

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“MEDICIONES Y REGISTRO DE PARÁMETROS PARA
LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL
HOSPITAL SOLCA DE PORTOVIEJO EN EL ÁREA DE
RADIOTERAPIA”

EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)

Previa a la obtención del grado de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION AUTOMATIZACION

INDUSTRIAL

MICHAEL WELLINGTON BURGOS SANTANA

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios que me ha permitido la vida, a mi hija que ha sido mi motor de superación, a mis padres y hermana que han estado día a día motivándome e incentivándome, a mis tías y tíos que siempre han estado presentes y en conjunto han sido mis pilares para poder seguir adelante han sabido guiarme por el buen camino , a los profesores quienes con su experiencia fueron un pilar fundamental en los conocimientos adquiridos y a mi compañeros que de una u otra forma me han brindado ayuda.

MICHAEL WELLINGTON BURGOS SANTANA

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, a mi familia, a mis padres, hermanas, sobrinos y a todas las personas que han estado pendientes en todo momento incondicionalmente.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

PhD. Wilton Agila Gálvez

EVALUADOR

Mag. Holger Cevallos

EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este informe documento, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(REGLAMENTO DE GRADUACIÓN DE LA ESPOL)

MICHAEL WELLINGTON BURGOS SANTANA

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objeto proporcionar los resultados del monitoreo y registro de los parámetros eléctricos de la calidad de la energía eléctrica para la ubicación de Supresores de Transitorios de sobretensión a fin de proteger la electrónica de todos los equipos ubicados en el área de radioterapia del HOSPITAL SOLCA DE PORTOVIEJO.

Las mediciones han sido realizadas en los paneles secundarios de distribución que alimenta al área de radioterapia. Este proyecto está enfocado con un 100% en los transitorios, pero sin dejar a lado el análisis de demanda, variaciones, monitoreo de onda, factor de potencia.

Por lo expuesto a fin de brindar una solución óptima e incrementar su fiabilidad de equipos y proteger la inversión, se ha realizado un estudio técnico, a fin de analizar la carga y saber eventos que perjudican a la calidad de la energía eléctrica, y ubicar supresores capaces de absorber transientes de sobretensión ocasionados por rayos, conmutación de generadores eléctricos, conmutación de cargas internas, fallas en transformadores, conmutación de contactores y breakers, etc.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	1
DEDICATORIA	2
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
DECLARACIÓN EXPRESA	4
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1	10
1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.1. Especificaciones del equipo	13
1.2. Desarrollo y análisis de las mediciones.....	14
1.3. Especificaciones de parámetros a medir	15
1.4. Configuración del equipo (SETUP).	15
1.5. Intervalo de medición utilizado.	17
1.6. Tiempo de medición.	17
CAPÍTULO 2	18
2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	18
2.1. Análisis de Valores de Voltajes	23
2.2. Análisis de Valores de corrientes	25
2.3. Análisis de Demanda.....	27
2.4. Análisis de picos Altos de Voltaje.....	28
2.5. Análisis de picos Altos de corrientes.....	31
CONCLUSIONES.	35
RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	40

INTRODUCCIÓN

La comparación y evaluación de productos supresores de transitorios pueden causar confusión, pero existe una diferencia clara. La diferencia radica en el diseño, rendimiento y ventajas tecnológicas de los dispositivos protectores contra transitorios (SPD).

El protector es fabricado por Innovative Technology, Inc, una empresa fabricante de SPD de categoría mundial. Desde 1980, esta empresa ha suministrado soluciones para la eliminación de picos de voltaje transitorio a empresas en los sectores industriales.

Hay miles de millones de dólares desperdiciados en pérdidas por tiempo como resultado de problemas relacionados con la energía eléctrica.

Existen diferentes tipos de fenómenos transitorios, los cuales son perturbaciones de corta duración. Existen Sags o Swells los cuales son de corta duración, así como también flickers que ocurren repetidas veces con cierta frecuencia dependiendo los armónicos, estos se observan como un parpadeo en las luminarias.

En caso de sobretensiones o sobre voltajes estos son causados tanto por eventos internos como externos que típicamente duran microsegundos pero tiene una amplitud mucho mayor y puede causar mucho más daño. Estos eventos ocurren

cuando cae un rayo, o cuando existe alguna conmutación en la red ya sea por culpa de la red eléctrica en media tensión o por la entrada o salida abrupta de cargas grandes en empresas cercanas y las unidades de velocidad variable son algunas de las causas de las perturbaciones en el suministro de energía. Los transitorios oscilan desde unos cuantos voltios hasta más de 20.000 voltios, con sobre corrientes que exceden los 10.000 amperios, y pueden ocurrir con frecuencia de 180.000 a 432.000 veces por hora en los entornos industriales extremadamente activos.

El 80% de los transitorios en una instalación se generan internamente. Desde el encendido y apagado normalmente de máquinas copiadoras y acondicionador de aires, hasta funcionamiento de equipos robóticos y maquinas soldadora, prácticamente todas las maquinas o sistemas industriales generan transitorios o se ven afectados por ellos.

Para la realización del presente estudio, se hizo uso de un equipo trifásico marca **KYORITSU MODELO 6310** que se muestra en la Figura 1.1 el cual posee sensores de corriente de una capacidad de 500 amperios.

Este instrumento es un analizador de calidad de energía que puede ser utilizado con varios sistemas de conexionado. Puede utilizarse para realizar mediciones tradicionales de valores instantáneos, de integración o demanda, y también para monitorizar ondas y vectores, analizar armónicos, medir fluctuaciones en las tensiones de suministro y para el cálculo de capacidades.

De los parámetros eléctricos se obtienen los valores máximos, mínimos y promedios de los voltajes, corrientes, potencias de la carga conectada al hospital durante la medición para establecer los límites de operación del sistema eléctrico.

Se configuro el analizador de Calidad de Energía Eléctrica Kyoritsu 6310 (Figura 1.1) para que registre los datos en intervalos cortos de tiempo a fin de observar que sucede en cada instante dentro de las instalaciones, esto ocasionaba que la capacidad de memoria de este equipo quede totalmente llena prácticamente cada 24 horas. Esto depende del periodo de captación o registro programado en el equipo.

Se instaló el equipo en el panel secundario de distribución, ya que este es el ramal principal para el área de Radioterapia del Hospital Solca. Esto se conoce como el punto común de conexión donde se conectan todas las cargas y donde se ve el efecto de las cargas no lineales en cuanto a armónicos, o cuando ocurran algunos de los eventos antes mencionados.

Así cumpliendo con el objetivo del proyecto que es proporcionar los resultados del monitoreo y registro de los parámetros eléctricos de la calidad de energía eléctrica para la ubicación de supresores de transitorios de sobretensión.

CAPÍTULO 1

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

El Hospital Solca cuenta con algunos equipos que disponen de tarjetas electrónicas que podrían verse afectados por efectos transitorios de sobretensión u otros fenómenos como los armónicos, disminución del factor de potencia que restan calidad a la energía. Estos eventos degradan los componentes y reducen la vida útil de las tarjetas o componentes electrónicos y en algunos casos la avería de los mismos. Esto causaría pérdidas por mantenimiento y reparación de equipos. Además de que como se está en un hospital cualquier desperfecto en equipos médicos puede provocar incluso la muerte de algún paciente.

Por lo expuesto a fin de brindar una solución óptima e incrementar su fiabilidad de equipos y proteger la inversión, se ha realizado este estudio de la calidad de energía. Se dividió el sistema en dos etapas para la comprensión del análisis:

En la primera etapa se analiza la calidad de la energía suministrada y generada en el simulador Radioterapia, Radio quirófano y carga varia en Braquiterapia y Radioterapia.

En la segunda etapa se analiza la calidad de la energía suministrada y generada en el Acelerador Lineal.

Un acelerador lineal (LINAC, por sus siglas en inglés) personaliza los rayos X de alta energía para que se ajusten a la forma un tumor y destruyan las células cancerosas sin afectar el tejido normal circundante. Cuenta con varios sistemas de seguridad incorporados para asegurar que no emitirá una dosis más elevada que la indicada, y el físico médico lo revisa periódicamente para asegurarse de que funcione correctamente.

Para la realización del presente estudio, se hizo uso de un equipo trifásico marca **KYORITSU MODELO 6310** (Figura 1.1) con sensores de corriente de una capacidad de 500 amperios, con este estudio se podrá determinar la calidad de energía eléctrica que posee el hospital y de esta forma mejorarla y así evitar la reducción de la vida útil de las tarjetas o componentes electrónicos de los equipos eléctricos del hospital y en algunos casos la avería de los mismos.

Este instrumento es un analizador de calidad del suministro que puede ser utilizado con varios sistemas de conexionado. Puede utilizarse para realizar mediciones tradicionales de valores instantáneos, de integración o demanda, y también para monitorizar ondas y vectores, analizar armónicos, medir fluctuaciones en las tensiones de suministro y para el cálculo de capacidades.



Fig. 1.1 KYORITSU MODELO 6310. Fuente: [www.pce-iberica.es].

El equipo fue conectado en las terminales de entrada del interruptor principal del transformador, tomando así el total de la carga conectada durante el período de medición. El período de medición fue de 24 horas continuas en la entrada principal al controlador, tomado muestras cada 5 y 10 segundos.

Las muestras registradas se almacenan en memoria y se procesan para obtener los perfiles de operación de cada parámetro eléctrico.

Además se programó el equipo para detectar eventos de tipo transitorio en voltaje con variaciones por encima del 6% de voltaje pico, esto con la finalidad de evaluar si los arranques de cargas internas impactan en el voltaje de suministro.

El equipo realizara lo siguiente:

- Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
- Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.
- Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
- En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos esto según lo indica el CONELEC en su normativa, en intervalos de medición de 10 minutos para poder obtener un mejor muestreo de la calidad de la energía.
- Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de distorsiones armónicas, se efectuarán mediciones de monitoreo de armónicas, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo

1.1. Especificaciones del equipo

A continuación se listan en la Tabla 1 las especificaciones técnicas y funcionalidades más importantes o relevantes del equipo analizador de calidad de energía:

Funcionalidades	
Las conexiones del cableado	1P 2W, 3W 1P, 3P3W, 4W3P
Las mediciones y los parámetros	Tensión, corriente, frecuencia, potencia activa, potencia reactiva, la potencia aparente, energía activa, energía reactiva, energía aparente, Factor de potencia ($\cos\phi$). Neutral actual, la demanda, armónicos, Calidad (Swetl/parada instantánea, Transitorios/sobretensión).
Otras funciones	Función de salida digital, función de comunicación externa
Voltajes:	
Rangos Rms	150/ 300 / 600 /1000 V (FC: 2,5 o menos, el 100% o menos de cada rango)
De entrada admisible	10 ~ 110% de cada campo
Mostrar rangos	1 - 120% de cada campo
Precisión	+/- 0,3% lectura +/-0.2% fs + Exactitud de la abrazadera del sensor (onda sinusoidal. 45 ~ 65Hz)

Tabla 1. Especificaciones del equipo KYORITSU MODELO 6310.

1.2. Desarrollo y análisis de las mediciones.

A continuación se procede al análisis de cada una de las mediciones obtenidas a través del equipo de medición Kyoritsu 6310, el cual se colocó en la entrada principal del controlador Maestro de las señales de semafORIZACIÓN, para así verificar cada uno de los problemas presentes hoy en día en la red eléctrica, estos fueron obtenidos mediante datos numéricos que fueron almacenados y luego descargados del equipo de medición mediante un software, en el análisis se obtuvieron datos de las 24 horas que fue puesto en el sitio, el comportamiento de la carga en distintas horas de un

mismo día, al final se presentara un resumen comparativo de los parámetros eléctricos que merecen la mayor atención.

1.3. Especificaciones de parámetros a medir

Este análisis de calidad de energía está dirigido a la presencia de eventos transitorios (pico de sobre voltaje) aunque además se mostraran otros parámetros presentes:

- Medición de desequilibrio de fases.
- Mediciones de armónicos de voltaje y corriente.
- Análisis de la calidad del suministro (transitorios).

En lo consiguiente igual demuestra todos los datos del sistema, más la presencia de armónicos u otro fenómeno que afecte al sistema eléctrico y electrónico.

1.4. Configuración del equipo (SETUP).

Se programó los datos básicos de medición (ver Fig. 1.2) tales como la mordaza utilizada, además el margen de corriente que esta ocupa, así como la relación de CT (transformador de corriente) y frecuencia del sistema a medir (60 Hz).

SETUP		CF	08/19/2014 11:09:34
Básico			
Conexionado	C3P4W x1		
Margen V	150V		
Relación VT	1.00		
	1,2,3ch		
Mordaz	8125		
Margen	500.0A		
Relac. CT	1.00		
Filtro			
V CC 1 oh:	5V 2ch:	Frec:	50Hz

Fig. 1.2 Pantalla principal de configuración de datos básicos.

Al describir las mordazas de corrientes, podemos hablar de una clasificación que nos da el fabricante, a continuación se muestran los nombres de los modelos con sus respectivas intensidades soportadas.

Mordazas para medición de potencia		Mordazas para medición de fugas	
8128	Tipo 50A	8141	Tipo 1A
8127	Tipo 100A	8142	Tipo 1A
8126	Tipo 200A	8143	Tipo 1A
8125	Tipo 500A	8146	Tipo 10A
8124	Tipo 1000A	8147	Tipo 10A
8129	Tipo 3000A	8148	Tipo 10A

Tabla 2 Tipos de mordazas que pueden utilizarse con el equipo Kyoritsu 6310.

1.4.1. Tipos de mordazas para el Kyoritsu

Los ajustes de [Mordaza] y [Margen] estarán activos en las mediciones, pero variarán si cambia la configuración de conexión seleccionada. Se aplican al margen máximo soportado por las nuevas mordazas seleccionadas debido a la nueva configuración de conexión seleccionada.

En la pantalla de mediciones se realizaron las activaciones de los valores instantáneos, media, máximo y mínimo de la potencia medida, en un intervalo de 10 minutos pero en mínimos periodo de 10 segundos, por motivo de mayor captación de datos en el caso de que se presente una anomalía como lo indica la regulación del CONELEC-004/01 Calidad del servicio eléctrico de distribución.

Los datos adquiridos se guardan en la memoria CF del analizador, en el sistema de Setup se configura las horas de inicio de registro y finalización de registro.

1.5. Intervalo de medición utilizado.

El analizador eléctrico Kyoritsu 6310 ofrece una precisión de la tensión y cumple todos los requisitos de la norma CEI 61000-4-30 Clase A. Posibilidades de análisis exhaustivos de datos. Los cursores y el zoom se pueden utilizar 'en directo', mientras se realizan las medidas, o 'sin conexión', sobre datos de medida almacenados.

Las medidas almacenadas también se pueden transferir a un PC con el software el modelo Kyoritsu 6310 incluye el software KEW PQA master de análisis de registros y generación de informes. El paquete completo incluye todo lo que precisa para comenzar a trabajar: 4 pinzas amperimétricas, 4 pinzas flexibles, 5 cables de prueba y puntas de cocodrilo, cargador de baterías/adaptador de red y maletín rígido.

Cumple todos los requisitos de medida del estándar CEI 61000-4-30.

En el análisis de calidad de energía eléctrica el parámetro principal es el intervalo de registro de datos, en estudios de calidad de energía es usual y normativo utilizar intervalos de medición (captación de datos automática que realiza el equipo durante una medición continua) que van de alrededor de cada 10 minutos de captura de datos, hemos estimado conveniente utilizar un intervalo de registro de datos en cada 10 segundos para eventos críticos solamente.

1.6. Tiempo de medición.

Se configuro el analizador de Calidad de Energía Eléctrica Kyoritsu 6310 a una captación de datos muy pequeño (cada 10 min) la capacidad de memoria de este equipo se llenaba prácticamente en cada 24 horas.

Se dejó el equipo en el panel secundario de distribución, pero siendo este el ramal principal para el área de Radioterapia del Hospital Solca.

CAPÍTULO 2

2. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos y el posterior análisis por etapas.

ETAPA 1: De acuerdo a nuestro primer análisis realizado en el panel secundario de 227 voltios que alimenta a la Etapa 1 se ha observado y analizado que este punto de medición está siendo gobernado por la carga del Simulador Radioterapia y Radio quirófano Braquiterapia.

La influencia de los receptores en la eficiencia de este sistema eléctrico es un tema de permanente atención. La búsqueda se dirige ahora principalmente en averiguar las influencias negativas provocadas por los armónicos que los receptores 'no lineales' hacen aparecer en la tensión de la red y a crear magnitudes adecuadas para la medida de estas perturbaciones. Sin embargo, podemos decir que en el sistema

existiendo influencias negativas de las cargas 'lineales' cuya disminución no sólo no se ha acometido, sino que, en algún caso, las soluciones adoptadas no consiguen el objetivo perseguido.

El continuo cambio de intensidad de la carga presente en la red causa una magnitud de desbalance en permanentes variación.

Al existir un desequilibrio producido por el sistema, existen causas claras de funcionamiento a plena carga que produce sags (bajón de voltaje) en las líneas, otra característica de los receptores que provoca pérdidas de energía en el sistema eléctrico de distribución trifásica es el desequilibrio de las cargas. Pero, en este caso, salvo recomendaciones generales de reparto equilibrado dirigidas a los instaladores.

ETAPA 2: En el sistema trifásico de 460 voltios inicialmente se analizó las variaciones de voltajes que exceden lo establecido por REGULACION No. CONELEC – 004/01, ya que en el sistema eléctrico las cargas no lineales están generando corrientes distorsionadas lo cual provoca distorsión también en la onda de voltaje, si se analiza el punto común de conexión se observa que hay otras cargas adyacentes, que se ven afectadas por esta onda con transitorios. Además estas cargas no lineales están continuamente entrando y saliendo del sistema lo que empeora aún más la situación.

De las cargas adyacentes antes mencionadas el Acelerador Lineal está siendo energizado con un voltaje cuya magnitud posee ruido además fluctúa demasiado. Esto provocara que dentro de los meses siguientes, el equipo deje de funcionar de la manera más óptima.

Además es importante mencionar que la red eléctrica externa (sistemas vecinos del área de radioterapia), pueden generar más armónicas y afectar la calidad del suministro.

Estos fenómenos ocurrieron durante la activación de toda la carga en la Etapa 1, indicando brevemente lo relevante de la gráfica, se observa que afecta directamente al sistema. Al existir variaciones tan repentinas en un sistema que no es estable.

Tomando datos como de voltaje nominal de 126 voltios, se indica una decaída de tensión y luego un aumento en cuestiones de nanos segundos, mostrando que el voltaje llega en algunos caso al valor de 138.5 Volts, siendo esto en porcentaje 9.9% mayor al voltaje nominal.

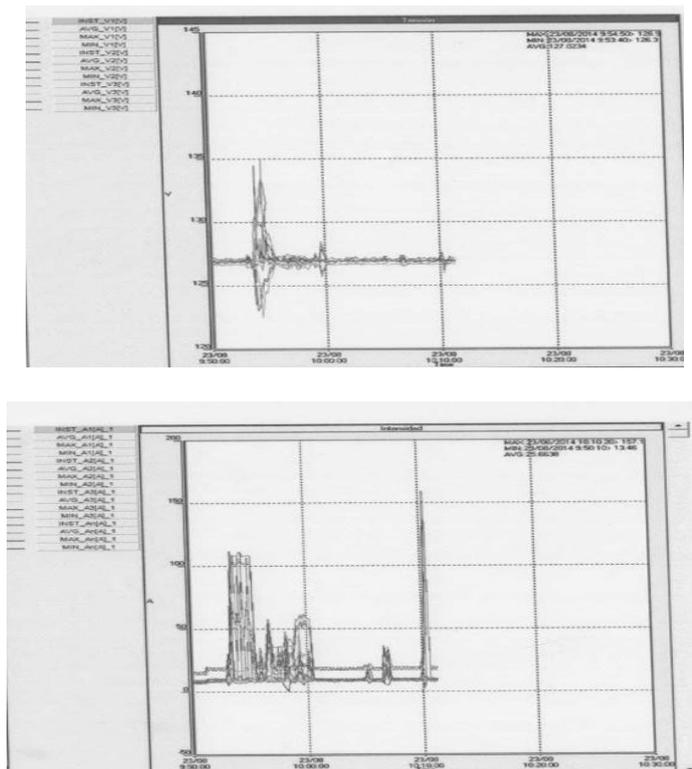


Fig. 2.1 Voltaje e intensidad (Etapa 1)

Este porcentaje está al límite que establece la norma 004/01 del Conelec (basada en **IEEE 1100-1999**), todos estos transitorios ocurren en tiempo en el orden de los nanosegundos, con variaciones dependientes al comportamiento de la carga. Si se analiza los voltajes promedios de actividades de la semana, se obtiene un valor de 128.5 voltios (línea-neutro) por fase, el cual está dentro del valor promedio establecido por la norma (menor al 10% del valor nominal).

Al analizar la corriente nominal a plena carga, se identificó que esta varía de acuerdo a las actividades y secuencia de operación de la máquina o carga (tomógrafo) estos porcentajes llegan en instantes hasta un 1.5 veces la intensidad nominal (valor que esta fuera del rango permitido, pero que ocurre en tiempos en el orden de los nanosegundos). Se encontró que las cargas no están balanceadas en el sistema trifásico, se confirmó un desbalance de corriente por las cargas bifásicas conectadas, haciendo esto que el balance de carga se alterada en las diferentes fases del sistema estos son proporcionales a la impedancia de la carga (ver Fig5).

Se debe aclarar que el voltaje máximo que alcanzó fue de 138.8 voltios, que es el 9.7 % más del voltaje nominal (valor promedio 126.5 voltios).

Este valor está limitado al establecido por la norma, sin dejar a un lado que el evento esta denominado como pico transitorio de sobre voltaje por el tiempo en el que ocurrió. Se receptaron datos durante toda la semana que sobrepasaban al voltaje nominal en un 7%, 8% y 9,9%.

La corriente nominal del sistema en la línea A1 es de 24 amperios, en la línea A2 es de 17 amperios y el de la línea A3 es de 11 amperios.

A1 (A)	24
A2 (A)	17
A3 (A)	11

Tabla 3. Magnitudes de corrientes de las fases del sistema.

Al momento de utilizar la carga del sistema en un arranque típico de los equipos se observó que la corriente en las líneas A1 subió de 24 a 159,3 A. siendo esto 6,6 veces más del valor nominal, en la línea A2 de 17 a 152 A. siendo esto 9 veces más del valor hasta la estabilización, en la línea A3 de 9.5 a 151 A. siendo esto 13 veces más.

El sistema está correctamente dimensionado en sus conductores para estas corrientes, pero el motivo de preocupación es al realizar el arranque de la carga gobernante del sistema (Tomógrafo), debido a que se demuestra un aumento de corriente, esto afecta al sistema bifásico conectado indirectamente al panel de distribución.

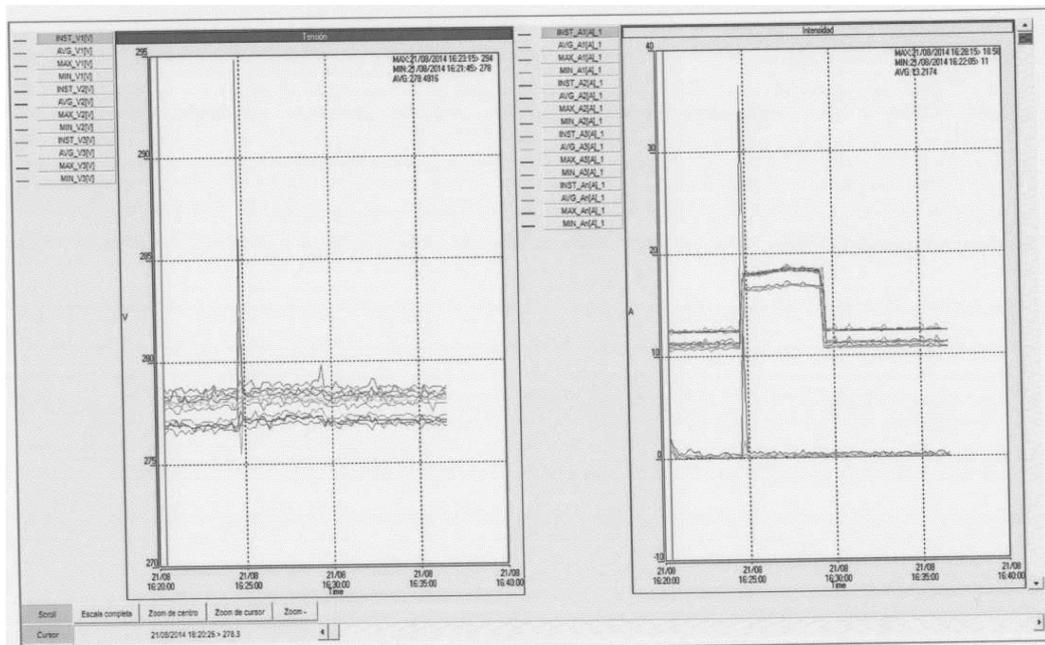


Fig. 2.2 VOLTAJES E INTENSIDAD ETAPA2

Tomando datos como nominal 276 volts en cada línea trifásica, se verifica un aumento en cuestiones de nanos segundo, debido al comportamiento de la carga en su funcionamiento diario, notando que el voltaje llega en algunos caso al valor de 294.5 volts, siendo esto en porcentaje 6,7% mayor al voltaje nominal.

Este porcentaje está dentro del límite pero sobrepasa al 5%, el cual con el tiempo repercute a la parte electrónica de las cargas. Este valor es establecido en la norma antes mencionada. Si se analizan los voltajes promedios de actividades de la semana, se observa un valor de 289 voltios (línea-neutro) por fase, el cual está dentro del valor promedio establecido (menor al 10% del valor nominal).

La corriente en esta etapa tiene un comportamiento variable, el cual está afectando directamente al acelerador lineal, el cambio en las corrientes son desde una corriente en estado estable como son:

En la intensidad A1 de 14 Amps a 20 Amps en un lapso de tiempo de 10 minutos, esto en porcentaje indica un 42% más.

En la intensidad A3 de 13 a 35 Amps en un lapso de tiempo de 10 minutos, esto en porcentaje indica un 165% más del valor nominal (ver Fig. 2.2).

2.1. Análisis de Valores de Voltajes

ETAPA 1: El equipo Kyoritsu permite observar las magnitudes de voltajes entre otras magnitudes de tipo eléctrico, dando como rangos de muestra valores máximos, promedio, y mínimos. Con estos datos se pueden obtener porcentajes e incluso relaciones. Cabe recalcar que el modo registrador de eventos mostró al momento de

descargar los resultados al computador que existían variaciones poco significativas además desde las 7h30 hasta las 16:00 el voltaje tuvo un mínimo de 121.7 voltios. Cuando el sistema se encuentra en carga máxima el voltaje cae a 110.7 voltios luego el voltaje va incrementando hasta llegar a 122 voltios es decir la carga comienza a bajar.

Se observa además que se produce un máximo de 126 voltios es decir si lo comparamos con el voltaje nominal 120 voltios monofásicos, se tiene que:

126	Vmax
120	Vnom
1,05	% Reg

Tabla 4. Valores de voltajes medidos.

Dando como resultado un porcentaje de regulación del 1.05 % lo cual no sobrepasa el valor que indica la norma, por lo que se puede considerar dentro de lo normal.

Y debido a que este desbalance ha ocurrido en un tiempo en el orden de los nanos segundos se analiza como un fenómeno de tipo transitorio.

ETAPA 2: En este caso ocurrieron desbalances debido a las perturbaciones de alimentación de sistemas vecinos, y de la naturaleza de la carga, la cual es de tipo no lineal y produce transitorios.

Con un voltaje mínimo de 219 volts en caídas de tensión y máximo de 295 volts en picos de sobre voltaje.

2.2. Análisis de valores de corriente

En esta parte se analiza que los fenómenos transitorios de corriente, el tiempo de análisis es el mismo que se tomó para el caso del voltaje, además se ha tomado en consideración los cambios y variaciones de carga desde pasar de una máxima hasta la mínima.

Como resultado se obtiene que: la corriente promedio (Etapa1) oscila entre 28 y 9 amperios con un evidente desequilibrio, se visualizó que en el lapso de 23/08/2014 10:10:34 se generó una corriente máxima de hasta 159 Amp que fue ocasionada o producida por el arranque del tomógrafo y máquinas de Braquiterapia.

Luego de este evento ocurrieron más eventos al aplicar variaciones de carga. En resumen se tiene que la corriente máxima ocurre a máxima carga con un valor promedio de 152 amperios pico (Apk), por lo general en este tipo de análisis los valores de corriente son los que presentan mayores distorsiones, dichos valores obtenidos se encuentran fuera del rango permitido en la norma que indica un desbalance de 0% hasta un máximo del 40%.

Los resultados nos indican que el sistema no tiene problemas de factor de potencia en la ETAPA1 por cargas que produzcan potencia reactiva, pero en la ETAPA2 se evidencia una disminución del factor de potencia por causa de reactivos de tipo inductivo en el sistema. Esto se ve reflejado en esta medición debido a que la carga produce este trastorno, pero en el panel principal fue disminuyendo las falencias del factor de potencia, por lo que se puede solo concluir que este fenómeno se debe de controlar cuidándose de las cargas inductivas, en caso contrario se tendrá que dimensionar un banco de capacitores sostenible.

Las potencias en la gráfica (ver fig.5) se producen debido al cambio de carga, la potencia activa llega a 4500 W por el cambio repentino de la intensidad.

La frecuencia se mantiene en el rango normal que nos indica la norma con un promedio de 60 Hz.

En la medición instantánea se presencié un voltaje en el neutro debido al mal aterramiento del sistema.

El valor un poco alto de la corriente en el neutro puede deberse al desbalance de cargas que existe además por el mal aterramiento del neutro o por maniobras que se efectuaron durante el periodo de medición.

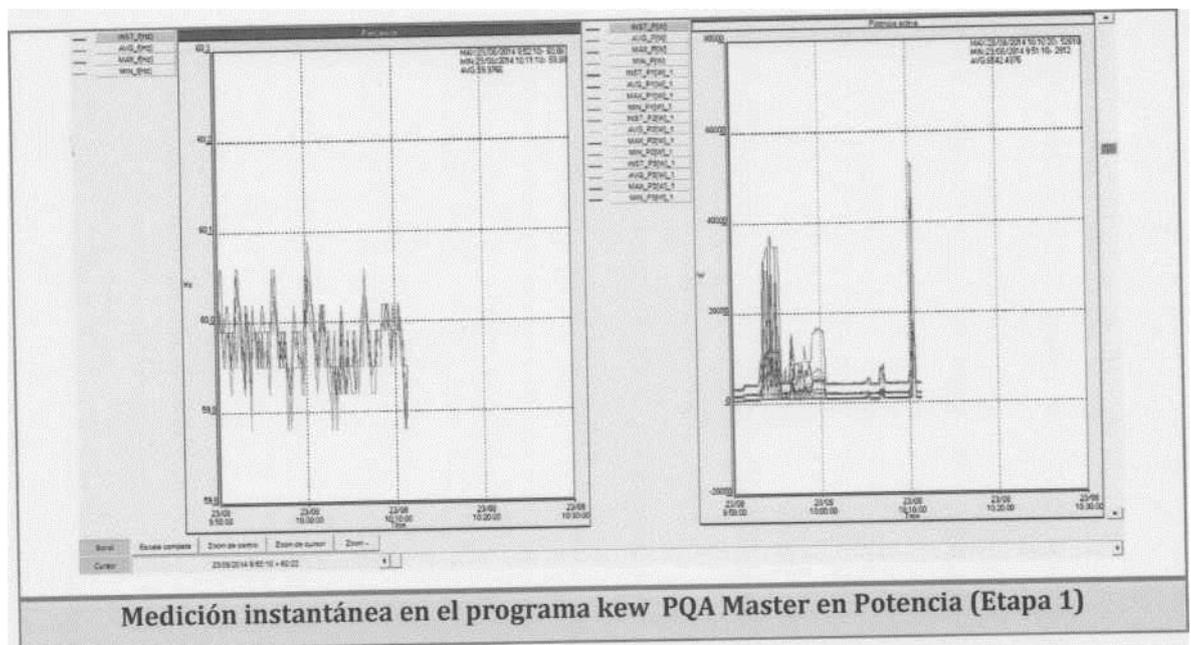


Fig. 2.3 Medición instantánea en el programa Kew PQA Master en Potencia (Etapa1)

La gráfica (ver Fig. 2.3) muestra la actividad de la potencia reactiva en el estado más considerable para analizar, en dicho evento se conectó el acelerador lineal.

En la Fig. 2.3 se puede observar que debido al comportamiento de la carga en estado de arranque, la potencia consumida fue aproximadamente de 1200W, potencia que por su comportamiento, produce una variación brusca en su forma habitual.

2.3. Análisis de Demanda

Al analizar los valores de potencia activa, reactiva y aparente de los datos descargados es importante notar que al tomar un promedio en los diferentes eventos que existen, tanto al incrementar carga como al disminuir la misma (pero netamente tomando valores de estabilización, sin los disparos antes de llegar a comportarse como una función lineal) se tienen los siguientes resultados.

ETAPA 1:

Para la Etapa 1, al momento de realizar el análisis de la potencia activa se obtuvo una demanda máxima aproximadamente de 6.9 KW. Ahora bien para la potencia reactiva se encontró una variación en las líneas aproximadamente, de 4.463 KVAR y mínima de 2.53 KVAR.

En cuanto a la potencia aparente esta fluctúa en un rango entre 7.9 KVA a 6.4 KVA debido a que la carga está variando continuamente.

ETAPA 2:

Para la Etapa 2, al momento de realizar el análisis de la potencia activa se obtuvo una demanda máxima aproximadamente de 12.73 KW y mínima de 7.7 KW (ver Fig. 2.4). Ahora bien para la potencia reactiva se encontró una variación en las líneas aproximadamente, de 8.6 KVAR y mínima de 5.4 KVAR.

En cuanto a la potencia aparente esta fluctúa en un rango entre 15.22 KVA a 9.4 KVA debido a que la carga está variando continuamente.

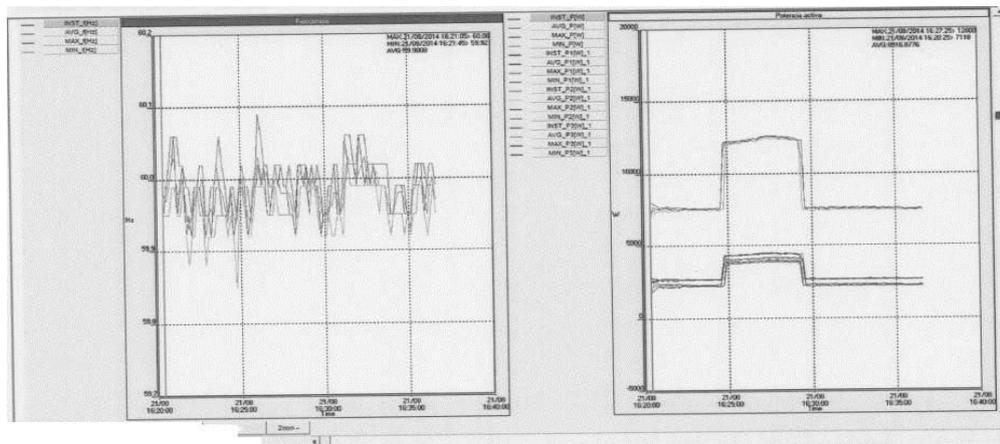


Fig. 2.4 Medición instantánea en el programa Kew PQA Master en Potencia (Etapa 2)

2.4. Análisis de picos altos de voltaje.

De los datos guardados desde el día 18 del mes de agosto del 2014 hasta el día 24 de Agosto del 2014 que se retiró el equipo en las instalaciones del panel principal del controlador (ver Fig. 2.5).

En los datos adquiridos, se evidencia varios transitorios que está en el rango de 195 Vpk (aproximadamente el 10 % del valor nominal del voltaje), estos eventos fueron varios ,mas hay que tener en cuenta que las fluctuaciones bruscas se dieron cuando el voltaje estaba en su valor nominal y cuando estaba en un 1,02%, 1.05% , 1,07%, 1,083% y 1.1% más, se puede concluir que se produjo por causas internas (arranque del tomógrafo) y externas (suministro al Hospital), podemos decir que este fenómeno afecta a la electrónica del sistema y se debe corregir con supresores de picos de sobre voltaje, a si se atenúa el voltaje a niveles que sean óptimos para el suministro de nuestra carga.

Dentro de la totalidad de registro, también observamos fenómenos que sobrepasaron los 9% pero siendo un cambio en el sistema, afecta directamente a cargas sensible. Estos eventos ocurrieron a partir de la hora de encendido de la carga, con variación de larga duración, con un aumento de voltaje hasta los 195 voltios.

Dichos eventos llegaron correspondientemente a un nivel de porcentaje de 6% y 9.89 % con respecto al voltaje, este nos indica que estos datos llegan al límite para ser denominados eventos transitorios.

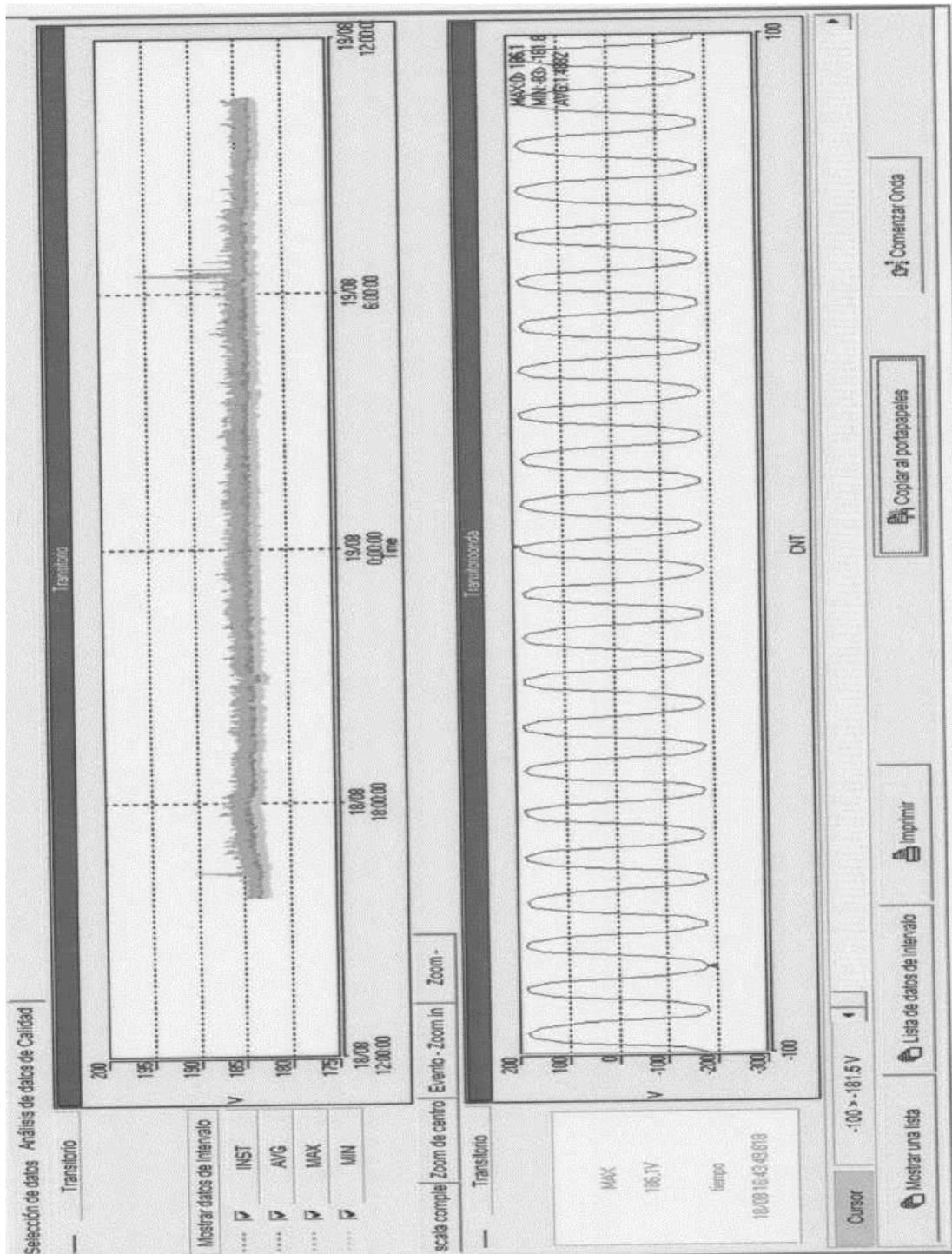


Fig. 2.5 DATOS TRANSITORIOS ADQUIRIDOS.

2.5. Análisis de picos altos de corrientes

A continuación se procede a analizar por etapas los datos de corriente registrados por el equipo Kyoritzu.

Etapas 1:

Se obtuvo datos de las variaciones de las corrientes, producidos por los periodos de carga (ver Fig. 2.6). Se puede decir que existen cargas que fluctúan en el cambio de la corriente, por lo que se producen corrientes muy variables debido al desequilibrio anteriormente analizado, por problemas de tierra o arranques de las cargas constantemente.

Los datos adquiridos (datos de corrientes anteriormente mencionados) están fuera del rango que establece la norma, fluctuando bruscamente en el tiempo.

Etapas 2:

De la misma forma que se realizó un análisis de la corriente de arranque del Acelerador Lineal, y del comportamiento de la variación de corriente inyectada por cargas vecinas.

El sistema recibe y genera pico de corrientes, por lo que está siendo afectada y a la vez afecta a sistemas vecinos.

Su corriente máxima sobrepasa lo indicado por la norma del CONELEC 004/01, la cual permite hasta un 40% adicional del valor nominal.

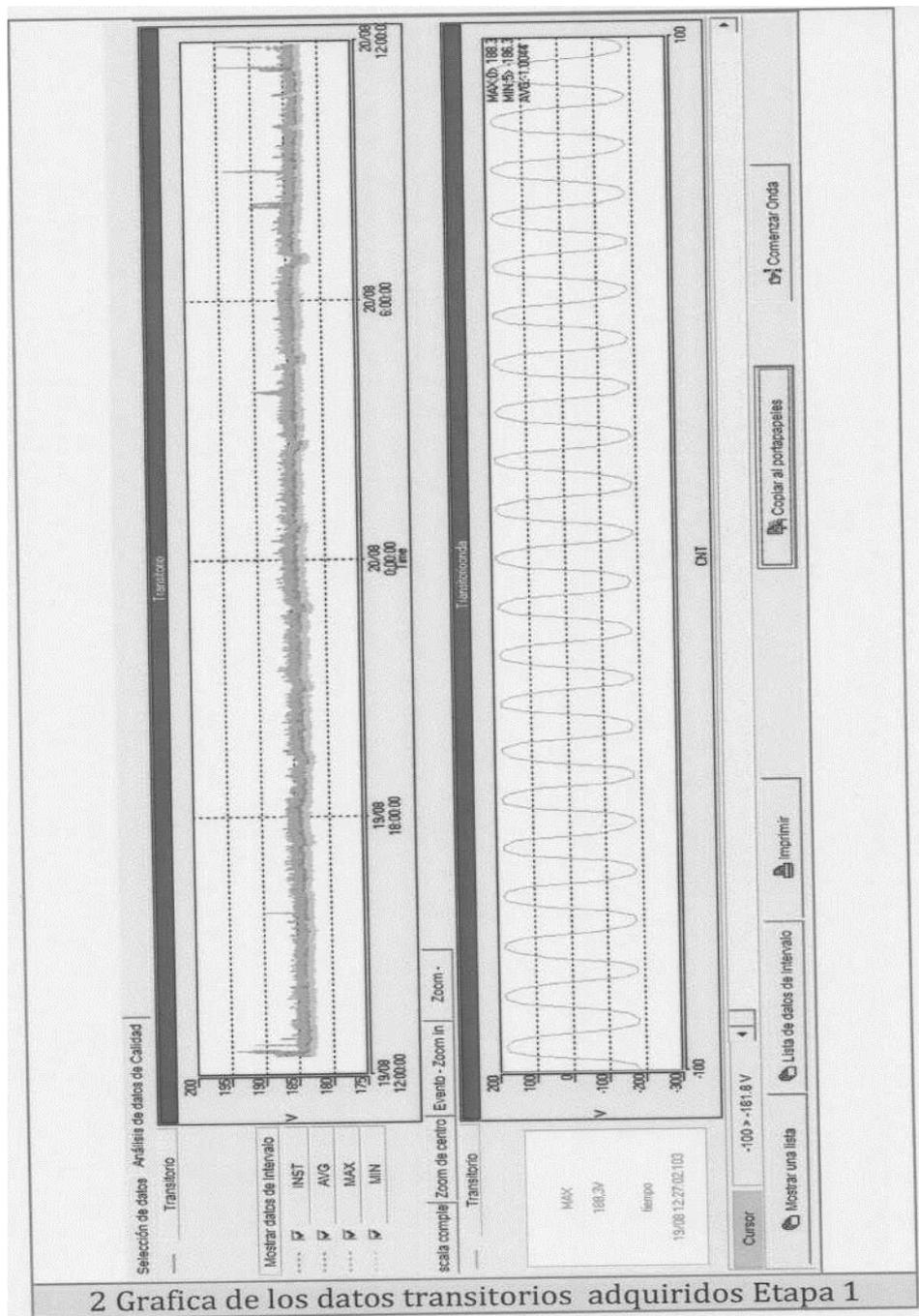


Fig. 2.6 Datos transitorios adquiridos etapa 1.

2.6. Tensiones neutro – tierra

La mayoría de las cargas informáticas presentan gran sensibilidad a posibles tensiones entre el neutro y el conductor de protección.

Cuando la corriente de retorno circula por el neutro aparece una diferencia de potencial N-PE equivalente a la caída de tensión en el hilo de neutro aguas abajo del transformador. La forma de onda de esta tensión es igual a la de la corriente de neutro, lo cual nos identifica además el tipo de carga. En la mayoría de los casos la caída de tensión producida entre el transformador y el punto de conexión del usuario es despreciable.

El problema siempre se localiza dentro de la propia instalación del cliente, debido básicamente a 3 causas:

- Escasa sección del hilo de neutro y conexiones defectuosas. Este es un apartado muy común y poco observado: conexiones mal hechas y poco apretadas conllevan altas caídas de tensión en esos circuitos, que pueden causar huecos de tensión, además de chispazos que generan transitorios de tipo oscilatorio.
- Alto contenido de armónicos de orden circulando por el hilo de neutro debido a cargas no lineales.
- Conexiones entre neutro y tierra dentro de la instalación. En su mayoría desconocidas y sin localizar. Este fenómeno, además de ser peligroso desde el punto de vista de la seguridad, provoca que parte de la corriente de retorno fluya por el conductor de protección en vez del neutro. Si la resistencia de tierra no es el más adecuado (alto valor) la caída de tensión será demasiado

elevada y provocará la aparición de tensiones N-PE peligrosas, al mismo tiempo que conllevará una operación errática de la electrónica de control.

CONCLUSIONES.

Con la evaluación de los diversos casos y los datos adquiridos en el tiempo previamente dicho, se puede concluir lo siguiente:

1. De acuerdo a los resultados mostrados en el capítulo 2, se concluye el sistema opera en condiciones normales, el voltaje mantiene un desfaseamiento correcto y su magnitud esta un 65% balanceada, se mantuvo en el margen de $\pm 9\%$. En cuanto a la magnitud de voltaje por lo general salvo ciertos casos se mantiene dentro de los rangos establecidos por la norma es decir se encuentra dentro del límite del 10% de variación, en ciertos casos se evidenciaron sobre voltaje y picos transitorios.
2. En la Etapa 2 se observó que el sistema presenta ciertos desequilibrios por la combinación de carga monofásica y trifásica en el sistema.
3. En lo que corresponde a los valores de frecuencia estos se encuentran dentro de lo que indica la el NATSIM el cual establece un rango de

variación de +/- 5% veces la frecuencia nominal, que en nuestro medio es 60Hz, los datos que se obtuvieron fueron desde 59,79 Hz hasta 60,12 Hz.

4. Dentro del análisis de voltajes, se observaron ciertos disturbios como sags, swells, flickers además de perturbaciones como subidas de voltaje debido a entrada y salida de cargas. En el análisis de voltajes transitorios, se pudo evidenciar varios eventos con valores de voltaje que fluctúan fuera del intervalo que indica la norma del CONELEC con un 10 % más del voltaje nominal, dicho evento apareció luego de graduar el equipo a niveles sensibles para captar todos los eventos mayores a un 7%. Estos eventos transitorios se dieron en un intervalo de medida de 168 horas continuas, esto nos indica que si este fenómeno transcurre secuencialmente tendremos 10 eventos por cada 24 horas, 300 por mes y 3600 por año.
5. En voltaje varió un 9% más del valor nominal por un periodo de tiempo, el cual es considerado una variación de larga duración, en el cual en un porcentaje de datos se mantuvieron al límite permitido por las normas del CONELEC, mas no obstante, en ocasiones se elevó y se mantuvo en un 9.97% el cual está bordeando a los niveles considerados como un evento transitorio.
6. Debido a los constantes y repetitivos arranques de las cargas involucradas, ocasiona picos de sobrevoltaje y sobrecorriente. Además estos disturbios provocan bajadas de magnitud de voltaje y luego producir picos de sobrevoltaje.
7. Al sensor la corriente que circula por el neutro debido a que la tierra del sistema no está en buenas condiciones y por los desequilibrios de la

corriente. Los valores fluctuaron de 0.1 Amp a 2 Amp en 7 tomas que se realizaron en toda el área bajo análisis.

RECOMENDACIONES

En base a lo expuesto anteriormente se recomienda tomar los correctivos necesarios, para un correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas:

1. Instalar un equipo conocido como “supresor de picos”, el cual ayudará a evitar los picos de voltaje producidos por las diversas causas, además que el cliente evitara el lucro cesante esto es los costos que se generan en el momento que un equipo sale de trabajo por daños eléctricos, eliminando paradas abruptas o pérdidas económicas.
2. En cuanto a los equipos: se recomienda que para precautelar la vida útil de las tarjetas electrónicas de los equipos de Radioterapia y Braquiterapia, la instalación de un UPS de 100 KVA, con lo cual se garantiza el correcto y continuo funcionamiento de la inversión.
3. En cuanto al sistema de puesta a tierra: pueden ocurrir problemas o daños en la instalación o inclusive a las personas, es importante mejorar el

sistema de puesta a tierra o darle un mantenimiento preventivo ya que en el caso de que existan descargas atmosféricas, fallas de fase o tierra, se pueden evitar accidentes o pérdidas materiales.

BIBLIOGRAFÍA

[1] CONELEC, REGULACION No. CONELEC – 004/01, www.conelec.gob.ec/normativa/CalidadDeServicio.doc, 23 de mayo de 2001.

[2] Kyoritsu, Kew 6310, <http://www.kew-ltd.co.jp/en/products/powermeter/6310.html>, 2004.

[3] Kyoritsu, Manual de Instrucciones Kew 6310, <http://www.kew-ltd.co.jp/en/download/pdf/manual/spanish/6310.pdf>, 2004