aquellos parámetros que se encuentran fuera del rango establecido.

Para examinar en detalle se monitoreará la:

Tensiones de fase. Deben ser similares al valor nominal. Las formas de onda de tensión deben ser del tipo sinusoidal, es decir, suavizadas y sin distorsiones. Compruébelo con la función de osciloscopio. Utilice el modo Fluctuaciones para registrar cambios repentinos de tensión. Capture anomalías de la tensión con el modo Transitorios.

Corrientes de fase. La opción Volt./Amp./Hz. y Fluctuaciones permite comprobar las relaciones de corriente/tensión. Utilice Corriente de arranque para registrar aumentos repentinos de la corriente como la corriente de arranque de motores.

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 11 de 20

Factor de cresta. Un factor de cresta de 1,8 o superior supone una distorsión notable en la forma de onda. Compruebe la distorsión en la pantalla de osciloscopio. Utilice el modo Armónicos para identificar armónicos y la distorsión armónica total (THD).

Armónicos. El modo Armónicos permite comprobar armónicos de tensión y corriente, y la THD por fases. Utilice la tendencia para el registro de armónicos a lo largo del tiempo. La pantalla Armónicos mide y graba los armónicos e interarmónicos hasta el 50º. También mide los datos relacionados, como los componentes CC, la THD (distorsión armónica total) y el factor K. Las lecturas pueden mostrarse como porcentaje del fundamental o como porcentaje de todos los armónicos combinados (valor rms). Los resultados se pueden visualizar en una pantalla de gráfico de barras, una pantalla de multímetro o una pantalla de tendencias.

Los armónicos de secuencia positiva intentan que el motor funcione más rápido que el fundamental; los armónicos de secuencia negativa intentan que funcione más lentamente que el fundamental. En ambos casos, el motor pierde par y se recalienta. Los armónicos también pueden hacer que los transformadores se sobrecalienten. Si las formas de onda son simétricas (es decir, igual de positivas que de negativas), incluso los armónicos desaparecen.

Los armónicos de secuencia cero se suman en los conductores neutros, lo cual puede provocar el sobrecalentamiento de dichos conductores.

Distorsión. Cabe esperar distorsión de corriente en un sistema con cargas no lineales, como suministros de energía CC. Cuando la distorsión de corriente comienza a producir una distorsión de tensión (THD) de más del 5%, es señal de un problema potencial.

Flicker (Parpadeo). El modo Parpadeo le permite comprobar los parpadeos de tensión a corto y largo plazo, así como otros datos relacionados por fases. Utilice la tendencia para el registro de estos valores a lo largo del tiempo. La pantalla Parpadeo cuantifica la fluctuación de luminancia de las lámparas provocada por las variaciones de la tensión de alimentación. El algoritmo de la medida cumple la norma IEC61000-4-15 y se basa en un modelo perceptivo del sistema sensorial

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 12 de 20

del cerebro y el ojo humano. El analizador convierte la duración y magnitud de las variaciones de tensión en el 'factor de irritación' provocado por el flicker resultante de una lámpara de 60 W. Una lectura alta del flicker indica que a la mayoría de la gente le molestarían los cambios de luminancia. La variación de tensión puede ser relativamente pequeña. La medida está optimizada para lámparas con alimentación de 120 V / 60 Hz o 230 V / 60 Hz. En una pantalla Multímetro se muestran los parámetros que caracterizan el flicker (parpadeo) por fase. La pantalla Tendencia relacionada muestra los cambios de todos los valores de medida en la pantalla Multímetro.

El flicker se caracteriza por: severidad a corto plazo Pst (medida en 1 minuto para ofrecer rápidamente la información, o bien medida durante 10 minutos) y severidad a largo plazo Plt (medida durante 2 horas). En la pantalla de multímetro aparecen todos estos datos, así como los parámetros D relacionados CC, Dmax y TD (conforme a la norma IEC61000-3- 3).

Utilice la tendencia del flicker y la tensión de medio ciclo o las tendencias de corriente para localizar la fuente del flicker. El Pst de 10 minutos emplea un periodo de medida más largo para eliminar la influencia de las variaciones de tensión aleatorias. También es lo suficientemente largo como para detectar interferencias de una sola fuente con un ciclo de trabajo largo, como aparatos eléctricos domésticos y bombas.

Un periodo de medida de 2 horas (Plt) resulta útil cuando puede haber más de una fuente de interferencias con ciclos de trabajo irregulares y también para equipos como soldadoras y laminadoras.

Fluctuaciones. El modo Fluctuaciones permite registrar cambios repentinos de tensión como de corto y medio ciclo. Registra subidas (DIPS), interrupciones (INTERRUPTIONS), cambios rápidos de tensión (RAPID VOLTAGE CHANGES) y bajadas (SWELLS).

Las bajadas (fluctuaciones) y subidas son desviaciones rápidas de la tensión normal.

Pueden alcanzar una magnitud de diez a cientos de voltios. La duración puede variar de medio ciclo a unos segundos, conforme se define en EN61000-4-30. El

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 13 de 20

analizador le permite seleccionar la tensión nominal o gradual de referencia (REFERENCE VOLTAGE). Una tensión de referencia gradual utiliza los valores medidos y filtrados con una constante de tiempo de un minuto.

Durante una bajada, la tensión desciende y en una subida aumenta. En sistemas trifásicos, una bajada comienza cuando la tensión de una o más fases cae por debajo del umbral de bajada (THRESHOLD) y termina cuando todas las fases son iguales o superiores al umbral de bajada más la histéresis. Las condiciones de disparo para las subidas y bajadas son el umbral y la histéresis (HYSTERESIS). Las subidas y bajadas se caracterizan por la duración (duration), magnitud y hora (time) en las que se producen. Las figuras 2 y 3 sirven de ejemplo.

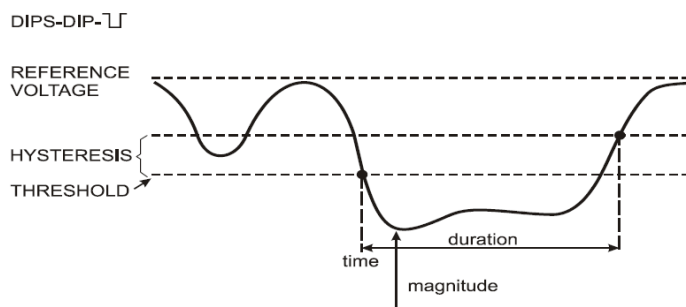


Figura 2: Características de una bajada de tensión.

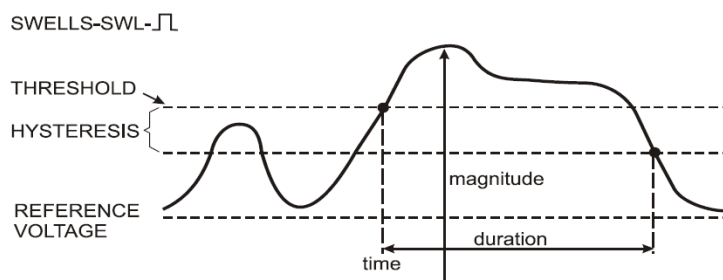


Figura 3: Características de una subida de tensión.

Durante una interrupción, la tensión desciende notablemente por debajo del valor nominal. En los sistemas trifásicos, una interrupción comienza cuando la tensión de todas las fases está por debajo del umbral y termina cuando una fase iguala o supera al umbral de interrupción más la histéresis. Las condiciones de disparo

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 14 de 20

para las interrupciones son el umbral y la histéresis. Las interrupciones se caracterizan por la duración, magnitud y hora en las que se producen. La figura 4 sirve de ejemplo.

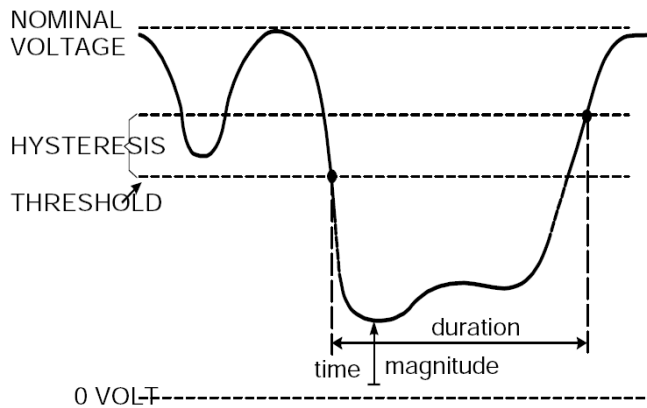


Figura 4: Características de una interrupción de tensión.

Los cambios rápidos de tensión son transiciones rápidas de la tensión RMS producidas entre dos estados estables. Estos cambios se capturan de acuerdo con la tolerancia de tensión estable, el tiempo de estabilidad, el incremento mínimo detectado y la frecuencia mínima (%/s). Cuando un cambio de tensión cruza los umbrales de fluctuación, se considera como tal y no como cambio rápido de tensión. Al configurar los límites, además de la detección basada en incrementos de tensión (V_{step}), se puede seleccionar la detección basada en cambios de tensión máxima (V_{max}). Tenga en cuenta que para FoL noruego se requiere la detección en V_{max} . La lista de eventos muestra el incremento de tensión y el tiempo de transición. La lista de eventos detallada muestra la V_{max} relativa a la tensión nominal. Ver figura 5.

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 15 de 20

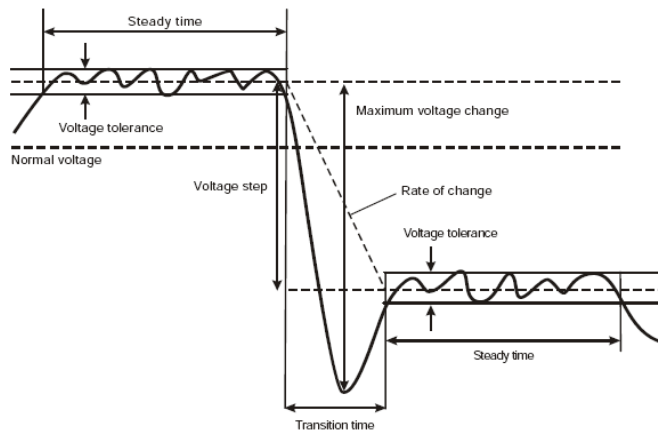


Figura 5: Característica de un cambio de tensión.

La presencia de bajadas (fluctuaciones) y subidas podría ser indicativo de un sistema de distribución eléctrico pobre, en el que la tensión cambia notablemente cuando un motor potente o una soldadora se apaga o enciende. Esto podría ocasionar que las luces parpadeen o incluso iluminen escasamente. Asimismo, en los sistemas informáticos y controladores de procesos, se podrían producir operaciones de reinicio y pérdida de datos.

Al supervisar la tendencia de la corriente y la tensión en la entrada de servicio de la potencia, podrá averiguar si la causa de una bajada de tensión está dentro o fuera del edificio de las instalaciones. La causa está en el interior del edificio (descendente) si la tensión cae mientras la corriente aumenta; está fuera (ascendente) si tanto la tensión como la corriente caen.

Frecuencia. La frecuencia debe ser similar al valor nominal. Por lo general, se trata de un factor bastante estable. La variación de la frecuencia durante un período determinado se registra en la pantalla de tendencias.

Desequilibrio. La tensión de cada fase no debe diferir más de un 1% de la media obtenida a partir de las tres, y el desequilibrio de corriente no debe ser superior al 10%. La pantalla Desequilibrio muestra las relaciones de fase entre tensiones y corrientes. Los resultados de las medidas se basan en el componente de la frecuencia fundamental (60 Hz con el método de componentes simétricos). En un

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 16 de 20

sistema eléctrico trifásico, el cambio de fase entre tensiones y corrientes debería estar próximo a 120°. El modo Desequilibrio ofrece una pantalla de multímetro, una pantalla de tendencias relacionada y una pantalla de diagrama fasorial.

Las tensiones y corrientes de la pantalla Multímetro se pueden, por ejemplo, utilizar para comprobar si la energía que se aplica a un motor de inducción trifásico está equilibrada.

El desequilibrio de tensión produce corrientes muy desequilibradas en el cableado del estator, que provocan un sobrecalentamiento y una reducción de la vida útil del motor. El componente de tensión negativa V_{neg} no debe sobrepasar el 2 %. El desequilibrio de corriente no debe ser superior al 10%. En caso de que el desequilibrio sea demasiado alto, utilice otros modos de medida para seguir analizando el sistema eléctrico.

Cada tensión o corriente de fase se puede dividir en tres componentes: secuencia positiva, secuencia negativa y secuencia cero.

La secuencia positiva es el componente normal tal como se presenta en sistemas trifásicos en equilibrio. El componente de secuencia negativa es consecuencia de tensiones y corrientes desequilibradas fase a fase. Este componente causa, por ejemplo, un efecto "de frenado" en los motores trifásicos, con el consiguiente sobrecalentamiento y reducción de la vida útil.

Los componentes de secuencia cero pueden aparecer en una carga desequilibrada de sistemas eléctricos de cuatro conductores y representan la corriente en el conductor N (neutro). Un desequilibrio por encima del 2% se considera demasiado elevado.

Transmisión de señales. Se puede utilizar para analizar el nivel de señales de control remotas que con frecuencia se encuentran en los sistemas de alimentación eléctrica.

Registrador. Permite almacenar varias lecturas de alta resolución en la memoria.

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 17 de 20

Etapa 4 Evaluación de los resultados

Se evaluará los resultados obtenidos procesando todos los registros en tablas y gráficos para una mejor comprensión. Se describirá de forma clara cada resultado según los límites fijados, así como el criterio técnico en caso de desviaciones encontradas. Se confeccionará un informe donde se resume los resultados de esta etapa y las anteriores del procedimiento y se presentará las soluciones de mejoras de la calidad de la energía eléctrica que garantizarán previo análisis técnico económico el correcto funcionamiento del equipamiento electromédico a instalar. Las acciones que integran la etapa aparecen:

- Validación de los registros obtenidos.
- Análisis de los parámetros estudiados.
- Evaluación de los resultados.
- Elaboración informe.

Etapa 5. Medidas correctivas

Se llevará a cabo la ejecución de las medidas recomendadas en el informe emitido de forma tal que se realicen las actividades siguientes:

- Normalización de la instalación eléctrica según regulación local.
- Implementación de las soluciones para el mejoramiento de la calidad de energía.
- Verificación de las acciones correctivas.

Para la realización de la verificación de las acciones correctivas, se utilizará nuevamente el analizador de calidad de energía y se realizarán registros durante una semana en la opción MONITOR del equipo donde se analice nuevamente los parámetros de calidad de energía y se dicte un nuevo informe de resultados de validación.

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 18 de 20

Etapa 6. Certificación

Es emitido un certificado de conformidad donde se plasme los resultados de los parámetros de calidad de energía en el punto de estudio. (Circuito donde se instalará el equipo electromédico) contando esta etapa con una única actividad:

- Conformidad de instalación.

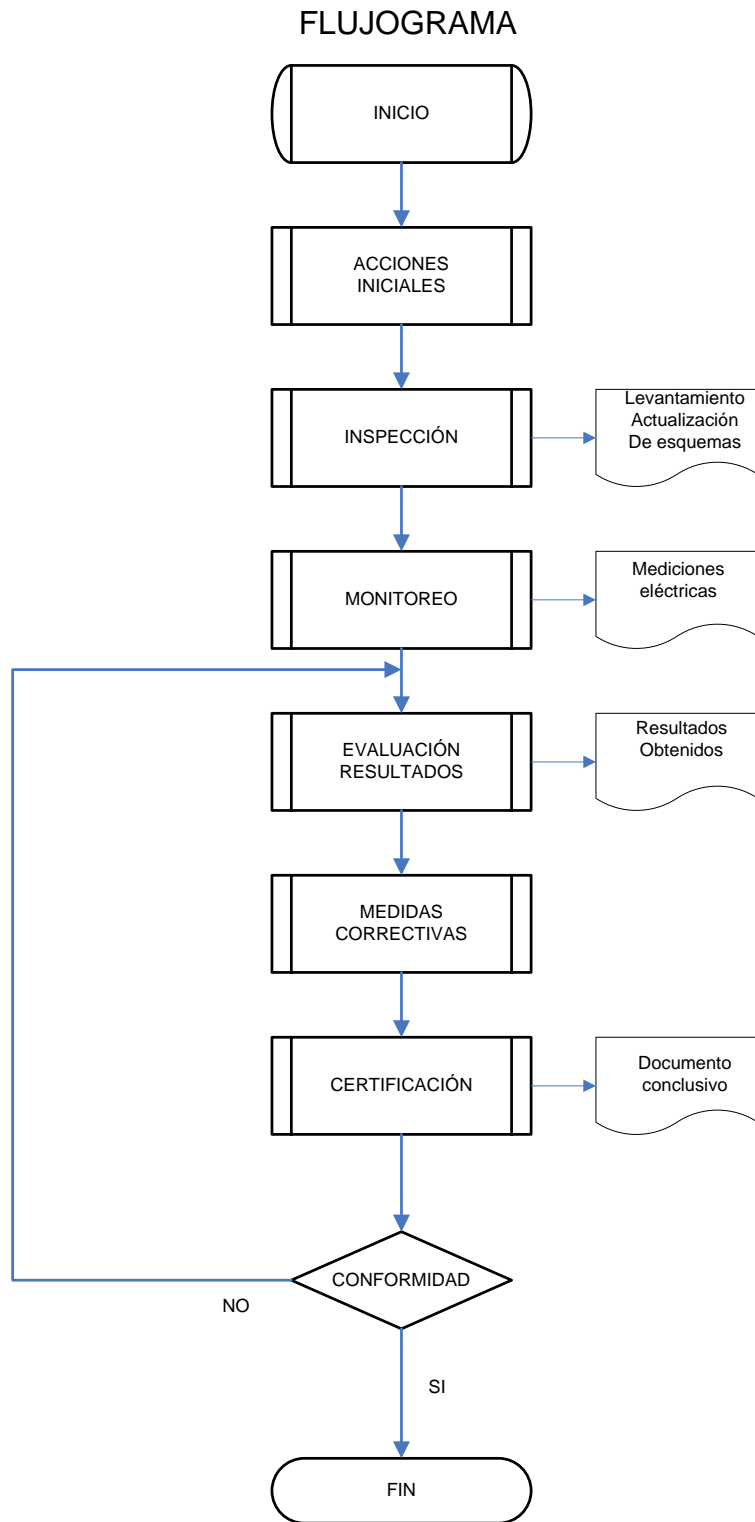
Documentos de referencia

Entre los documentos recomendados para consulta se relacionan los siguientes:

- Guía de calidad de energía, publicada por Leonardo Power Quality Initiative.
- NC-IEC 60364-7-710:2005.
- IEC 61000-4-30
- IEC 61010-1

HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 19 de 20

Anexos



HOSPITAL CLÍNICO QUIRÚRGICO	Procedimiento específico de diagnóstico previa instalación de equipos médicos en esquemas de suministros eléctricos en explotación.	HCQ 02-01
		Edición 0
		Fecha:19-05-2010
		Página 20 de 20

Cuadro de ediciones

EDICIÓN	FECHA	MODIFICACIÓN

Aprobación

REVISADO	REVISADO	APROBADO
Msc. Orlando Lorenzo Albert Disotuar	Dra. Ivonne Alina Barzaga Ibarra	Dra. Teresita Guillén Godales
FIRMA	FIRMA	FIRMA
FECHA 05-05-2010	FECHA 12-05-2010	FECHA 19-05-2010

Holguín, 2 de Junio de 2011

AVAL

A: Comité Académico
Maestría de Eficiencia Energética
Facultad de Ingeniería
Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”

El trabajo “Mejoras en la calidad del suministro eléctrico a la Resonancia Magnética Nuclear en el Hospital Clínico Quirúrgico de Holguín” desarrollado por el Ingeniero Luis G. García Artilles, aborda temas actuales sobre la problemática que enfrenta no solo las instituciones hospitalarias sino también otras empresas dentro del sector terciario e industrial sobre las incidencias de la calidad de la energía eléctrica directamente a los consumidores conectados en las redes de suministros eléctricos de baja tensión.

Los problemas por mala calidad de energía eléctrica inciden directamente al correcto funcionamiento de los equipos eléctricos y las soluciones solo representa una pequeña parte del elevado costo que se debe asumir. Sobre esta base, la elaboración e implementación de un procedimiento específico para el diagnóstico de las redes eléctricas hospitalarias, previa inserción de novedosos equipos de electromedicina desarrollada en este trabajo, dota al personal especializado en las instalaciones de estos medios, de una herramienta que contribuirá al éxito en la puesta en marcha y explotación de los mismos, fundamentados en las normativas internacionales que definen y guían los requisitos

técnicos esenciales a tener en cuenta en cada etapa. La investigación describe con claridad lo ocurrido al equipo de Resonancia Magnética Nuclear y las acciones que técnicamente de forma acertada solucionaron los problemas que condujeron al fallo prematuro. Se consultaron artículos de especialistas de calidad de energía de diferentes instituciones internacionales de gran actualidad, se analizó de forma crítica las normativas que de una forma u otra incidieron en la evaluación de la problemática, y se escogió los adecuados instrumentos de diagnósticos que respaldan la certeza de los resultados.

Indudablemente el trabajo además de convertirse en un material de consulta de la temática abordada y establecer un procedimiento específico para un análisis predictivo, integró acciones que contribuyen a obtener esquemas de suministros eléctricos óptimos para el uso racional de la energía eléctrica y el mejoramiento de la eficiencia energética en el sector.

Es por ello que es considerado este trabajo muy útil para consultas en las instituciones hospitalarias al requerir sistemas eléctricos cada vez más seguros y confiables.

MSc. Ing. Leandro Peña Rubio
Especialista Principal
Departamento Electricidad
CEDAI Holguín.



HOSPITAL UNIVERSITARIO
"LUCÍA IÑIGUEZ LANDÍN"
HOLGUÍN
DOCENCIA E INVESTIGACIONES

Carretera Valle Mayabe s/n
Holguín 80100, Cuba

docente@hcqho.hlg.sld.cu
investigaciones@hcqho.hlg.sld.cu
Teléfono: 480998

DICTAMEN DEL CONSEJO CIENTÍFICO

El Consejo Científico del Hospital Clínico Quirúrgico "Lucía Iñiguez Landín", que sesionó el 28 de Octubre del 2010, acordó otorgar el aval (acuerdo No.22/ 2010) al Ing. Luis Gerardo García Artiles , por su trabajo: Mejoras en la calidad del suministro eléctrico a la RMN en el HCQ "Lucía Iñiguez" y el mismo presenta la calidad y rigor científico acorde con los objetivos propuestos por el autor; así como estar metodológicamente diseñado, y al impacto económico, social y clínico que produciría en la institución.

Dado en Holguín, a los 30 días del mes de Octubre del 2010
"Año 52 de la Revolución"

Dr. Elio Edgar Lozano Álvarez
Presidente C Científico.



CENTRO PROVINCIAL DE INGENIERÍA CLÍNICA Y ELECTROMEDICINA
HOLGUÍN

*MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA
Carretera Central, Km 774, Vía Bayamo
Ciudad de Holguín, Cuba
Tel: 425785 y 424631*

Holguín, 1 de Junio de 2011

AVAL

A: Comité Académico
Maestría de Eficiencia Energética
Facultad de Ingeniería
Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”

Con el presente trabajo se pudo determinar con claridad que las continuas interrupciones del suministro eléctrico y las bajadas de tensión fueron las causas fundamentales que deterioraron la Tarjeta de Gradiente AMP30 en el equipo de Resonancia Magnética Nuclear en el Hospital Clínico Quirúrgico de Holguín.

El procedimiento específico diseñado por el autor, permitirá a los técnicos de electromedicina disponer de un dictamen técnico preliminar de la calidad de la energía eléctrica en el esquema de suministro eléctrico donde se instalarán los diferentes equipos electromédicos de diagnósticos y otros sensibles a las perturbaciones de voltajes.

Con su generalización da la posibilidad de implementarlo tanto en las instalaciones hospitalarias como en policlínicas comunitarias donde existen estos costosos equipamientos de alta tecnología logrando una mejor explotación de los mismos, aumentando su vida útil.

Msc. Orlando Lorenzo Albert Disotuar
Director
Electromedicina Provincial



HOSPITAL UNIVERSITARIO
"LUCÍA IÑIGUEZ LANDÍN"
HOLGUÍN

Holguín, 3 de Junio de 2011

"Año 52 de I Revolución"

AVAL

A: Comité Académico
Maestría de Eficiencia Energética
Facultad de Ingeniería
Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya"

El trabajo desarrollado por el Ingeniero Luis G. García Artilles, "Mejoras en la calidad del suministro eléctrico a la Resonancia Magnética Nuclear", es evaluado de muy valioso para la institución hospitalaria pues se estudiaron las causas que provocaron las fallas en el equipo de diagnóstico, se tomaron medidas que solucionaron los problemas causales y se validó que los parámetros actuales de la calidad de la energía eléctrica suministrada es aceptable para su correcto funcionamiento.

Además el ingeniero recomienda modificaciones en el suministro eléctrico del centro de carga analizado, donde posibilitará hacer un mejor uso de la energía eléctrica al dejar de utilizar el Servicio 2 mejorando de forma directa la eficiencia energética en el sistema eléctrico del hospital y la continuidad en los servicios prestados ante la falta prolongada de electricidad por el Sistema Electroenergético Nacional. Indudablemente su aporte repercute indirectamente en la calidad de los servicios médicos brindados.

Dra. Teresita Guillén Godales

Directora General

Hospital Clínico Quirúrgico Lucía Iñiguez Landín