



Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad Metalurgia-Electromecánica

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Eléctrico

*Implementación de un analizador de redes en la
Subestación Eléctrica de la Empresa Mecánica
del Níquel en Moa.*

Autor: Endris Galván Góngora.

Tutor: MSc. Nilka Hernández Diéguez.
Consultante: ING .Israel Letuse Velásquez

Moa 2017.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Yo, Endris Galván Góngora, autor de este trabajo de diploma titulado:

“Implementación de un analizador de redes en la Empresa mecánica del Níquel en Moa, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Firma del maestrante

Firma del Tutor





Pensamiento

“...aquí está una de las tareas de la juventud: empujar, dirigir con el ejemplo la producción del hombre de mañana. Y en esta producción, en esta dirección, está comprendida la producción de sí mismos...”

Che





Agradecimientos

Deseo agradecer de todo corazón a todas aquellas personas que de una forma u otra dedicaron parte de su empeño en mi formación profesional.



Dedicatoria

Dedico mi Trabajo de Diploma con todo amor y cariño.

A mis padres y demás familiares que me apoyaron.

A mis amigos y compañeros de estudio que me alentaron a seguir adelante.

A mis tutores Nilka Hernández Diéguez y Israel Letuse Velásquez que sin su ayuda no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

A los profesores del departamento de Eléctrica por forjarme como un profesional.

A la Revolución Cubana que me dio la oportunidad de realizar estudio superiores.



Resumen

El uso eficiente de la energía eléctrica es una necesidad imperante en la sociedad moderna. El principal objetivo que se persigue con el desarrollo de esta investigación es implementar un instrumento de medición para el monitoreo de las variables eléctricas. El trabajo de diploma titulado: “Implementación de un analizador de redes eléctricas en la subestación de la Empresa Mecánica del Níquel” Gustavo Machín Goush de Beche consta de (3) capítulos. En el trabajo se estructuró cuidadosamente la arquitectura teórico – metodológico de la investigación, conociendo la base de los problemas existentes, con la cual se demuestra la inexorable necesidad de la presente investigación, donde llegamos a resultados que pueden ser aplicados en la empresa. En el mismo aparecen las características de los analizadores de redes y su funcionamiento, se describen los procedimientos para la instalación del instrumento de medición. En el capítulo 1 o marco teórico se aborda principalmente sobre los principales aspectos de medición de los analizadores de redes eléctricas a nivel general. El capítulo 2 describe los procedimientos y requisitos para la instalación del equipo, así como la selección y clasificación del instrumento de medición que se va a implementar. En el capítulo 3 son mostrados los resultados obtenidos en la investigación así como la valoración económica con respecto a la instalación del equipo y son mostrados los procedimientos para el uso del analizador de redes seleccionado.



ABSTRACT

The efficient use of electric power is a prevailing necessity in modern society. The main objective of this research is to implement a measurement instrument for the monitoring of electrical variables. The diploma work entitled "Implementation of an analyzer of electrical networks in the substation of the Mechanical Company of Nickel" Gustavo Machín Goush de Beche consists of (3) chapters. In the work, the theoretical - methodological architecture of the research was structured carefully, knowing the base of the existing problems, with which it demonstrates the inexorable necessity of the present investigation, where we arrive at results that can be applied in the company. It shows the characteristics of the network analyzers and their operation, describes the procedures for the installation of the measuring instrument. In Chapter 1 or theoretical framework, the main aspects of the measurement of electrical network analyzers are analyzed. Chapter 2 describes the procedures and requirements for the installation of the equipment, as well as the selection and classification of the measuring instrument to be implemented. Chapter 3 shows the results obtained in the investigation as well as the economic valuation with respect to the installation of the equipment and the procedures for the use of the selected network analyzer are shown.

Tabla de contenido



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	6
Introducción	6
1.1. Estado del arte	6
1.2. Analizadores de redes eléctricas.....	8
1.3. Clasificación	8
1.3.1 Arquitectura básica	9
1.3.2 Ventajas.....	10
1.4. Definición de los analizadores de redes eléctricas	10
1.4.1. Parámetros medidos por los analizadores de redes eléctricas.....	11
1.4.2 Calibración.....	15
1.5. Gráficos de cargas eléctricas.....	16
1.5.1 Efectos del bajo Factor de Potencia	17
1.5.2 Sobrecarga de equipos.....	18
1.5.3 Ventajas de Compensar el Factor de Potencia.....	18
Conclusiones	19
CAPÍTULO 2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	20
CAPITULO 2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	21
Introducción	21
2.1. Características de la subestación.....	21
2.2. Características de los instrumentos de medición de la subestación.....	23
2.2.1 Contador MICROSTAR.....	23
2.2.2 Analizador Eléctrico multifunción (EMA10).....	24
2.2.3 Caracterización del EMA 10.....	25
2.2.4 Especificaciones técnicas del EMA10.....	25
2.3 Estudio para la selección del analizador de redes.....	26
2.3.1 Mediciones realizadas con el analizador de redes.....	27
2.3.2 Características generales del analizador de redes seleccionado.....	30
2.4. Variables medidas por el analizador de redes.....	34
2.5. Arquitectura del analizador de redes a implementar.....	36



Conclusiones.....	37
CAPITULO 3 ANALISIS TECNICOS ECONOMICOS.....	39
Introducción.....	39
3.1. Análisis técnico.....	39
3.2. Comunicación hacia la PC.....	40
3.2.1 Pantallas del sistema.....	41
3.2.2 Pantalla de las formas de onda señales SCOPE.....	43
3.2.3 Pantalla del análisis armónico ARM.....	44
3.3. Calculo Económico.....	46
3.3.1 Cálculos del VAN (Valor Actual Neto).....	49
3.4. Valoración económica.....	50
Conclusiones del capítulo 3.....	51
CONCLUSIONES GENERALES.....	52
RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54
ANEXOS.....	55





Introducción

INTRODUCCIÓN

La sociedad moderna, cada día demanda mayor cantidad de energía para el desarrollo de sus labores, pero una gran cantidad de la energía es obtenida de combustibles fósiles no renovables (petróleo, gas, carbón etc.), que al paso del tiempo aumentan sus precios y además provocan graves daños al medio ambiente. Por estos motivos se hace necesario hacer un uso racional y eficiente de la misma. La optimización de los procesos productivos, conjuntamente con la de los sistemas de suministro eléctrico de empresas industriales puede proporcionar al país importantes ventajas económicas, debido a la reducción de los gastos improductivos. Un factor importante para el logro de esta meta representa el estudio de la calidad de las redes eléctricas. Los analizadores de redes eléctricas son ampliamente utilizados en el mundo para la supervisión de la energía eléctrica. Con la información obtenida se realiza un estudio energético para examinar las deficiencias encontradas y proponer soluciones.

Toda empresa consumidora de una elevada cantidad de energía esta propensa a múltiples fallas eléctricas. En este trabajo nos dedicamos a profundizar sobre la factibilidad de usar un equipo de monitoreo de variables eléctricas para la Empresa Mecánica del Níquel en Moa. Para comprender el significado de la labor realizada y además tener el conocimiento histórico y las causas actuales que llevaron a la realización de este trabajo, pasando por la política económica de desarrollo de la empresa y sin olvidar las limitaciones que posee la entidad. Para lograrlo se hará una búsqueda bibliográfica de las temáticas nacionales e internacionales relacionadas con el tema y de las variables medidas por este equipo, del cual se darán sus principales características. De la misma manera que se dará una pequeña descripción de los analizadores de redes eléctricas que se utilizan en el mundo para el monitoreo de la electricidad y así llegar a utilizar uno



que sea factible para la empresa y suplantar a un equipo como el EMA10 el cual no resultó del todo acertado para la funcionalidad que se requería en la entidad.

Tanto las empresas suministradoras de energía eléctrica como los usuarios finales (empresas) han estado insistiendo cada vez más en el concepto de **calidad de la energía** ya que las cargas cada día son más sensibles a las variaciones de ciertos parámetros o variaciones en los sistemas del suministro de energía eléctrica. Se ha incrementado el concepto de mayor eficiencia en los sistemas eléctricos, lo cual ha traído como consecuencia que las cargas más eficientes incrementen los niveles de armónicos y otras variables eléctricas.

El analizador de redes eléctricas va enfocado principalmente para que pueda servir como una herramienta para el estudio de los problemas de calidad de la energía en sistemas eléctricos, para esto es necesario conocer los elementos relacionados con la calidad de la energía eléctrica, como son conceptos básicos, efectos de las variaciones de voltaje en los equipos sensibles, el estudio de los armónicos, factor de potencia, entre otros y sus efectos, los problemas de los transitorios de voltaje y la aplicación de capacitores.

Sobre la base de esta realidad se establece los elementos esenciales de la metodología de la investigación: el problema, la hipótesis y los objetivos entre otros aspectos a considerar.

Situación problemática

Deficiencia de un equipo capaz de monitorear y predecir fallas en la Empresa Mecánica del Níquel lo cual trae como consecuencia perdidas en la producción debido a las fallas eléctricas ocurridas en los diferentes centros de cargas de los talleres de la empresa.

Problema de investigación:

En la actualidad no existe un monitoreo de las variables eléctricas en la subestación de la Empresa Mecánica del Níquel para prever los casos de



anomalías de tensión, sobrecorriente, frecuencia entre otras características técnicas de la instalación eléctrica.

Hipótesis del trabajo:

Si se instala un analizador de redes que cumpla con los requisitos de trabajo de la instalación, se lograra minimizar las fallas eléctricas y tendríamos un informe continuo sobre los consumos de las variables eléctricas de mayor demanda en la subestación eléctrica y predecir futuras fallas eléctricas.

Objetivo general:

Implementar un analizador de redes en la subestación eléctrica de la EMNI de forma eficiente.

Objetivos específicos:

1. Establecer las bases teóricas sobre las principales funciones de los analizadores de redes eléctricas a nivel mundial.
2. Determinar los requisitos de instalación de un analizador de redes eléctricas en la empresa.
3. Realizar la selección del equipo más factible.
4. Implementar el medio controlador.

Objeto de estudio:

La subestación eléctrica de la Empresa Mecánica del Níquel.

Campo de acción:

Sistema de suministro eléctrico de la Empresa Mecánica del Níquel

Aporte del trabajo:

Procedimientos para realizar un monitoreo sobre las variables de mayor demanda y predecir fallas eléctricas.



Resultados esperados:

- Lograr la selección del analizador de redes eléctricas más adecuado para la central eléctrica.
- Establecer un control sobre las variables eléctricas.
- Establecer la implementación del medio controlador.

Capítulo 1 Marco teórico conceptual



CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

Introducción

El capítulo I aborda los principales aspectos teóricos sobre los analizadores de redes eléctricas utilizados en el mundo y se brindan algunas de sus clasificaciones y ventajas. Se define además los conceptos fundamentales para el análisis de sus cargas eléctricas y sus gráficos de comportamiento, así como de los sistemas de distribución industrial, y por último se realiza un análisis en el mejoramiento del factor de potencia.

1.1. Estado del arte

En el trabajo de diploma desarrollado por ing. Idelvys Cruz Bacallao. Sobre Sistema SCADA para la supervisión del consumo eléctrico en la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas actual Facultad de Ingeniería Eléctrica en el año 2011 en Santa Clara Cuba. Se propuso un sistema para restablecer la comunicación serie RS-485, del nivel de gestión con los equipos de campo y se analizaron varios de los sistemas actuales utilizados en Cuba y el mundo para la supervisión y control de la energía eléctrica, ya que desde el 2006, en varias de las áreas de la ronera hay instalados analizadores de redes eléctricas, los cuales se encuentran subutilizados, ya que no se cuenta con software de monitoreo que se encargue de la adquisición y registro de sus datos .Sobre las restricciones, con la puesta en marcha del sistema se detectaron varios errores de conexión de los equipos de campo que producían fallas en la comunicación del sistema, existían roturas en dos de los módulos de comunicación RS-485 (modelos AR1032), producto a esto no se podía lograr la comunicación entre dichos equipos, lo que provocó que hubiese que comprarlos a la empresa Copextel, incurriéndose en un gasto adicional con el cual no se contaba.. (1)



El Trabajo de diploma realizado por el ing. Raynier Vázquez Mirabent, sobre el diseño de un sistema SCADA para el monitoreo de variables eléctricas utilizando el analizador de redes WM14-DIN. Donde el principal objetivo que se persigue con el desarrollo de esta investigación es desarrollar un sistema de supervisión para el monitoreo de las variables eléctricas medidas por el analizador de redes eléctricas WM14-DIN, con el empleo del software Movicon X2 a través de un servidor OPC. Para lograrlo, primeramente se realizó una revisión bibliográfica acerca de las características y utilización a nivel mundial de los sistemas SCADA, servidores OPC y analizadores de redes. Entre las limitaciones no se llegaron a poner en funcionamiento el sistema SCADA para ver los resultados esperados. (2)

Yanisleidy Rodríguez Tamayo realizó un trabajo sobre el Análisis del Sistema Eléctrico de Distribución de la Empresa Mecánica del Níquel en Moa en el 2010. En el cual se estructuró cuidadosamente la arquitectura teórico – metodológico de la investigación, conociendo la base de los problemas existentes, con la cual se demuestra la inexorable necesidad de la presente investigación. En el mismo aparecen las características del sistema de suministro eléctrico de la Empresa, se describen las instalaciones actuales del objeto de estudio y se determinan las causas negativas que influyen en la mala utilización de la energía. (3)

Oscar Mauricio Cervantes Roa realizó un trabajo basado en la Metodología de Calidad de Energía Eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la Universidad de la Costa-CUC. En la universidad de la Costa CUC, en la Facultad de Ingenierías Programa Ingeniería Eléctrica Barranquilla en el año 2014. En este proyecto se describen las perturbaciones que generan distorsión de potencia eléctrica y que son tenidas en cuenta en el estudio y monitoreo de Calidad de Energía Eléctrica CEL; por ello se propone una metodología y procedimiento para la medición y registro de estos parámetros obtenidos por un analizador de redes, relacionando todo el proceso con la normativa y regulación nacional e internacional vigente en Colombia. Esta metodología se plantea para

ser utilizada por los centros de investigación y desarrollo de la Universidad de la Costa – CUC que requieran realizar este tipo de mediciones. (4)

1.2. Analizadores de redes eléctricas

Tanto las empresas suministradoras de energía eléctrica como los usuarios finales han estado insistiendo cada vez más en el concepto de calidad de la energía. Los analizadores de redes eléctricas son instrumentos que permiten examinar la calidad del suministro con el objetivo de optimizar el uso de la energía eléctrica. Además, son capaces de medir sus principales parámetros, visualizarlos y transmitirlos por diferentes vías de comunicación tales como serie, Ethernet, puerto óptico, gestión GSM/SMS, entre otras. Algunos analizadores son expandibles o modulares, pudiendo dotarlos de funciones adicionales asociables a cualquier parámetro eléctrico medido o calculado. (5)

Por qué instalar un analizador de redes

Tener información es imprescindible para conocer, concienciarnos y realizar acciones que reduzcan el coste energético:

- Conocer dónde y cuándo se producen nuestros consumos
- Controlar y reducir los consumos innecesarios e ineficientes
- Adelantarnos a posibles penalizaciones por exceso de potencia o consumo de reactiva y eliminarlas de nuestra factura eléctrica
- A través del software, nos permiten realizar un sistema de auditoría energética y eléctrica, de manera continua y sencilla

1.3. Clasificación

Los analizadores de redes se pueden clasificar en:

- Analizadores fijos con montaje en panel: los analizadores fijos son aquellos equipos cuya característica es que son instalados en la parte frontal de los gabinetes o tableros eléctricos, permitiendo una visibilidad directa.



- Analizadores fijos con montaje carril DIN: estos analizadores son aquellos equipos cuya característica es que son instalados internamente de los gabinetes o tableros eléctricos, a través de riel DIN.
- Analizadores portátiles trifásicos: Mide todos los principales parámetros eléctricos de una red eléctrica en verdadero valor eficaz con 4 canales de tensión y 4 de corriente según las magnitudes que se deseen.

1.3.1 Arquitectura básica

Los analizadores de redes se componen esencialmente de:

- Terminales para la alimentación.
- Terminales para entradas voltimétricas y amperométricas.
- Pantalla para la visualización de parámetros.
- Interfaz de comunicación para el intercambio de datos.

La muestra de la red a estudiar es tomada a través de transformadores de corriente y/o voltaje con el objetivo de establecer las variables medidas dentro del rango de trabajo del analizador, siendo necesario después definir las relaciones de transformación correspondientes. Algunos cuentan con mejoras para su fácil operación, como pantalla sensible al tacto y la posibilidad de conectarle un ratón o teclado por medio de puertos PS/2 o USB, inclusive los modelos más modernos cuentan con una plataforma en base Windows por lo que su operación se simplifica considerablemente ver figura 1.1.



Figura 1.1 Analizador de redes HP 8720A.



1.3.2 Ventajas

Entre las principales ventajas que ofrece la utilización de los analizadores de redes se encuentran (6):

- Detección y prevención del exceso de consumo (kWh)
- Análisis de curvas de carga en la visualización de la máxima demanda de energía.
- Detección de la necesidad de instalación de un banco de capacitores, así como su potencia.
- Detección de fraude en los contadores de energía.
- Realización de mantenimientos periódicos del estado de la red eléctrica, tanto en baja como en media tensión, visualización de curvas de arranque de motores, detección de posibles saturaciones del transformador de potencia, cortes de alimentación, deficiente calidad de suministro eléctrico, etc.
- Detección de fallas en la red eléctrica, para poder solucionar problemas de disparos intempestivos, fugas diferenciales, calentamiento de cables, resonancias, armónicos, perturbaciones, desequilibrios de fases, etc.

1.4. Definición de los analizadores de redes eléctricas

Estos equipos son analizadores de elevadas prestaciones, diseñados para ser instalados de forma muy sencilla en cualquier instalación y para que su uso sea totalmente adaptable a cualquier tipo de medida requerida. Disponen de una memoria interna donde se guardan todos los parámetros deseados, totalmente programables.

Además, un mismo analizador puede contener varios software, cuyas aplicaciones vayan destinadas a distintos tipos de análisis.

Existe una gran variedad de analizadores los cuales exportan o muestran los parámetros eléctricos directa o indirectamente a través de display y transmiten por comunicaciones todas las magnitudes eléctricas medidas y/o calculadas.



Algunos analizadores son expandibles o modulares, pudiendo dotarlos de funciones adicionales asociables a cualquier parámetro eléctrico medido o calculado.

Los modelos que se encuentran con más frecuencia en el mercado son los de dos puertos, pero también existen modelos de cuatro puertos, y algunos cuentan con algunas mejoras para su fácil operación, como pantalla sensible al tacto y la posibilidad de conectarle un ratón o teclado por medio de puertos PS/2 o USB, inclusive los modelos más modernos cuentan con una plataforma en base Windows por lo que su operación se simplifica considerablemente. Una nueva categoría de analizadores de redes es la MTA (El Analizador de Transición del Horno de Microondas), que significa analizador de transición de microondas, o LSNA (Large Signal Network Analyzer), que significa analizador de redes de señales largas, los cuales miden amplitud y fase de las armónicas fundamentales. El MTA fue comercializado primero que el LSNA, pero en el primero estaban faltando algunas opciones para una fácil calibración que sí están disponibles en la versión LSNA.

1.4.1. Parámetros medidos por los analizadores de redes eléctricas.

1. Flickers

- El Flicker es una impresión subjetiva de la fluctuación de iluminación o variación notoria instantánea de los niveles de iluminación, ocasionada por fluctuaciones de tensión en la red de alimentación eléctrica la cual origina en quien la percibe una sensación desagradable.
- El Flicker depende fundamentalmente de la frecuencia, amplitud y duración de las fluctuaciones de tensión que lo causan. Estas oscilan entre los 0,5Hz y los 30Hz de frecuencia.
- La tolerancia del Flicker es de 1Pst (nivel de severidad de corta duración).

2. Armónicos

Son voltajes y corrientes con frecuencias múltiplos enteros de la frecuencia fundamental (60Hz). Los armónicos son generados por las cargas no-lineales

Es decir es la distorsión de la forma de onda está compuesto de una onda senoidal fundamental a 60Hz tal como de 3er orden (180Hz), de 5to orden (300Hz), las cuales se adicionan dando como consecuencia una onda distorsionada como se muestra en la figura 1.2. (7)

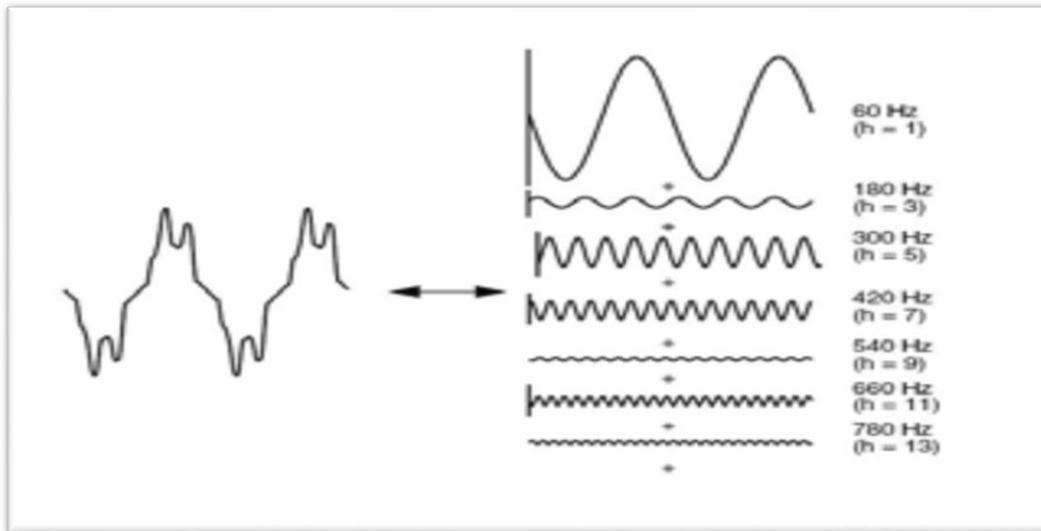


Figura1.2 Gráfico de distorsión armónica.

Clasificación de los Armónicos

Los armónicos son clasificados según la frecuencia, orden y secuencia en la tabla 1.1 se muestra la relación que existe entre estos índices. {#1}

Tabla1.1

FRECUENCIA	60	120	180	240	300	360	420
ORDEN	1	2	3	4	5	6	7
SECUENCIA	+	-	0	+	-	0	+

3. Distorsión armónica (THD) de tensión y corriente.

Las corrientes armónicas al circular por el sistema de potencia producen caídas de voltaje armónicas que son capaces de distorsionar la onda de voltaje de suministro.

La forma de evaluar un voltaje o una corriente distorsionada es a través del parámetro denominado distorsión armónica total THD (Total Harmonic Distorsión).

4. Valor eficaz.

Se llama valor eficaz de una corriente alterna, al valor que tendría una corriente continua que produjera la misma potencia que dicha corriente alterna, al aplicar sobre una misma resistencia.

Es decir, se conoce el valor máximo de una corriente alterna (AC).

Se aplica esta sobre una cierta resistencia y se mide la potencia y se mide la potencia producida sobre ella.

A continuación, se busca un valor de corriente continua que produzca la misma potencia sobre esa misma resistencia. A este último valor, se le llama valor eficaz de la primera corriente (la alterna).

Para una señal senoidal, el valor eficaz del voltaje y de la corriente se obtiene a partir de las ecuaciones (1.1) y (1.2)

$$V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \quad (1.1)$$

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad (1.2)$$

La potencia eficaz mediante la ecuación (1.3).

$$P_{ef} = V_{ef} \cdot I_{ef} = \frac{V_0 \cdot I_0}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} = \frac{V_0 \cdot I_0}{2} \quad (1.3)$$

Es decir, que es la mitad de la potencia máxima.

La tensión o la potencia eficaz, se nombran muchas veces por las letras RMS, por ejemplo decir 10V RMS o 15W RMS significará 10 voltios eficaces ó 15W eficaces, respectivamente.



5. Potencia y factor de potencia

La presencia de armónicos en un sistema eléctrico hace que se complique el cálculo de la potencia y factor de potencia. Existen tres cantidades estándares asociadas a la potencia: (8)

- Potencia Aparente (S).
- Potencia Activa (P).
- Potencia Reactiva (Q).

A la frecuencia fundamental, es común relacionar estas condiciones según las ecuaciones (1.4) y (1.5):

$$P = S \cdot \cos \varphi \quad (1.4)$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi \quad (1.5)$$

Donde φ es el ángulo entre el voltaje y la corriente.

El factor $\cos(\varphi)$ es comúnmente llamado factor de potencia y se define según la ecuación (1.6):

$$FP = \frac{P}{S} \quad (1.6)$$

Las formulas son utilizadas para determinar la potencia activa y reactiva en función de la frecuencia fundamental del sistema de potencia, ya que normalmente el voltaje de distorsión es generalmente bajo (THD menor a 5%), con este cálculo es una buena aproximación independientemente de cómo este distorsiona la onda de corriente.

Ante la presencia de armónicos se cumple la siguiente relación:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad (1.7)$$

Donde "D" representa distorsión de la potencia o distorsión de los volt amperes.

6. Otros parámetros

Además de los parámetros antes mencionados los analizadores de redes también realizan la lectura de:

- Tensión simple y compuesta.



- Corriente.
- Frecuencia.
- Máxima demanda potencia activa, reactiva y aparente;
- Energía reactiva L ; Energía reactiva C ; Energía aparente y Energía Activa.

1.4.2 Calibración

La calibración de un analizador de redes es un proceso de alta precisión en el cual, se deben tener en cuenta tanto la impedancia en la que se está operando (50 Ohms en casi todos los casos, 75 Ohms para algunas otras aplicaciones) como las condiciones en las que está operando el equipo. Por este motivo, y dependiendo de la cantidad de *Parámetros-S* que se requiera medir el proceso puede resultar largo y tedioso por la cantidad de veces que se tuviera que repetir.

El estándar de calibración usa cuatro dispositivos de prueba llamados **OPEN** (red abierta), **SHORT** (red en corto circuito), **LOAD** (red con carga) para calibrar la reflexión y **THRU** (red conectada) para calibrar la transmisión, los cuales deben ser conectados a los puertos del analizador para que este pueda comparar y establecer la diferencia entre estos diferentes modos, estos datos son guardados en un registro y cada registro debe ser calibrado independientemente y en el momento en que se le haga una modificación a la red en estudio. (9)

Otro tipo de instrumento para la calibración de analizadores de redes es módulo de calibración eléctrico (E-Cal), el cual se conecta a este y es automáticamente reconocido y posee una mayor precisión que el equipo de calibración manual mencionado anteriormente. La única desventaja de este dispositivo es que se debe esperar a que alcance su temperatura de operación antes de usarlo, aunque el propio VNA, al igual que un analizador de espectro, generador de señal, y casi todo instrumento de precisión similar, también requieren una espera hasta alcanzar la estabilidad térmica.

1.5. Gráficos de cargas eléctricas.

La determinación de las cargas eléctricas es la primera etapa de la proyección de cualquier sistema de suministro eléctrico. La carga eléctrica caracteriza el consumo de energía eléctrica de, receptores independientes, grupos de receptores en el taller y la empresa en su conjunto. Para proyección y explotación de sistemas de suministro eléctrico de empresas industriales son fundamentales tres tipos de cargas: potencia activa (P), potencia reactiva (Q) y corriente (I).

La carga eléctrica puede ser observada visualmente, por medio de instrumentos de medición o registradas por medio de instrumentos registradores. Los cambios de la carga pueden ser registrados en forma de una curva continua, o escalonada. Las curvas de cambio de potencia activa, reactiva y de corriente, con respecto al tiempo, se denomina gráficos de cargas de potencia activa, reactiva y de corriente, respectivamente.

Los gráficos pueden ser clasificados en: individuales para receptores independientes de energía eléctrica, y de grupos, para grupos de receptores.

Las gráficas individuales de cargas se simbolizan con letras minúsculas: $p(t)$, $q(t)$, $i(t)$, los gráficos de grupos se simbolizan con iguales letras pero mayúsculas $P(t)$, $Q(t)$, $I(t)$.

La expresión analítica de los gráficos $P(t)$, $Q(t)$, $I(t)$, para n receptores en un grupo, tendrá la forma de la figura 1.3 y figura 1.4:

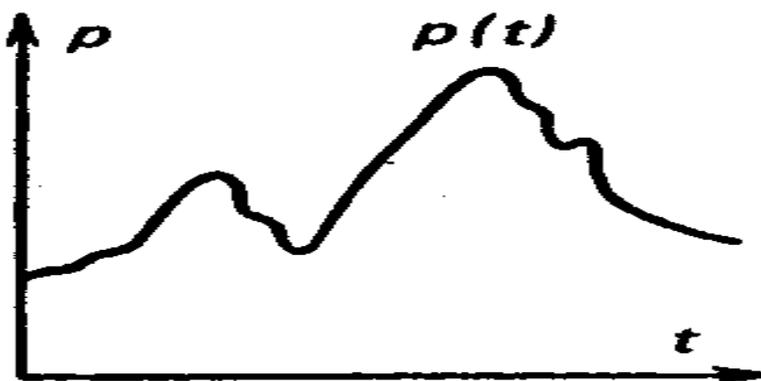
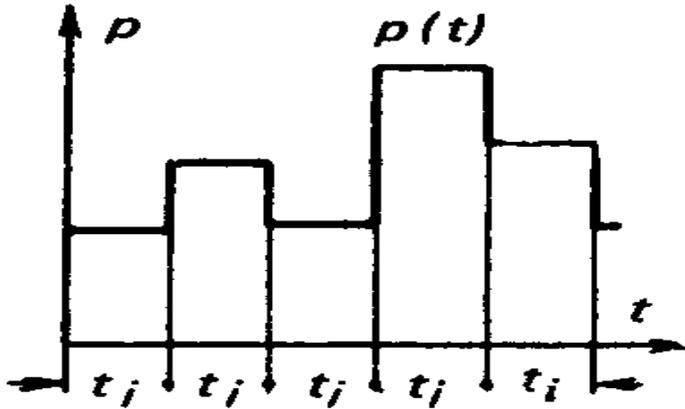


Figura 1.3 Gráfico respecto $P(t)$, $t(t)$.

Figura 1.4 Gráfico respecto $p(t)$, $t(t)$.

Estos gráficos pueden ser individuales (en minúscula) o de grupo (en mayúscula). Teniendo en cuenta que para un grupo de N receptores los gráficos de grupo se calculan a partir de los individuales mediante la figura 1.5:

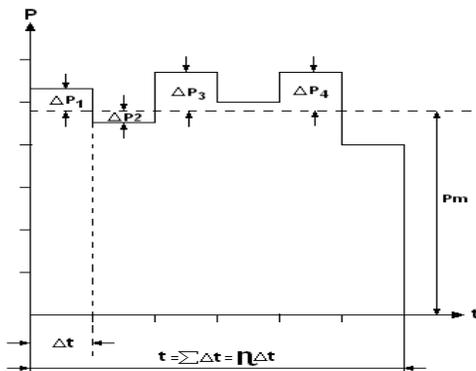


Figura 1.5 Gráfica de carga para un grupo de consumidores.

Teniendo en cuenta la duración, los gráficos de carga se clasifican en:

Diarios y anuales. Cada área industrial tiene su gráfico de carga típico, el cual está determinado por el proceso tecnológico de la producción.

1.5.1 Efectos del bajo Factor de Potencia

Los efectos del bajo factor de potencia en una instalación industrial pueden clasificarse en:

- 1) Incremento del costo de la energía.



- 2) Sobrecarga de transformadores, cables, etc.
- 3) Incremento de las pérdidas de potencia y energía en el sistema.
- 4) Incremento de las caídas de voltaje en el sistema.

1.5.2 Sobrecarga de equipos

Muchos equipos eléctricos, como son los: generadores, transformadores, conductores, seccionadores, fusibles, interruptores automáticos, etc. se dimensionan a partir de una capacidad de corriente o kVA en régimen permanente que sea suficiente para alimentar la carga.

Por lo tanto, si la potencia aparente y la corriente de la carga dependen inversamente del factor de potencia de la misma como se muestra en la ecuación (1.8):

$$S = \frac{P}{\cos\phi} I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\phi} \quad (1.8)$$

Puede concluirse que un bajo factor de potencia incrementa la corriente y con ello la carga térmica de los equipos que suministran o permiten el paso de dicha corriente.

1.5.3 Ventajas de Compensar el Factor de Potencia

Las ventajas de mejorar el factor de potencia de una instalación industrial son:

- 1) Reducción de la factura eléctrica.
- 2) Liberación de capacidad en el sistema.
- 3) Reducción de las pérdidas de potencia y energía en el sistema.
- 4) Mejoramiento de las condiciones de voltaje en el sistema.



Conclusiones

En el capítulo quedó establecido el marco Teórico - Metodológico de la investigación, se definió los conceptos básicos del sistema eléctrico de distribución, los métodos de cálculo, la selección de los esquemas, la utilización de los diferentes consumidores a emplear en las industrias, lo cual hace referencia al trabajo que se requiere para la implementación del analizador de redes eléctricas en la empresa, el cual constituye el punto de partida para la automatización del sistema eléctrico de distribución de la Empresa Mecánica del Níquel.

CAPÍTULO2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN



CAPITULO 2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

En este capítulo se valora las condiciones de la subestación para la selección y la implementación del analizador de redes eléctricas a utilizar. Se seleccionara el equipo de medición más eficiente y el que se adapte a las condiciones de la subestación se hará una valoración de sus parámetros de medida y de sus características de medición, así como se describirán las características técnicas de la subestación que sirvió de objeto de estudio para la labor realizada y se mostraran los datos de los equipos de medición instalados. Se reflejarán las limitaciones de cada uno de ellos en comparación con el analizador de redes a implementar.

2.1. Características de la subestación

La subestación de la Empresa está estructurada por una pizarra de control donde se manipulan los interruptores automáticamente, cuenta con una sala de distribución con diferentes cubículos donde se encuentran situados los interruptores de diferentes valores de corrientes, tiene además un UPS (sistema de respaldo y protección que le suministra energía a los circuitos operativos de señalización y alarma) y un grupo electrógeno de emergencia (G.E.E) que le suministra energía a la Empresa en caso de alguna avería del SEN. En el patio exterior se encuentran dos transformadores reductores (Y/ Δ) de 1 MVA cada uno hace posible la unión de la empresa con el SEN, se conocen en la industria como 1T y 2T, los mismos son de fabricación soviética con una altura aproximada de 2m, presentan enfriamiento por aire y a través de ventiladores, y por recirculación de aceite, depositado en un tanque situado en la parte superior de los transformadores, estos alimentan el sistema eléctrico de

distribución de la EMNi, a través de los centros de cargas CC1, CC2, CC3, CC4, CC5, CC6, CC7, CC8, CC9 y el cuarto (PΠ – 10) de distribución para alimentar los hornos de fundición. Ver Anexo I.

Los transformadores cuentan con un Cambia TAPS que puede asumir 19 posiciones en dependencia de los niveles de tensión que se requieran, con el objetivo de regular el voltaje de forma tal de que no se aleje de los parámetros requeridos en la industria ver figura 2.1. En régimen normal los transformadores se encuentran subcargados ya que la potencia que se consume del SEN es muy pequeña comparada con la capacidad nominal de los mismos.

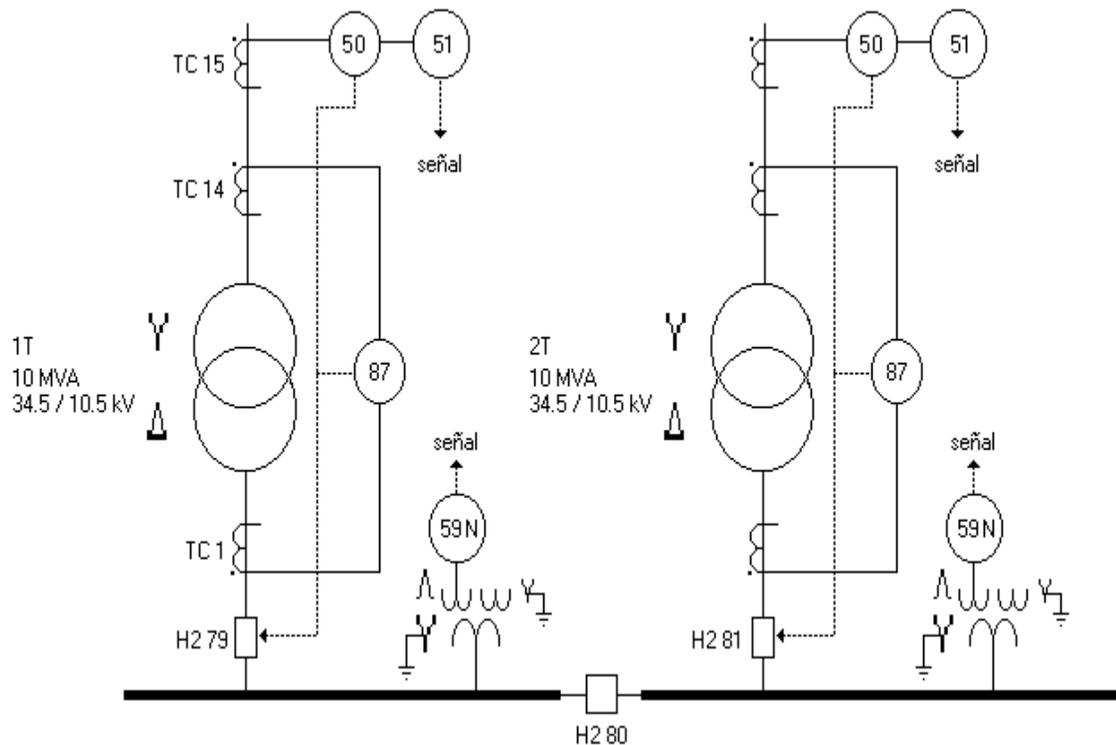


Figura 2.1 Transformadores de la subestación eléctrica.



2.2. Características de los instrumentos de medición de la subestación

En este epígrafe se hará un estudio de los instrumentos instalados en la subestación, donde se explicaran sus funciones dentro de la empresa y los parámetros medidos por cada uno de ellos, por lo cual se verá reflejado la cantidad de datos de medición en cuanto a las variables eléctricas analizadas y para demostrar sobre todo que de las variantes de los analizadores de redes que se le ofertaron a la empresa, además de ser más modernos también beneficiarían en cuanto a la predicción de fallas eléctricas en las líneas eléctricas.

Con las pruebas y datos obtenidos de estas mediciones en el sistema de distribución eléctrica de la empresa, se llegó a la conclusión de proponer el montaje de un instrumento de medición eléctrica como es, el analizador de redes, el cual se seleccionó para obtener las medidas de parámetros eléctricos y controlar los procesos tecnológicos de la entidad, así como, el análisis de armónicos, entre otras.

2.2.1 Contador MICROSTAR

El contador es uno de los equipos instalados en la subestación para lograr un control sobre el consumo de variables eléctricas la entidad por fallos eléctricos en ausencia de un equipo de mayor alcance de las mediciones como se muestra en la figura 2.2. En cuanto a sus mediciones se centra más en los voltajes y pérdidas por fase actual. En la pantalla se visualizan los parámetros de tiempo de la explotación para cada tarifa, la fecha programada y hora del contador pasado, visualizando el consumo en un Indicador actual de reversa del flujo en el LCD. Está conformado por los materiales del caso que refuerzan el policarbonato con el que está estructurado. En este la baquelita es el material

terminal principal, sus dimensiones son (milímetro) 274 x 167 x 66 .Clase protectora del aislante II, peso 1.8 kilogramos con IP51 impermeable, IEC 529.



Figura 2.2 Contador eléctrico MICROSTAR.

2.2.2 Analizador Eléctrico multifunción (EMA10).

El EMA10 fue diseñado y probó en conformidad con IEC 348 clase 1 estándares para operar los voltajes hasta 650 Vac Rms, considerando el VDE 0110 agrupan estándares de aislamiento de la C para operar. Los voltajes hasta 500 Vac Rms como se muestra en la figura 2.3. El mismo es un instrumento que ha sido diseñado para monitorear, almacenar y analizar todas las variables eléctricas que se monitorean en las líneas de distribución. Todos los datos pertinentes son exhibidos y si son los deseados, son almacenados en la RAM interna y son transmitidos para la PC, por RS485 (el estándar) en el cual el software compatible de la gerencia ha sido instalado.



2.2.3 Caracterización del EMA 10.

El EMA10 con armónico optativo analiza y también puede cargar fuera contenido del armónico de la red mediante la transformación rápida de Fourier, con este método hasta el armónico 31 st, muy útil para hallar disturbios de la red. La EMA puede realizar un análisis preciso y profundo de energía completa. Una característica fundamental es la forma fácil para integrar opciones adicionales nuevas y la promoción del soporte lógico inalterable usando puerto serial y la tecnología del destello. Todos los parámetros son ostentados en un gráfico de despliegue electroluminiscente que se ilumina de regreso con una resolución de puntos del 128x128.



Figura 2.3 Analizador eléctrico multifunción.

2.2.4 Especificaciones técnicas del EMA10.

El voltaje de suministro de fuerza está entre 85-265 V, 50/60 Hz /dc, 20-60 V, 50/60 Hz / dc (la opción). El voltaje de aislamiento 3700 la letra x Vac Rms 1 el minuto, el aporte de voltajes es de 10-650Vrms de rango de en medio ponen en fase. Sobre el voltaje hasta 750 permanente Vac, más allá de este valor es imperativo para usar transformadores de voltaje y el aporte del reóstato: >2 M. Midiendo estufa puede llegar desde 30-500Hz. Puede llegar a tomar 64



muestras por el período para V1 y A1, V2 y A2, V3 y A3, con un intervalo de medida 0,1 en segundo lugar como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Rango de los valores de las variables medidas.

Variables	Modelo EMA10
Voltaje	< 0.5 %
Corriente	< 0.5 %
Potencia	<1%
Energía	<1%
Factor de potencia	<1%

2.3 Estudio para la selección del analizador de redes

El local de la subestación donde están ubicado todos los paneles en la sala de control, en el cual se toman las lecturas de todas las variables eléctricas que se pueden medir en la actualidad, está compuesto por un cuarto de 6 m ancho x 6 m largo x 4.5 m de altura. Climatizado con un aire acondicionado de 54000 BTU para lograr una temperatura de 20°C en el medio ambiente, teniendo en cuenta que la temperatura de trabajo de la misma está en el orden entre los 35 a 40°C y una humedad relativa del 75% aproximadamente, con una tensión de alimentación de 33kV obteniéndose en la reducción del mismo de 10kV y estos a su vez para la alimentación de la instrumentación y los paneles de medición se reducen a tensiones de 1000V, 600V, 440V, 220V, 110V y 24V, para instrumentos que lo requieran, posee un sistema de aterramiento de protección y pararrayos todas las instalaciones de la empresa, y la clase de aislamiento en la misma es de doble aislamiento.

2.3.1 Mediciones realizadas con el analizador de redes.

En la figura 2.4 se muestra el comportamiento de la tensión contra corriente correspondiente a las tablas 2.2 y tabla 2.3 en la cual se muestran los valores de los voltajes de las fases registradas en un período de un mes, registrando el comportamiento de las variables eléctricas referentes a los valores de baja, media y alta tensión reconociendo un comportamiento normal en las mediciones correspondientes al tiempo de hora mostrado por las mediciones tomadas por el analizador de redes utilizado para observar el comportamiento de las variables eléctricas y poder llegar a predecir alguna falla, la cual no llegó a ocurrir en el periodo de tiempo de la medición correspondientes a un mes laboral .

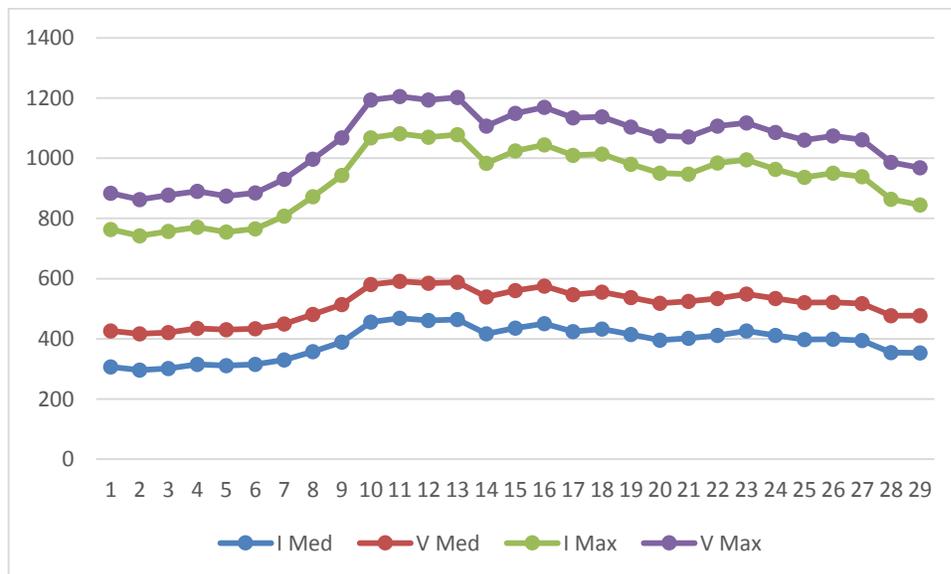


Figura 2.4 Gráfico de tensión contra corriente máx. y mín.



Tabla 2.2 Valores de tensión analizadas en un mes.

X Hora [UTC]	U1(Min) [V]	U1(Med) [V]	U1(Max) [V]	U2(Min) [V]	U2(Med) [V]	U2(Max) [V]	U3(Min) [V]	U3(Med) [V]	U3(Max) [V]
0:06:50,000	119,10	119,60	120,90	161,50	161,60	161,80	116,50	116,80	117,30
0:16:50,000	120,00	120,40	120,80	161,70	161,70	161,80	116,20	116,60	117,20
0:26:50,000	119,50	119,80	120,20	161,60	161,60	161,70	115,80	116,30	116,60
0:36:50,000	119,20	119,40	119,70	161,50	161,50	161,60	115,70	115,90	116,30
0:46:50,000	118,80	119,10	119,50	161,30	161,40	161,50	115,30	115,70	116,20
0:56:50,000	118,50	118,80	119,30	161,20	161,20	161,50	115,10	115,40	115,70
1:06:50,000	118,10	119,00	122,30	161,20	161,40	162,50	114,50	115,50	118,80
1:16:50,000	121,80	122,80	124,80	162,40	162,60	163,20	117,90	118,90	120,60
1:26:50,000	122,70	124,60	124,90	163,00	163,10	163,20	120,10	120,50	121,20
1:36:50,000	122,90	124,40	125,30	162,50	162,90	163,20	117,40	119,10	120,40
1:46:50,000	122,90	123,20	123,50	162,50	162,50	162,60	117,10	117,40	117,80
1:56:50,000	122,90	123,30	123,70	162,50	162,60	162,80	117,40	117,70	118,10
2:06:50,000	123,30	123,60	123,90	162,60	162,60	162,80	117,70	118,10	118,70
2:16:50,000	123,30	123,60	124,00	162,60	162,70	162,80	118,50	118,90	119,20
2:26:50,000	123,60	124,00	124,50	162,60	162,80	162,90	118,50	119,00	119,50
2:36:50,000	124,00	124,40	124,90	162,80	162,80	162,90	118,70	118,90	119,30
2:46:50,000	122,60	123,00	124,90	162,30	162,40	162,90	117,30	117,70	119,20
2:56:50,000	122,90	123,20	123,60	162,40	162,40	162,60	117,30	117,70	118,00
3:06:50,000	122,40	123,10	123,60	162,20	162,40	162,60	117,00	117,70	118,30
3:16:50,000	122,40	122,60	122,80	162,10	162,20	162,30	116,90	117,30	117,70
3:26:50,000	122,30	122,50	122,80	162,10	162,20	162,30	116,90	117,20	117,70
3:36:50,000	122,30	122,70	123,30	162,20	162,20	162,40	116,70	117,20	117,60
3:46:50,000	122,60	122,80	123,20	162,20	162,20	162,30	116,70	116,90	117,40
3:56:50,000	122,40	122,70	123,10	162,10	162,20	162,30	116,90	117,10	117,60
4:06:50,000	122,50	122,80	123,10	162,10	162,20	162,30	117,20	117,40	117,70
4:16:50,000	122,40	122,70	123,10	162,10	162,10	162,30	116,50	117,00	117,80
4:26:50,000	122,40	122,50	122,80	162,10	162,10	162,20	116,60	116,90	117,60
4:36:50,000	122,30	122,60	122,90	162,10	162,10	162,30	117,20	117,70	118,10
4:46:50,000	122,40	122,90	123,30	162,10	162,20	162,30	117,70	117,80	118,10



Tabla 2.3 Valores de corriente referentes a un mes.

I1(Med) [A]	I1(Max) [A]	I2(Min) [A]	I2(Med) [A]	I2(Max) [A]	I3(Min) [A]	I3(Med) [A]
306,90	337,00	38,70	108,10	127,00	109,30	174,10
296,00	326,20	37,70	39,00	40,10	110,30	121,30
301,10	336,60	37,90	39,00	40,30	129,70	142,90
315,80	335,60	37,70	38,90	39,70	149,50	165,00
311,10	325,30	38,10	38,50	39,50	149,70	163,40
315,10	331,70	37,50	38,30	38,90	150,90	163,30
330,60	358,60	29,50	36,60	39,50	159,50	179,90
358,10	391,70	28,90	30,20	31,40	170,60	183,50
389,60	428,80	29,90	31,00	32,50	188,40	202,90
456,00	488,00	30,60	31,80	32,70	176,90	195,90
468,10	490,90	30,30	31,30	32,30	164,80	180,00
461,40	485,30	30,60	33,70	69,50	169,30	182,10
464,40	490,00	40,90	42,40	43,60	167,70	184,60
416,30	443,30	40,50	42,50	43,60	185,10	198,10
436,30	464,70	38,90	40,30	42,80	190,90	204,00
450,70	469,20	38,50	39,80	40,90	170,80	186,40
424,00	463,10	37,30	38,70	40,10	161,60	172,70
432,30	458,40	37,30	38,50	39,70	160,10	163,10
414,60	442,70	37,00	38,30	39,70	143,80	156,00
396,10	432,30	36,80	38,00	38,90	135,60	148,80
402,50	422,90	36,60	37,90	38,70	135,80	152,50
411,50	449,80	36,60	37,90	38,70	133,00	140,40
425,90	446,00	36,40	37,60	38,90	114,40	129,20
411,10	429,00	36,20	37,60	38,70	117,80	138,30
398,00	416,20	36,60	37,80	38,70	125,40	138,30
399,00	429,00	36,20	37,40	38,30	116,80	123,50
394,80	421,90	37,00	37,60	38,30	116,60	124,80
354,50	386,60	36,60	37,70	39,30	117,60	129,30
353,70	368,80	36,60	37,70	38,90	114,20	125,10



2.3.2 Características generales del analizador de redes seleccionado.

Es un analizador de red trifásico con teclado de programación incorporado, especialmente recomendado para visualizar las principales variables eléctricas como se muestra en la figura 2.4. Luego de un estudio detallado sobre las condiciones en la instalación eléctrica de la subestación, se llegó a determinar que de las variantes de los analizadores de redes que se estaban estudiando para ver cuál era más factible se llegó a proponer este analizador (**PQA824**) **ver anexo2**, en el cual se muestran la cantidad de parámetros medidos por los diferentes analizadores y se muestra porque se seleccionó este entre todos los ofertados, el equipo seleccionado en su contexto de funcionalidad es el que más se adapta a las exigencias de la empresa y también que el local en el cual se va a realizar la experimentación cumple las restricciones y condiciones del instrumento en cuanto a la instalación del mismo, el cual conlleva a una serie de parámetros que van desde voltajes hasta climatización del local y condiciones ambientales como se verán reflejados a continuación, este instrumento permite efectuar las siguientes operaciones (7):

- Visualización en tiempo real de los valores de cada parámetro eléctrico de una instalación Monofásico y Trifásico 3-hilos o 4-hilos, del Análisis Armónico de tensión y corrientes hasta el 49º armónico, de las Anomalías de Tensión (huecos y picos) con resolución a 10ms y del Flicker (Pst, Plt) sobre tensiones de entrada además de los parámetros de la asimetría del sistema, medida de la corriente de Pico (sólo modelos PQA82x) y el análisis de los Transitorios sobre las tensiones con resolución de 5s (sólo modelo PQA824).
- Visualización de las formas de onda de las señales de entrada, gráficos e histograma del análisis armónico y diagrama vectorial para el cambio del desfase entre tensión y corrientes. El registro (a través de pulsar la tecla



GO/STOP) de los valores de las Tensiones, de las Anomalías de Tensión, Corriente, Armónicos, Flicker, de los valores de las Potencias Activas, Reactivas y Aparentes, de los Factores de Potencia y $\text{Cos}\phi$, de los valores de las Energías Activas y Reactivas entendiendo con registro la memorización en la memoria del instrumento de los valores adjuntos al parámetro eléctrico en el tiempo. El análisis de los resultados será posible solo transfiriendo los datos memorizados a un PC. El volcado en la memoria del instrumento (a través de la pulsación de la tecla SAVE) de un patrón de tipo "Captura" conteniendo los valores instantáneos de los parámetros mostrados en el visualizador del instrumento. El análisis de los resultados será posible solo transfiriendo los datos memorizados a un PC.

- El mismo cuenta con 4 entradas de corriente (tres fases +neutro) con medidas a través de transductor de pinza flexible hasta 3000ACA en dotación, 5 entradas de tensión (tres fases + neutro+ tierra) para medidas completas de las tensiones del sistema. Posible interconexión con TA y TV externos con informe programable. Medida y registro simultáneo de Potencias, Energías, Cos, para sistemas inductivos, capacitivos y cogeneración (medida a 4cuadrantes)
- Visualización de datos en forma numérica, forma de onda y diagrama vectorial de tensiones y corrientes con zoom interno y programación fondo de escala manual. Registro anomalías de tensión (huecos, picos) con resolución mínima de 10ms conforme a la EN 50160. Medida y registro de los Flicker sobretensión de fase y concadenada (Pst, Plt). Medida de las corrientes de arranque de máquinas eléctricas. Detección de transitorios sobre la tensión (spikes) con resolución mínima de 5ms con programación del nivel de disparo sobre las señales. Registro con



período de integración seleccionable de 1segundo a 60 minutos con activación Manual o Automática. Registro con parámetros predefinidos para identificar la típica situación sobre las instalaciones y posibles personalizaciones. Máximo 251 parámetros seleccionables. Alimentación con batería recargable, interfaz USB estándar para el conexionado al PC. Software bajo Windows para el análisis e impresión de datos de los registros.



Figura 2.4 Analizador de redes PQA824

Parámetros técnicos del analizador de redes.

Sistema: Voltaje de Línea a Línea (V), Corriente del neutro (mA), Potencia activa (W), Potencia reactiva (VAR), Potencia aparente (VA), Demanda de potencia activa (W), Demanda de potencia activa máxima (W), Demanda de potencia aparente (VA), Corriente máxima entre las tres fases (mA), Demanda



de corriente máxima (mA), Factor de potencia, Frecuencia (Hz), Consumo activo (kWh), Consumo reactivo (kvarh), Contador (h).

Fase: Voltaje de Línea a Línea (V), Voltaje de Línea a Neutro (V), Corriente (mA), Potencia activa (W), Potencia reactiva (VAR), Potencia aparente (VA), Factor de potencia, Demanda de corriente (mA).

Visualización en tiempo real

-Parámetros generales de la red: Tensiones, Corrientes, Potencias, Energías, $\cos\phi$, Flicker, Asimetría, THD%, Armónicos.

-Formas de onda de señales: Tensiones, Corrientes, histograma armónicos.

-Diagrama vectorial: Tensiones, Corrientes.

Registro

Parámetros: cada parámetro general + energía.

Número de parámetros seleccionables: máximo 251.

Periodo de integración: 1, 2, 5, 10, 30seg, 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60min.

Capacidad de memorización: >3 meses con 251 parámetros a15min.

Visualizador

Características: Gráfico TFT retroiluminado, 1/4 "VGA (320x240)

Pantalla táctil: presente

Número colores: 65536

Regulación brillo: programable

Sistema operativo y memoria

Sistema operativo: Windows CE

Memoria interna: c.a. 15Mbytes (c.a. 32Mbytes con Compact Flash)

Interfaz con PC: USB



ALIMENTACIÓN DEL INSTRUMENTO

El instrumento funciona exclusivamente con una batería recargable de ion de Litio Li-ION (3.7V, 1900mAh) alojada en el interior del portabatería. Utilice el alimentador externo A0055 en dotación para la recarga de las batería.

Con el fin de aumentar al máximo la autonomía de la batería, el instrumento dispone de las siguientes opciones:

- Reducción automática de la luminosidad del visualizador después de aproximadamente 30 segundos de la ejecución de la última operación en ausencia de alimentador externo.
- Función Autoapagado transcurrido aproximadamente 5 minutos desde la última de un tecla o un contacto sobre el visualizador táctil

2.4. Variables medidas por el analizador de redes.

Se hará una referencia a todas las variables de mayor relevancia medidas por el analizador de redes seleccionado, con sus parámetros de medida y de los alcances medidos por el mismo como se muestra en la Tabla 2.4:

Factor de Cresta máx. = 3

Los valores de Tensión < 2.0V serán cero.

El instrumento es conectado a TV con Factor programable de $1 \div 3000$

Medida efectuada a través de Pinza con salida = 1VCA cuando la pinza está sujeta a la corriente nominal.

El valor de corriente < 0.1% del FE serán cero.

Medida efectuada a través de Pinza con salida = 1VCA cuando la pinza está sujeta a la corriente nominal. Factor de Cresta máx. = 3

El valor de corriente < 0.1% del FE serán cero.



Tabla 2.4 Variables medidas por el analizador de redes

Variables eléctricas	Escala	Precisión	Resolución	Impedancia de entrada
Tensión Fase-Neutro	0.0 ÷ 600.0V	±(0.5%lectura+2dígitos)	0.1V	10MΩ
Tensión Fase-Fase	0.0 ÷ 1000.0V	±(0.5%lectura+2dígitos)	0.1V	10MΩ
Anomalías de Tensión	0.0 ÷ 600.0V	±(1.0%lectura+2 dígitos)	0.2V	10MΩ
Corriente a través de transductor	0.0÷1000.0mV	±(0.5%lectura+0.06%FE)	0.1mV	510kΩ
Corriente de Pico	correspondiente al tipo de pinza	±(1.0%lectura+0.4%FS)	correspondiente al tipo de pinza	10MΩ
Potencia	0.0– 999.9	±(1.0%lect+6dgt)	0.1- 0.001M	10MΩ
Factor de Potencia (Cos φ)	0.20÷1.00	1.0 hasta 0.66	correspondiente al tipo de pinza	10MΩ
Armónicos Tensión y Corriente	DC 1 ÷ 25 ÷ 49	±(5.0%lectura+5 dígitos)	0.1V / 0.1 ^a	510kΩ
Frecuencia	42.5÷69.0Hz	±(0.2%lectura+1 dígito)	0.1Hz	10MΩ
Flicker	0.0÷10.0	en conformidad a EN50160	0.1	510kΩ



2.5. Arquitectura del analizador de redes a implementar.

El **PQA-824** es un práctico instrumento que permite obtener una rápida respuesta a cada exigencia de estudios técnicos profesionales y verificaciones relativas a la medida y registro de los parámetros de redes eléctricas Monofásicas y Trifásicas genéricas, además de solucionar típicos problemas en ambientes industriales (calidad de red, conmutaciones de fuentes, averías sobre redes de PC, análisis de circuitos no lineales, desfasajes, arranque de motores, etc.):

- El modelo está dotado de un amplio visualizador a color TFT gráfico (320x240 pixeles) con pantalla táctil. La interfaz usuario es administrada con iconos identificativos que otorgan un simple e intuitivo método de selección de los parámetros internos.
- El instrumento permite la visualización de los parámetros en múltiples modalidades numéricas y gráficas tanto para el análisis periódico como para el análisis armónico. La función gráfica “Diagrama vectorial” permite entre otros valorar de modo inmediato el recíproco desfase entre las señales de tensión y corriente de entrada, definiendo el modo natural de las cargas.
- La notable memoria interna, de 15Mb, permite guardar los datos de cada registro durante un gran número de días consecutivos (aproximadamente 1 mes con 251 parámetros seleccionados y un periodo de integración de 15 minutos), además la memoria de cada instrumento es posible expandirla a través de la inserción de una memoria Compact Flash externa y posible transmisión sobre un Pen Driver.



Conclusiones.

En el capítulo quedo planteado la metodología y los pasos que llevaron a determinar el porqué de la selección del analizador de redes y la metodología para la selección del mismo entre varias opciones ya que el PQA824 es el que más parámetros eléctricos mide y se asemejaba más a las necesidades de la empresa luego se tomaron muestras de los cargas instaladas en la empresa para el estudio de la factibilidad de usar el equipo.

Capítulo 3

Análisis de técnicos y económicos.



CAPITULO 3 ANALISIS TECNICOS ECONOMICOS

Introducción

En el presente capítulo se expondrán los resultados obtenidos luego de la culminación de la investigación realizada. Además, se realizará un estudio energético con el objetivo de evaluar las potencialidades del equipo implementado y se realizará el análisis económico del proyecto.

3.1. Análisis técnico.

Luego de la selección del analizador de redes solicitado para establecer la compra del instrumento se tuvo en cuenta los parámetros requeridos por el equipo para que se adaptara a las condiciones de la subestación eléctrica. Se estableció una comparación entre los equipos de medición instalados en la subestación y el analizador de redes seleccionado en cuanto a la fiabilidad del registro de sus parámetros técnicos y su funcionamiento, también en cuanto a la información que le brindará al operador en el período de muestreo. Se seleccionó este equipo ya que en toda empresa consumidora de una elevada cantidad de energía se debe de tener información para concienciarnos y realizar acciones que reduzcan el coste energético y evitar las fallas en la empresa, para ello este trabajo se basó en dar a conocer los parámetros siguientes:

- Conocer dónde y cómo se producen altos y bajos consumos.
- Controlar y reducir los consumos innecesarios e ineficientes.
- Adelantarnos a posibles penalizaciones por exceso de potencia o consumo de reactiva y eliminarlas de nuestra factura eléctrica.

El analizador de redes eléctricas va enfocado en **ahorrar, prevenir y solventar fallas** eléctricas en la entidad:



1. Ahorrar

- Detectar y prevenir el exceso de consumo (kW ·h)
- Analizar curvas de carga para ver dónde se produce la máxima demanda de energía.
- Detectar la necesidad de instalación de una batería de condensadores, así como su potencia.

2. Prevenir

Son ideales para realizar mantenimientos periódicos del estado de la red eléctrica, tanto en baja como en media tensión, ver curvas de arranque de motores, detectar posibles saturaciones del transformador de potencia, cortes de alimentación, deficiente calidad de suministro eléctrico, etc.

3. Solventar

Poder analizar dónde tenemos un problema en la red eléctrica, para poder solucionar problemas de disparos intempestivos, fugas diferenciales, calentamiento de cables, resonancias, armónicos, perturbaciones, *Flicker*, desequilibrios de fases, etc. Al mismo tiempo, nos permite diseñar los tamaños adecuados para los filtros activos o pasivos de armónicos y filtros para variadores de velocidad, etc.

3.2. Comunicación hacia la PC.

Para el establecimiento de la comunicación con el analizador de redes y la PC en la cual se almacenan los datos de la memoria luego de varias pruebas. Se lograron ejecutar satisfactoriamente las operaciones de lectura para obtener los valores de las variables eléctricas transmitidas por el analizador de redes y escritura para el control de los consumos y valores máximos almacenados en memoria.

3.2.1 Pantallas del sistema

La pantalla del sistema muestra una interfaz simple y amigable al usuario. En la Figura 3.1 se muestra la pantalla de inicio del sistema. En esta se definen los valores de relación de transformación de voltaje y corriente y el valor de máxima demanda de potencia contratada por la entidad. La hora y fecha del sistema operativo se encuentran en todas las pantallas del sistema de supervisión.

MENU GENERAL

En cada encendido del instrumento muestra automáticamente la pantalla “Configuración Analizador” en el cual indica la última configuración utilizada por el usuario. En la figura 3.1 se muestra el conexionado del analizador de redes eléctricas y una rápida manipulación del equipo por el usuario para determinar cuáles de las variables desea visualizar en la pantalla y un rápido acceso mediante los botones que posee en la parte frontal de la pantalla.

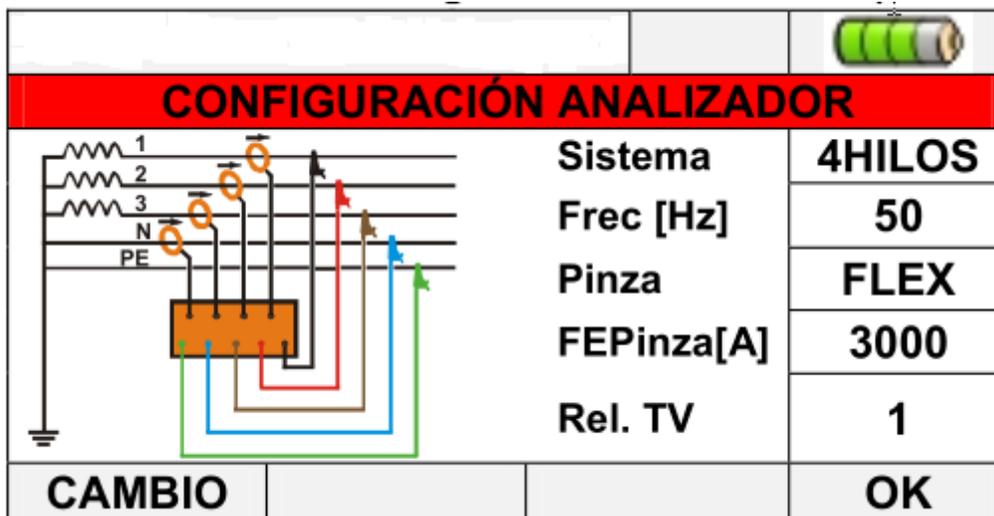


Figura 3.1 Pantalla el sistema del analizador de redes.

En tal situación el usuario puede decidir si modificar la configuración adaptándola a las características de la instalación en prueba pulsando la tecla F1 o bien acceder directamente al Menú General pulsando la tecla F4 (la función “OK”) Si no



se efectúa ninguna acción durante 10s el instrumento pasa automáticamente a la pantalla del MENU GENERAL. En tal situación el usuario puede decidir si modificar la configuración adaptándola a las características de la instalación en prueba pulsando la tecla F1 (o bien la función “CAMBIO”) o bien acceder directamente al Menú General pulsando la tecla F4 (la función “OK”). Si no se efectúa ninguna acción durante 10s el instrumento pasa automáticamente a la pantalla del menú general. El MENU GENERAL del instrumento se presenta con la siguiente pantalla mostrada en la siguiente figura 3.2.



Figura 3.2 Pantalla menú general.

El Icono función instantáneamente seleccionado aparece marcado en color rojo y el correspondiente título será reflejado en la parte baja del visualizador. Los siguientes Iconos son disponibles usando las teclas flecha y confirmando con ENTER (o bien tocando el icono sobre el visualizador):

- Sección Configuración General: Permite la programación de los parámetros de



sistema del instrumento como la fecha/hora, el idioma, el contraste del visualizador, el eventual contraseña de protección, el sonido en la pulsación de las teclas y el autoapagado.

- Sección Visualización Medidas: Permite mostrar los resultados de las medidas en tiempo real.
- Sección Configuración Analizador: Permite definir las configuraciones simples y avanzadas relativas al conexionado del instrumento en la instalación.
- Sección Configuración Registro: Permite seleccionar las programaciones para cada singular registro y obtener información sobre la autonomía del instrumento durante la operación.
- Sección Resultados Registro: Permite visualizar el listado de todos los registros y operaciones guardadas en el instrumento y es posible la cancelación de la memoria.
- Sección Información Instrumento: Permite obtener la información de carácter general del instrumento (versión interna de Firmware, software, etc...)

3.2.2 Pantalla de las formas de onda señales SCOPE

En presencia de una página relativa a los valores numéricos es posible seleccionar en cada momento la visualización de las formas de onda de los parámetros de entrada pulsando la tecla F2. El instrumento visualiza, pulsando cíclicamente la tecla F1. Las formas de onda simultáneas de las tres tensiones V1, V2, V3 y de la tensión sobre el conductor de neutro, con el respectivo valor eficaz, como muestran en la Figura 3.3.

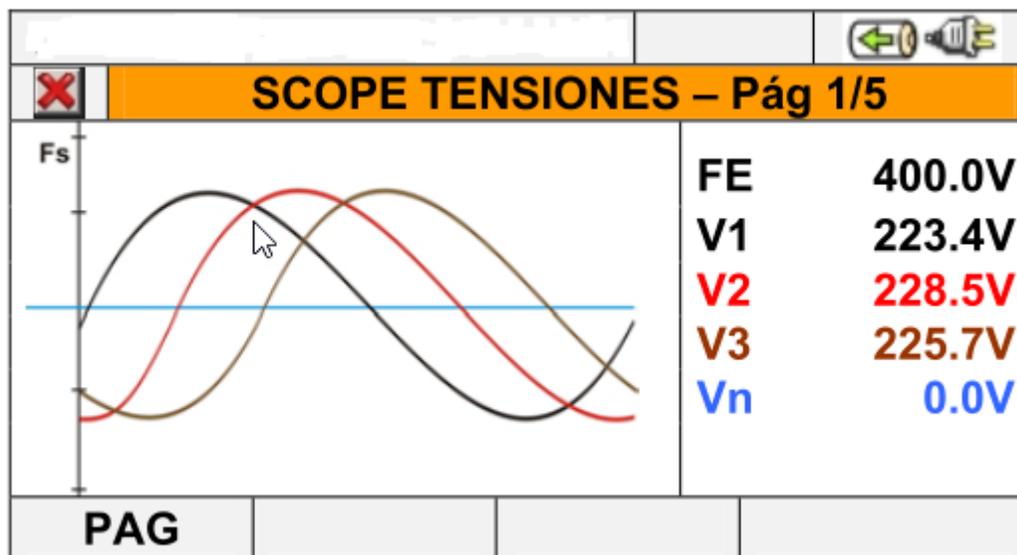


Figura 3.3 Pantalla forma de onda de las tensiones.

3.2.3 Pantalla del análisis armónico ARM

En presencia de una página relativa a los valores numéricos es posible seleccionar en cada momento la visualización de las tablas y de los gráficos del histograma del análisis armónico de tensión y corriente de entrada pulsando la tecla F3 (o bien la función ARMÓNICO en el visualizador). El instrumento visualiza, pulsando cíclicamente la tecla F1 (o bien la función PAG) para:

- Los valores de los armónicos de las tensiones V1, V2, V3 y eventualmente Vn (para sistema trifásico 4-hilos y monofásicos) y de las corrientes I1, I2, I3 y eventualmente In (para sistemas trifásicos 4-hilos, no disponible para PQA400) con los respectivos valores del THD% sea bajo forma de gráfico con histograma, sea bajo forma de tabla numérica, en valor porcentual o absoluto en función de la programación deseada, como es mostrado en las siguientes figura 3.4.

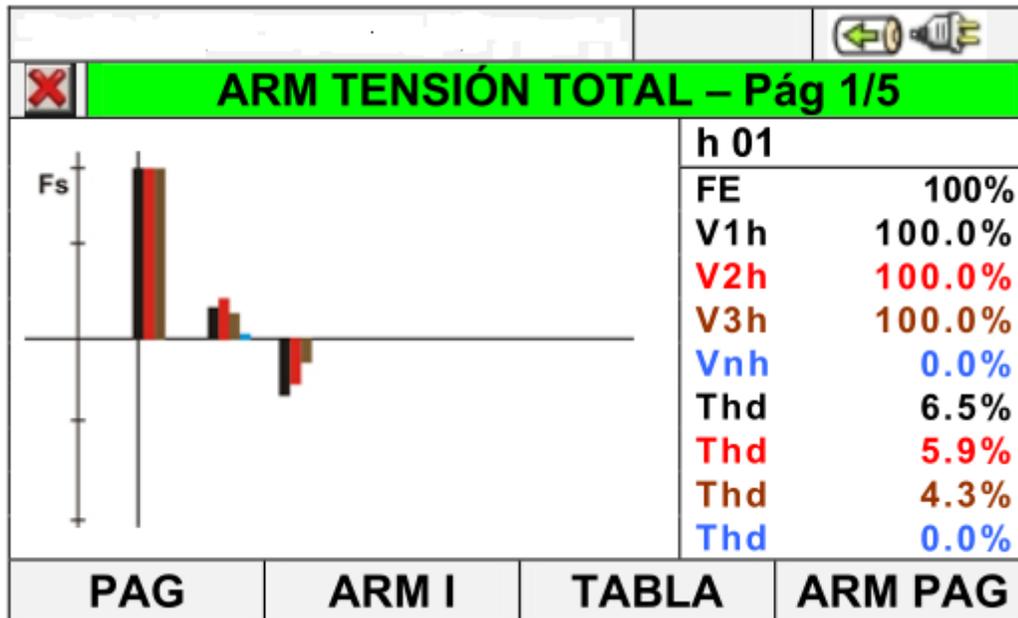


Figura 3.4 Análisis armónico de tensión porcentual/absoluto.

Pantalla de valores medidos TRMS

El instrumento presenta en función de la selección de los parámetros eléctricos de los valores medidos en TRMS, como se muestra siguiente

Leyenda parámetros:

V12 => Tensión Fase L1 - Fase L2

V23 => Tensión Fase L2 - Fase L3

V31 => Tensión Fase L3 - Fase L1

NEG% => Valor porcentual asimetría negativa

CERO%=> Valor porcentual asimetría cero

SEC => Indicación sentido cíclico de las Fases:

"123" => Correcto

"132" => No correcto

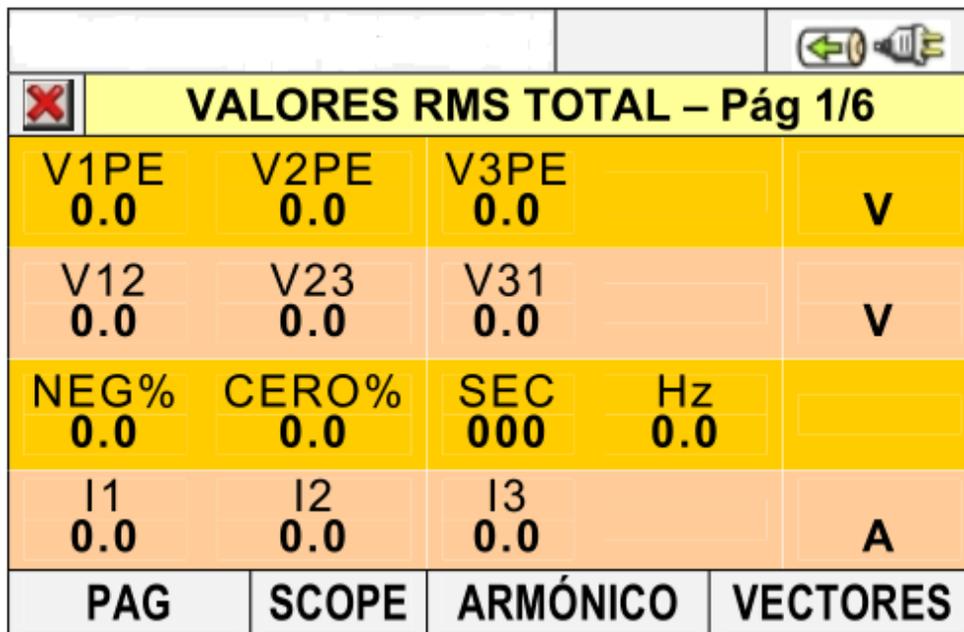
"023" => Tensión nula sobre el cable Negro

"103"=>Tensión nula sobre el cable Rojo

"120" => Tensión nula sobre el cable Marrón



- "100" => Tensión nula sobre cables Rojo y Marrón
- "020" => Tensión nula sobre cables Negro y Marrón
- "003" => Tensión nula sobre cables Negro y Rojo
- Hz => Frecuencia
- I1 => Corriente sobre la Fase L1
- I2 => Corriente sobre a Fase L2
- I3 => Corriente sobre la Fase L3



VALORES RMS TOTAL – Pág 1/6				
V1PE	V2PE	V3PE		V
0.0	0.0	0.0		
V12	V23	V31		V
0.0	0.0	0.0		
NEG%	CERO%	SEC	Hz	
0.0	0.0	000	0.0	
I1	I2	I3		A
0.0	0.0	0.0		
PAG	SCOPE	ARMÓNICO	VECTORES	

Figura 3.5 pantalla de los valores numéricos medidos.

3.3. Calculo Económico.

Para realizar la valoración económica solamente tuvimos en cuenta las pérdidas económicas por concepto de la producción que se realiza mensualmente, para ello se tomó como referencia el centro de carga CC-6 y CC-7 de la UEB de Fundición que es el taller que más energía demanda con un total de 150,14 MW y el cual está propenso a múltiples fallas eléctricas.



Este taller posee dos transformadores (uno está de reserva) de 1 MVA cada uno y alimenta a través de un interruptor de 1600 A al taller de fundición específicamente a los consumidores de voltajes menores de 480 V, además del área de samblanting que pertenece a la UEB estructura metálica, que le suministra energía al sistema de fuerza de los hornos 1 y el horno 2 de acero y horno 3 de hierro, por lo cual si normalmente en este taller ocurriera una avería se necesitarían como mínimo cuatro días para dichas intervenciones por lo que traería pérdidas en sector de la producción, ya que este taller se dedica a la fundición, moldeo y fusión de diversas piezas para diferentes industrias del país y las empresas del Níquel, refinería, producciones agrícolas y de cemento entre otras, la misma opera con tres hornos de fusión, donde es la mayor energía demandada, teniendo en cuenta la ocurrencia de una avería en uno de estos centros de carga se paralizaría la producción en el taller, donde mensualmente produce \$260000 pesos, que representa diariamente \$8666,6 pesos entonces en el momento de valorar el costo de una avería representaría \$34666,66 pesos de pérdidas en la producción mercantil. Para establecer el balance económico y justificar los gastos de la instalación del instrumento de medición para ello se tomó como datos los gastos de los materiales y personal calificado para la instalación del analizador de redes eléctricas con respecto a un aproximado de las pérdidas ocasionadas por las averías. Ver Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Materiales implementados para la instalación.

materiales	u/m	Cantidad	Precio CUC.	Importe CUC
Cables	M	40	3.00	120
Analizador de redes	U	1	4715,3	4715,3
Soporte para bandeja	U	5	4.29	21.45
Total				4856,75



Para la reparación de las líneas o cableado eléctrico se emplean un grupo de personas capacitadas para estos problemas como se muestra en la Tabla 3.2 y el tiempo y las tarifas empleadas en la labor realizada.

Tabla 3.2 Mano de obra que trabajan en la instalación.

Mano de obra	Tiempo/horas	Tarifa(pesos)	Importe(pesos)
Técnico Subestación	72	2.50	180.00
J de brigada	24	2.70	64.80
Técnico Mtto	48	3.17	152.16
Electricista	48	2.50	120.00
Soldador	48	2.50	120.00
Chofer	24	2.45	58.8
Total			695.76

Costo de inversión se halla por la ecuación 3.1

$$C_{INV} = \left(\frac{C_{mano\ de\ obra}}{25} \right) + C_{materiales\ usados} \quad (3.1)$$

$$C_{inv.} = 4884,55 \text{ CUC.}$$

Ahorro anual

$$\text{Ahorro anual en CUC} = \left(\frac{\text{Ahorro anual en pesos}}{25} \right) \quad (3.2).$$

$$\text{Ahorro anual} = 1386,7 \text{ CUC}$$

Amortización se calcula por la ecuación

$$A = \frac{C_{inv}(cuc)}{\text{Ahorro anual}(cuc)} \quad (3.3).$$

$$\text{Tiempo de amortización} = 4,29 \text{ años.}$$



Como se puede observar en las tabla el costo del proyecto sería de 143792,935 CUC en total, y haciendo una comparación con las pérdidas que se producen durante las averías que es aproximadamente de 34666.66 CUC de realización de la producción.

Esta inversión equivaldría a un ahorro anual de 34666.66 CUC, amortiguándose en un periodo de 4 años y 3 meses aproximadamente.

3.3.1 Cálculos del VAN (Valor Actual Neto)

Estos cálculos económicos son los que validan las inversiones realizadas para los proyectos. Esto se debe a que consideran las variables; valor, tiempo y dinero brindando una información más concreta del flujo de caja en el tiempo, aunque debe señalarse que es el VAN el de mayor fiabilidad. De estos criterios depende que se aprueben los proyectos o no.

Criterio del VAN

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su VAN es mayor o igual que cero, en un tiempo determinado. El VAN es la diferencia entre todos los ingresos y egresos expresado en moneda actual. Este cálculo se realizará por el período de cinco años.

$$VAN = -P + \left(\frac{FNE}{(1+i)^1} \right) + \left(\frac{FNE}{(1+i)^2} \right) + \left(\frac{FNE}{(1+i)^3} \right) + \left(\frac{FNE}{(1+i)^4} \right) + \left(\frac{FNE}{(1+i)^5} \right) \quad (3.4)$$

$$VAN = -4884,55 + \frac{1386,7}{(1+0,13)^1} + \frac{1386,7}{(1+0,13)^2} + \frac{1386,7}{(1+0,13)^3} + \frac{1386,7}{(1+0,13)^4} + \frac{1386,7}{(1+0,13)^5}$$

$$VAN = 1.83\text{cuc}$$

Donde

FNE- Flujo Neto de Caja---ahorro de energía en CUC



i- tasa esperada--- tomamos 13%

P- Desembolso inicial---costo de la implementación

Si el VAN = 0, no significa que la utilidad del proyecto sea nula, por el contrario, indica que proporciona igual utilidad que la mejor inversión de alternativa. Esto se debe a que la tasa de descuento utilizada incluye el costo implícito de la oportunidad de la inversión. Por lo tanto, si se acepta un proyecto con VAN = 0, se estará recuperando todos los desembolsos más la ganancia exigida por el inversionista que está implícita en la tasa de descuento utilizada.

En este caso el van es positivo lo que indica que la utilidad en este periodo es de 1.83 CUC.

3.4. Valoración económica

La sustitución del sistema de regulación por compuertas por el analizador de redes es una inversión económica mucho más grande si se analiza sobretodo el costo del instrumento de medición.

A pesar de esto las prestaciones técnicas como el número de aplicaciones justifican la inversión de forma directa atendiendo a factores como el ahorro de energía, el impacto social que trae consigo y la factibilidad del proceso, ya que de forma automática asegura medición y el control de las líneas eléctricas y prevea fallas en la industria



Conclusiones del capítulo 3

Se demostró que era factible instalar un analizador de redes eléctricas una vez conocidas las cargas internas y su funcionamiento, cuyo costo resultó ser menor y más efectivo que el de monitorear las cargas con otros equipos como los ya mencionados en el anterior capítulo, con la ventaja adicional de reducir las corrientes eléctricas en los circuitos derivados. También se brindaron los aspectos para el uso del equipo para una mejor manipulación.



CONCLUSIONES GENERALES

Después de analizar las características fundamentales de los equipos y procedimientos utilizados para la realización de este trabajo se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Con las variables eléctricas que procesa el sistema supervisor es posible realizar un estudio energético con calidad.
- Con el empleo del analizador de redes se puede llegar a establecer un control eficiente sobre las variables de mayor demanda en la empresa ya que en su contexto esta te brinda un monitoreo constante sobre las mismas.
- Se puede llegar a predecir fallas eléctricas en la entidad, el cual sería el mayor propósito de la compra de este equipo para instalar en la subestación

En cuanto a la parte económica se demostró que con la compra del equipo se puede llegar a amortizar en un período de 4 años y 3 meses con un ahorro anual de aproximadamente 1386.7 CUC en el sector de la con la constancia de que solo se trabajó para el Taller de fundición que es en el que más fallas eléctrica se ocasionan por lo que la amortización para la empresa en general sería en menos tiempo.



RECOMENDACIONES

Establecer la compra del Analizador de redes seleccionado y realizar la instalación del mismo en la subestación de la empresa Mecánica del Níquel en Moa para culminar con los estudios realizados.



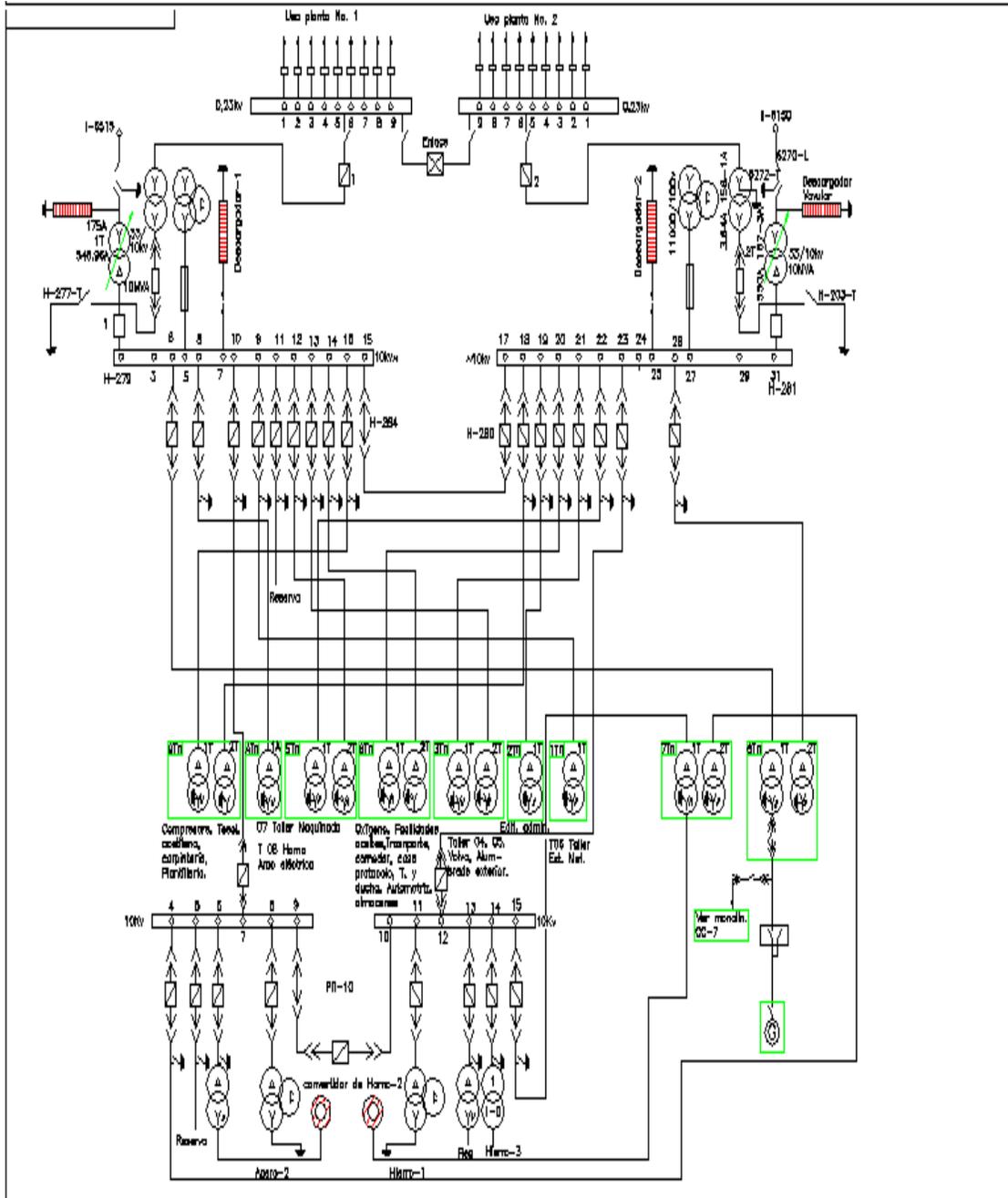
BIBLIOGRAFIA

1. **Tamayo, Yanisleydis Rodríguez.** *Análisis del Sistema Eléctrico de Distribución de la Empresa Mecánica del Níquel en Moa.* Moa : s.n., 2011.
2. **Seijas, Leticia María.** *Reconocimiento de dígitos manuscritos mediante redes neuronales: una técnica híbrida.* Buenos Aires, Argentina : s.n., 2003.
3. **Sabogal, Bernardo Roger.** *Optimización de energía en sistemas de bombeo.* 2013.
4. **Roa, Oscar Mauricio Cervantes.** *Metodología de Calidad de Energía Eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la Universidad de la Costa-CUC.* 2014.
5. **Mirabent, Raynier Vázquez.** *Diseño de un sistema SCADA para el monitoreo de variables eléctricas utilizando el analizador de redes WM14-DIN.* Santa Clara : s.n., 2011.
6. **Jiménez, Víctor Manuel Palacios.** *Análisis y estudio energético para mejorar la calidad del servicio eléctrico en la fábrica textil San Pedro.* 2009.
7. **Balcells, Josep.** *Instrumentos de última generación para medida de calidad del suministro eléctrico.* Montevideo Uruguay : s.n., 1998.
8. **Bacallao., Idelvys Cruz.** *Sistema SCADA para la supervisión del consumo eléctrico en la Ronera Central "Agustín Rodríguez Mena en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villa.* Villa clara : s.n., 2013.
9. **Arcila, José Dariel.** *Armónicos en sistemas eléctricos.* IEB, Colombia : s.n., 2009.
10. **Aguilera.** *Redes seguras (Seguridad informática).* s.l. : Editex, 2011.



ANEXOS

Anexo I Monolineal actualizado de la empresa





Anexo 2 Tabla para la selección del analizador de redes eléctricas.

ANALIZADORES DE REDES ELÉC. Y DATA LOGGERS <i>Modelos</i>	ANALIZADORES DE REDES ELÉCTRICO					
	PQA824	VEGA78	PQA820	HT9022	HT4022	XL423
Tensión CATRMS sistema Monofásico/Trifásico	•	•	•	• (Monofás.)	• (Monofás.)	• (Monofás.)
Corriente CATRMS sistema Monofásico/Trifásico	•	•	•	• (Monofás.)	• (Monofás.)	
Tensión, Corriente CATRMS, Potencia, Energía, CosΦ sistema Monofásico/Trifásico	•	•	•	• (Monofás.)	• (Monofás.)	
Tensión Neutro-Tierra	•	•		•	•	
Tensión CC	•	•		•	•	
Corriente CC	•	•		•		
Corriente de neutro	•	•	•	•	•	
Sentido cíclico de las fases	•	•	•	•	•	
Asimetría tensión (NEG%, ZERO%)	•	•	•			
Flicker (Pst, Plt)	•					
Medida con uso de TA y TV externos	•	•	•			
Forma de onda tensiones/corrientes con página de selección	•	•	• (remoto)			
Histograma armónicos V / I y THD%	•	•	• (remoto)	•	•	
Diagrama vectorial tensiones/corrientes	•	•	• (remoto)			
Registro periodo integración PI seleccionable	•(1s-60m)	•(5s-60m)	•(5s-60m)	•(1s-15m)		•(1s-60m)
Registro simultáneo de cada análisis disponible	•	•	•	•		
Número máx parámetros seleccionables	251	251	383	60 (fijos)		1
Análisis Armónicos V / I hasta el 49° orden	•	•	•	•(25 th)	•(25 th)	
Análisis completo EN50160	•					
Anomalías de tensión (huecos y picos) a 10ms (@ 50Hz) con umbral seleccionable	•	•	•			
Corriente de arranque motores eléctricos (inrush)	•			•	•	
Transitorios velozes sobre tensión (spikes) con resolución 5µs (200kHz)	•					
Indicación autonomía de registro	•	•		•		
Registro predefinidos y personalizables	•	•				
Visualizador pantalla táctil	•	•				
Resolución visualizador (pxl)	320x240	320x240		128x128		
Visualizador TFT a Color	•	•				
Alimentación con batería recargable	•	•	•			Alcalina
Alimentador externo CA/CC en dotación	•(externo)	•(externo)	•(interno)			
Autoapagado	•	•		•	•	
Capacidad de memoria interna	15Mb	15Mb	8Mb	2Mb		1Mb
Expansión memoria interna Compact Flash externa	•	•				
Puerto USB para conexión a Pen Drive externo	•	•				
Duración indicativa memoria (en días @ PI=15min @máx núm parámetros)	110	110	30	2.1		365(60s)
Interfaz PC + software Windows en dotación	USB	USB	USB	Bluetooth		RS232
Ayuda en línea activa sobre cada pantalla	•	•	• (remoto)			
Almacenam. registros/valores patrón instantáneos	•	•	• (remoto)	•		
Contraseña de protección sobre el registro	•	•				
Dimensiones (LxAnxH) (mm)	235x165x75	235x165x75	255x200x115	252x88x44	205x64x39	120x80x43
Peso (baterías incluidas)	1 Kg	1 Kg	0,7 Kg	0,42 Kg	0,28 Kg	0,5 Kg
Seguridad en acuerdo a IEC/EN61010-1	•	•	•	•	•	•