



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

Tesis de Grado

Previo a la Obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TÍTULO:

**“ESTUDIO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN ELÉCTRICA
PARA UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE IMPRESIÓN DE ROTATIVA DE
DIARIOS, UTILIZANDO UN EQUIPO DE MEDICIÓN ELÉCTRICO ”**

AUTOR:

Paúl Cristóbal Banda Aucancela.

TUTOR (A):

Ing. Gálvez Soto Judith

Guayaquil, Septiembre 2013



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Paúl Cristóbal Banda Aucancela, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo

TUTOR (A)

Ing. Gálvez Soto Judith

REVISOR(ES)

Ing. Carlos Romero.

Ing. Efrén Herrera.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Armando Heras Sánchez.

Guayaquil, Septiembre 2013.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Paúl Cristóbal Banda Aucancela.

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “ESTUDIO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN ELÉCTRICA PARA UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE IMPRESIÓN DE ROTATIVA DE DIARIOS, UTILIZANDO UN EQUIPO DE MEDICIÓN ELÉCTRICO ”previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, Septiembre 2013.

EL AUTOR (A)

Paúl Cristóbal Banda Aucancela.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

AUTORIZACIÓN

Yo, Paúl Cristóbal Banda Aucancela.

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Septiembre 2013

EL AUTOR:

Paúl Cristóbal Banda Aucancela.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su infinita sabiduría. Al personal de Gráficos Nacionales S.A. en especial al departamento de Producción, por haber brindado todas las facilidades para la realización de este trabajo de Tesis.

A la directora de tesis la Ing. Judith Gálvez por aporte profesional a este proyecto.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma nos ayudaron a crecer como personas y como profesionales.

Paúl Banda.

DEDICATORIA

Este trabajo ve dedicado principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Mercedes y Jerónimo por ser el pilar fundamental en mi vida. A mis hermanas Karina, Fabiola y mi hermano Byron por su motivación para poder alcanzar mis metas. A mi esposa amada Gardenia por haberme brindado su apoyo durante todo este tiempo para poder terminar con éxito mi carrera profesional. A mis hijos Amy Valentina y Matías Santiago, que son mi fortaleza día a día y mi fuente de inspiración de seguir siempre para adelante.

Paúl Banda.

RESUMEN.

Este trabajo consiste en el análisis de un sistema de distribución Eléctrica de Gráficos Nacionales S.A. de la ciudad de Guayaquil, una empresa que se encarga de imprimir periódicos las 24 horas del día, los 365 días del año. Este documento contempla principalmente las mediciones realizadas de dichos sistemas, proyectos de mantenimiento ejecutados y actualizados utilizando un equipo de medición SENTRON PAC3200 que viene a ser un multímetro tipo central de medida para la visualización de todos los parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión, puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema de dos, tres o cuatro conductores. En este contexto, el presente proyecto de incorporación pretende proponer una metodología que pueda servir de referencia en la medición de la calidad de energía. Para ello se incorporarán de forma sistemática, una serie de métodos con un enfoque que ayudará al mantenimiento eléctrico, fortaleciendo la planificación para futuros proyectos de control e integración de sistemas automáticos, implementación de nuevas tecnologías de comunicación. Finalmente todo esto es llevado a la práctica con la ayuda del computador y el programa de simulación DATA VISUALIZATION PAC3200-Version: Beta 1.0, que permite adquirir y visualizar datos de los equipos asociados al SENTRON PAC 3200, con el fin de que los estudiantes puedan observar los distintos sucesos y formas de visualización que el equipo arroja durante su funcionamiento.

ABSTRACT.

This work is the analysis of a distribution system Electric National Graphics S.A of the city of Guayaquil, a company that takes care of printing newspapers 24 hours a day, 365 days a year. This paper is concerned primarily with measurements of these systems, maintenance projects executed and updated using a SENTRON PAC3200 measuring equipment that becomes a central rate measurement meter for display of all relevant system parameters in the distribution of electricity low voltage, you can measure single, two-and three-phase, and can be used in networks (systems) in scheme two, three or four drivers. In this context, this project aims to propose a methodology incorporating that can serve as a reference in measuring power quality. This will be incorporated systematically, a number of methods with a focus assist the electrical maintenance planning for future building projects of control and integration of automated systems, implementation of new communication technologies. Finally all this is implemented with the help of computers and simulation software DATA VISUALIZATION PAC3200-Version: Beta 1.0, which allows data acquisition and display of the equipment associated with PAC Sentron 3200, so that students can observe the different events and display modes of the equipment during operation yields.

INDICE GENERAL.

| | |
|------------------------|------|
| AGRADECIMIENTO | VI |
| DEDICATORIA | VII |
| RESUMEN..... | VIII |
| ABSTRACT..... | IX |
| INDICE GENERAL..... | X |
| INDICE DE FIGURAS..... | XIV |
| INDICE DE TABLAS. | XVI |

| | |
|---|----------|
| CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.2 Justificación..... | 3 |
| 1.3 Objetivo General. | 4 |
| 1.3.1 Objetivos Específicos. | 4 |
| 1.4 Hipótesis..... | 5 |
| 1.5 Metodología. | 5 |
| 1.5.1 Justificación de la elección del método. | 5 |

| | |
|---|----------|
| CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO..... | 6 |
| 2.1 La Imprenta. | 6 |
| 2.2 Cómo se imprime el periódico. | 7 |
| 2.3 Pasos del proceso de impresión de diarios y varios productos comerciales. ... | 7 |
| 2.4 Equipos reguladores de tensión en la banda de papel. | 12 |
| 2.5 Monitoreo de la Calidad De Energía Eléctrica. | 16 |
| 2.5.1 Contexto Eléctrico Nacional. | 17 |
| 2.5.2 El Sistema Eléctrico Ecuatoriano. | 17 |
| 2.5.3 Fundamentos de la Calidad de la Energía. | 17 |
| 2.6 Calidad de la energía. | 20 |
| 2.6.1 Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución en el Ecuador. | 24 |
| 2.6.2 Calidad del Producto. | 25 |
| 2.6.3 Calidad del Servicio Técnico. | 25 |
| 2.6.4 Calidad del Servicio Comercial..... | 26 |
| 2.7 Fenómenos que afectan la Calidad de la Energía..... | 26 |
| 2.7.1 Transitorios Electromagnéticos TEM..... | 26 |
| 2.7.2. Transitorios de Impulso..... | 27 |
| 2.7.3 Transitorios Oscilatorios. | 28 |
| 2.7.4. Variaciones de Tensión de corta duración (VTCD)..... | 29 |
| 2.7.5. Variaciones de tensión de larga duración <i>VTL</i> D..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 2.7.6. Desbalance de Tensión - <i>DT</i> | 35 |
| 2.7.7. Distorsión de forma de la Señal DFS. | 36 |
| 2.7.8. Fuentes de armónicos. | 38 |
| 2.7.9. Armónicos en generación transmisión y distribución. | 38 |
| 2.7.10. Armónicos en las cargas. | 38 |
| 2.7.11. Cargas industriales. | 39 |
| 2.7.12. Cargas residenciales. | 39 |
| 2.7.13. Fluctuaciones de Tensión – FT. | 42 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 3: FUNDAMENTOS PARA LA UTILIZACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN SENTRON PAC 3200. | 43 |
| 3.1. Descripción del sistema eléctrico. | 43 |
| 3.1.1. Subestación 415 VAC (Rotativa Goss U70). | 45 |
| 3.1.2. Subestación 220 VAC (Edificio Administrativo y Periféricos de la Rotativa U70). | 46 |
| 3.2. Medición y Mantenimiento. | 47 |
| 3.2.1 Mantenimiento de las celdas de media tensión y de la línea de alimentación a 13.2KV del Edificio Nuevo, equipos periféricos y de la Rotativa U70 de Granasa. | 47 |
| 3.2.2. Medición de la resistencia de aislamiento de los equipos. | 47 |
| 3.2.3. Mantenimiento completo de las celdas. | 47 |
| 3.2.4. Mantenimiento del transformador de 1000 KVA 13.2KV/415/240V D/Y marca Moretran (Rotativa U70). | 49 |
| 3.2.4.1. Inspección del cuarto de transformación previa al mantenimiento. . | 49 |
| 3.2.4.2. Trabajos realizados durante el mantenimiento. | 50 |
| 3.2.4.2.1. Limpieza. | 50 |
| 3.2.4.2.2. Ajustes. | 50 |
| 3.2.4.2.3. Pruebas y Mediciones. | 51 |
| 3.2.4.2.4. Resultados técnicos de los trabajos realizados. | 51 |
| 3.2.5. Mantenimiento del transformador de 750KVA- 13200/208/120V que da servicio al Edificio Nuevo y Equipos periféricos de la Rotativa U70. | 53 |
| 3.2.5.1.- Inspección del cuarto de transformación previa al mantenimiento. 53 | |
| 3.2.5.2. Trabajos realizados durante el mantenimiento. | 53 |
| 3.2.5.2.1 Limpieza. | 53 |
| 3.2.5.2.2. Ajustes. | 54 |
| 3.2.5.2.3. Pruebas y Mediciones. | 54 |
| 3.2.5.2.4. Resultados técnicos de los trabajos realizados. | 54 |
| 3.3. Seguridad del cuarto eléctrico a nivel de transformadores. | 55 |
| 3.4. Tableros generales de distribución. | 56 |
| 3.4.1. Dimensionamiento de bancos de capacitores conmutación automática de bancos auxiliares. | 56 |
| 3.4.2. Efectos de un bajo factor de potencia. | 57 |

| | |
|--|----|
| 3.4.3. Ventajas de la corrección del factor de potencia..... | 57 |
| 3.5. Sistemas de respaldo de energía..... | 58 |
| 3.5.1. Generadores..... | 58 |
| 3.5.2. Sistemas de respaldo por UPS..... | 59 |
| 3.6. Principios para la utilización de un equipo de medición SENTRON PAC 3200..... | 59 |
| 3.6.1. Características del Multimetro SENTRON PAC 3200..... | 60 |
| 3.6.2. Funciones de registro PAC 3200..... | 61 |
| 3.6.3. Beneficios del SENTRON PAC..... | 64 |
| 3.6.3.1 Puesta en marcha simple..... | 64 |
| 3.6.3.2 Gran pantalla LCD con manejo intuitivo con 4 teclas de función y visores de texto multilingüe..... | 65 |
| 3.6.3.2.1. Visualización y manejo..... | 66 |
| 3.6.3.2.2. Operación también multilingüe..... | 66 |
| 3.6.4 Frente del SENTRON PAC3200..... | 66 |
| 3.6.4.1. Alimentación..... | 67 |
| 3.6.4.2 Interfaz..... | 68 |
| 3.6.4.3. Entrada y salida..... | 68 |
| 3.6.4.4. Protección..... | 69 |
| 3.6.5. Monitoreo de variables de medición para el valor límite..... | 69 |
| 3.6.5.1 Monitoreo de voltaje y corriente para la asimetría..... | 70 |
| 3.6.5.2. Contador de horas de funcionamiento..... | 70 |
| 3.6.5.3. La protección contra el acceso no autorizado..... | 70 |
| 3.6.5.4 Integración..... | 71 |
| 3.6.6. Tipos de conexión..... | 71 |
| 3.6.7. Condiciones ambientales..... | 72 |
| 3.6.8. Conexiones..... | 72 |
| 3.6.9. Directivas ESD..... | 74 |
| 3.6.9.1. Componentes sensibles a descargas electrostáticas (ESD)..... | 74 |
| 3.7. Comunicación Profibus..... | 74 |
| 3.7.1. Profibus DP..... | 74 |
| 3.7.2 Características especiales del protocolo profibus aplicado a la automatización..... | 75 |
| 3.8 Funciones de comunicación..... | 76 |

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL SENTRON PAC 3200. | 77 |
| 4.1 Fabricación y diseño en una estructura metálica..... | 77 |
| 4.1.1. Materiales..... | 79 |
| 4.2. Montaje del SENTRON PAC 3200..... | 81 |
| 4.2.1. Conexión de materiales al SENTRON PAC 3200..... | 82 |
| 4.3. Instalación y configuración con el PC..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| 4.3.1 Requisitos de hardware. | 84 |
| 4.3.2 Sistemas operativos compatibles. | 84 |
| 4.3.3. Versiones de Excel compatibles. | 84 |
| 4.4. Instalación del software. | 84 |
| 4.4.1. Ejecución del SW Powerconfig V2.1.1 SENTRON PAC 3200 en la PC. | 85 |
| 4.5 Conexión al PC. | 87 |
| 4.6. Ejecución del simulador PAC 3200 en la PC. | 88 |
| 4.7. Historial de datos. | 90 |
| 4.8. Grabación de datos. | 93 |
| 4.9. Utilizando archivos CVS. | 94 |
| 4.10. Conexión de los Equipos en Rotativa U70. | 96 |
| | |
| CONCLUSIONES. | 98 |
| RECOMENDACIONES. | 99 |
| GLOSARIO. | 100 |
| ABREVIATURAS. | 103 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. | 105 |
| REFERENCIAS EN INTERNET. | 107 |
| ANEXO. | 108 |

INDICE DE FIGURAS.

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ubicación de la planta Gráficos Nacionales S.A..... | 6 |
| Figura 2: Rotativa de Impresión GOSS U70..... | 7 |
| Figura 3: Tuberías de tinta y bombas de tinta. | 8 |
| Figura 4: Colores, espectro y formación de la imagen..... | 9 |
| Figura 5: Tintero, dosificador de tinta, tren de rodillos y unidades imprimiendo. | 10 |
| Figura 6: (a) Barra rociando los rodillos mojadores – (b) Boquilla en acción..... | 11 |
| Figura 7: Sistema de cámaras Registro de color y corte “Cámaras QI”. | 12 |
| Figura 8: Control de registros de color y corte del impreso..... | 13 |
| Figura 9: Las pinzas toman los ejemplares impresos individualmente..... | 14 |
| Figura 10: Máquinas de apilamiento de impresos..... | 14 |
| Figura 11: Máquinas de enzunchado (amarrado) de los bultos impresos. | 15 |
| Figura 12: Almacenamiento de producción impresa antes de despacho..... | 15 |
| Figura 13: Despacho de impresos en línea a camión repartidor de impresos. | 15 |
| Figura 14: Diarios, revistas y más impresos en variedad de formatos..... | 16 |
| Figura 15: Forma sinusoidal de señal de tensión o corriente ideal, esperada Continuamente para garantizar una buena Calidad de la Energía Eléctrica. | 24 |
| Figura 16: Tensión transitoria Oscilatoria causada por una desconexión de condensadores. | 28 |
| Figura 17: Caída de tensión causada por una falla fase – tierra. | 30 |
| Figura 18: Caída de tensión causada por arranque de un motor. | 31 |
| Figura 19: Subida de tensión causada por una falla fase – tierra. | 32 |
| Figura 20: Desbalance en un alimentador residencial durante una semana..... | 36 |
| Figura 21: Forma de señal de tensión distorsionada. | 40 |
| Figura 22: Muestras de tensión causadas por un convertidor trifásico..... | 42 |
| Figura 23: Cuarto de celdas..... | 45 |
| Figura 24: Puntas de media tensión de la celda principal. | 48 |
| Figura 25: Entradas de alimentación a media tensión de los transformadores antes y después del mantenimiento. | 48 |
| Figura 26: Desconexión, limpieza y reconexión de los terminales de Media y Baja tensión del transformador de 1000KVA de la Rotativa U70. | 51 |
| Figura 27: Descripción de los generadores. | 58 |
| Figura 28: Cuarto de UPS de Gráficos Nacionales S.A..... | 59 |
| Figura 29: Analizador de red Sentron Pac 3200. | 64 |
| Figura 30: Pantalla del Analizador Sentron Pac 3200. | 65 |
| Figura 31: Interfaz de usuario. | 67 |
| Figura 32: Conexiones del Equipo..... | 73 |
| Figura 33: Plano frontal del modelo didáctico SENTRON PAC 3200..... | 77 |
| Figura 34: Plano vista lateral del modelo didáctico SENTRON PAC 3200..... | 78 |

| | |
|---|----|
| Figura 35: Partes de estructura metálica. | 79 |
| Figura 36: Materiales para el modelo didáctico. | 80 |
| Figura 37: Estructura metal parte inferior. | 80 |
| Figura 38: Montaje del SENTRON PAC 3200 en el panel frontal. | 81 |
| Figura 39: Realizando conexión de materiales al SENTRON PAC 3200. | 82 |
| Figura 40: Cableado de entradas I/O del equipo SENTRON PAC 3200. | 82 |
| Figura 41: Ajustando partes del material didáctico. | 83 |
| Figura 42: Implementación concluida. | 83 |
| Figura 43: Ventana de ejecución del programa (start). | 85 |
| Figura 44: Pantalla principal del simulador desconectado. | 86 |
| Figura 45: Ventana principal SENTRON powerconfig. | 86 |
| Figura 46: Conexión punto a punto. | 87 |
| Figura 47: Visualización del software conectado al SENTRON PAC 3200. | 87 |
| Figura 48: Diferentes variables del SENTRON powerconfig. | 88 |
| Figura 49: Pantalla principal del simulador desconectado. | 89 |
| Figura 50: Configuración de grabación de datos históricos. | 91 |
| Figura 51: Configuración donde se almacenan datos. | 92 |
| Figura 52: Variable a controlar. | 92 |
| Figura 53: Iniciar grabación de datos. | 93 |
| Figura 54: Apertura de datos CVS. | 94 |
| Figura 55: Datos importados. | 95 |
| Figura 56: Realizando conexión en Gráficos Nacionales S.A. | 96 |
| Figura 57: Mediciones en línea Gráficos Nacionales S.A. | 96 |
| Figura 58: PC indicando mediciones en línea Gráficos Nacionales S.A. | 97 |
| Figura 59: SENTRON PAC 3200 indicando mediciones en línea. | 97 |

INDICE DE TABLAS.

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Contenido espectral típico. Duración y magnitud para cada una de las siete categorías de fenómenos electromagnéticos que afectan la CEL. | 27 |
| Tabla 2: Datos de placa de la celda principal y de las celdas de los transformadores de 750KV y 1000KV. | 44 |
| Tabla 3: Datos de placa del transformador de 415 VAC. | 45 |
| Tabla 4: Datos de placa del transformador de 220 VAC. | 46 |
| Tabla 5: Mediciones del aislamiento de la celda principal y de las celdas de los transformadores de 750KV y 1000KV | 49 |
| Tabla 6: Datos de placa transformador trifásico. | 50 |
| Tabla 7: Resultados de los trabajos de mantenimiento realizados al transformador de 1000KVA de Gráficos Nacionales S.A. | 52 |
| Tabla 8: Resultados de las pruebas efectuadas al transformador de 1000KVA de Gráficos Nacionales S.A. | 52 |
| Tabla 9: Datos de placa transformador trifásico. | 53 |
| Tabla 10: Resultados de las pruebas efectuadas al transformador de 750KVA ... | 54 |
| Tabla 11: Resultados de los trabajos de mantenimiento realizados al transformador de 750KVA de Gráficos Nacionales S.A. | 55 |
| Tabla 12: Tipos de conexión. | 72 |
| Tabla 13: Rangos de temperatura. | 72 |
| Tabla 14: Descripción de conexión del equipo. | 73 |

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.

La industria gráfica genera una gran demanda de energía eléctrica, lo que significa una gran oportunidad para la aplicación de sistemas de medición para el uso de la energía eléctrica en las instalaciones que puedan ser medidos e indicar correcciones necesarias como una medida de eficiencia energética.

Un programa efectivo de gestión es la instalación de un sistema de análisis y supervisión de energía, potente y de fácil uso. Además, si no se cuenta con una “red” para recoger la información en una base de datos, no es probable que la próxima vez que se tenga un problema, se lo detecte con un bolígrafo y un papel en mano para anotar las lecturas.

La clave para mejorar, está en la habilidad para registrar los fenómenos electromagnéticos que puedan causar problemas en la instalación. Por tanto, se necesita un sistema permanente que capture automáticamente estos fenómenos. También se debe incluir un programa de fácil uso, para el análisis instantáneo, con un sistema de comunicaciones avanzado y una capacidad para trabajar en red, con el fin de compartir la información con varios departamentos. Es importante que sea preciso y que pueda registrar armónicos y formas de onda.

A partir del primer paso detallado anteriormente, ya se debe tener una buena idea de cuáles son los “puntos problemáticos” y las áreas donde puede ser conveniente un análisis permanente. Se debe asegurar la toma de medidas en la acometida de servicio de la compañía, en los generadores de emergencia, en las líneas de suministro y en las cargas críticas.

Aparte de éstos, no hay más límite a la cantidad de puntos de medida, que la habilidad para “digerir” toda la información. Esto es en lo que hay que fijarse a la hora de elegir un programa, de análisis de la energía, capaz de comunicarse, que proporcione información excepcional y tablas útiles de las que seleccionar datos para convertirlos en información útil.

1.1 Planteamiento del problema.

En la actualidad, con el mayor uso de la energía eléctrica a nivel mundial, se hace necesario que los sistemas electro energéticos tengan un alto nivel de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, lo cual es un requisito indispensable en su operación diaria.

Las redes eléctricas de corriente alterna son susceptibles a presentar ciertas interferencias ocasionadas por fenómenos tanto ambientales como eléctricos. Entre las primeras se destacan las descargas atmosféricas que ocasionan tensiones acopladas (por inducción o conducción) del orden los miles de voltios con consecuencias drásticas en el servicio.

En cuanto a los fenómenos eléctricos, las sobrecargas, los cortocircuitos, los transitorios generados por operación de motores y máquinas en las instalaciones pueden ocasionar daños locales en máquinas y equipos de cómputo.

De ahí la importancia de detectar y diagnosticar su estado, conociendo de antemano la posible aparición de sus fallas ocultas que podrían afectar al sistema del área de Producción de Gráficos Nacionales. La Rotativa U70 tiene muchos equipos electrónicos de funcionamiento conmutado (fuentes rectificadoras modernas de menor tamaño y costo) que al igual que las pequeñas unidades UPS generan terceros armónicos y múltiplos de los mismos.

Puesto que gran parte del sistema de iluminación utilizan tubos fluorescentes y estos tienen balastos electrónicos que si bien hacen más eficiente y duradera la lámpara generan armónicos en la entrada de corriente.

Estos antecedentes representan un gran inconveniente al sistema ante la necesidad de detectar fallas de Voltaje, Amperaje, Factor de Potencia, Hertz, para de esta manera poder lograr una eficiente producción en el área Industrial Gráficas.

1.2 Justificación.

Resulta evidente frente al planteamiento del problema mencionado anteriormente que se deben realizar mediciones periódicas para determinar si una instalación recibe y consume una señal eléctrica adecuada para tener conocimiento de sus causas y soluciones a los posibles problemas que se puedan dar en determinadas máquinas o sistemas debidos a una señal deficiente. Los equipos eléctricos modernos requieren una energía de calidad. Los equipos eléctricos modernos imponen unas estrictas exigencias respecto a la estabilidad de la tensión y la calidad de la energía. La red de transmisión debe estar libre de armónicos y otras perturbaciones eléctricas.

Una red “limpia” impone una carga mucho menor sobre los equipos y aumenta la duración de éstos, lo que se traduce en menores costos de mantenimiento y de sustitución de equipos gastados. Se facilitará una herramienta de supervisión de energía de un sistema eléctrico, donde se deberá obtener con exactitud el consumo, capturando de forma precisa y confiable los valores más importantes para evaluar los estados de la instalación eléctrica y la calidad de la red en una industria gráfica. El equipamiento eléctrico utilizado en la mayoría de los procesos industriales y en la infraestructura comercial presenta bajos niveles de rendimiento; ello, ayudado a que el equipo ha sobrepasado su período de vida útil o se acerca a ese límite, provocando considerables desperdicios energéticos, se traduce en un incremento en los costos de producción, de operatividad, pérdida de competitividad y demanda de más energía, afectando finalmente al medio ambiente. El transporte de la energía desde dónde se produce hasta dónde se consume implica unas pérdidas del 10% de la energía generada aproximadamente. Éste es un gasto que las empresas pagan en sus facturas eléctricas, y que podría ser minimizado si la generación distribuida se pueda monitorear. La investigación y desarrollo de un sistema automatizado para la protección de la línea de Producción de Impresión de Diarios, dejará un precedente en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, debido al avance de la tecnología, ya que este equipo es requerido y utilizado en la industria automatizada mundial y nuestro país no puede ser la excepción en los avances tecnológicos.

1.3 Objetivo General.

Implementar un sistema de control y supervisión que permita monitorear en tiempo real el estado del funcionamiento y los diferentes cambios que pueda darse en una línea de producción de impresión de rotativa de diarios pudiendo detectar las fallas en el mismo, cuya aplicación demostramos a la empresa sobre el consumo eléctrico. Este proyecto es un aporte a la enseñanza de los estudiantes de la Facultad Técnica Para el Desarrollo de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil para poner en práctica la educación recibida en el aula.

1.3.1 Objetivos Específicos.

- Investigar sobre soluciones flexibles que permitan registrar en la etapa de monitoreo de parámetros como tensiones, amperajes, etc. que intervienen en la operación en la línea de producción, calcular las componentes de secuencias que intervienen y evaluar la red.
- Fundamentar que con el equipo de medición utilizado nos permitirá conocer con precisión la lectura de los diferentes parámetros, así como medir el consumo de energía logrando disminución en el consumo energético.
- Implementar un modelo didáctico para la enseñanza de los Estudiantes de la Facultad de Electrónica en Control y Automatismo, fortalecer sus conocimientos y habilidades, brindando las bases para el desarrollo teórico-práctico utilizando este equipo de medición.

1.4 Hipótesis.

El Multimetro SENTRON PAC 3200 permitirá el control y monitoreo del sistema de protección de una línea de producción en rotativa de diarios.

1.5 Metodología.

Los métodos utilizados y aplicados en este trabajo de Tesis son:

- Método de Análisis y descriptivo mediante observación.
- Método de la Inducción y Deducción.
- Método de Medición e Instrumentación.

1.5.1 Justificación de la elección del método.

Este proyecto se basa en el análisis y comportamiento de una línea de producción de distribución eléctrica de una rotativa de diarios realizando adquisición de datos del SENTRON PAC 3200 mediante un software, que pueda llegar a controlar diferentes variables observadas fácilmente en una pantalla LCD del equipo.

El proceso es desarrollado sistemáticamente mediante la toma de datos efectivos necesarios para obtener su máxima efectividad en su aplicación.

Finalmente todo esto es llevado a la práctica con la ayuda del computador y el programa de simulación DATA VISUALIZATION PAC3200-Version: Beta 1.0, que permite adquirir y visualizar datos de los equipos asociados al Sentron PAC 3200, con el fin de que los estudiantes puedan observar los distintos sucesos y formas de visualización que el equipo arroja durante su funcionamiento.

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO.

2.1 La Imprenta.

La planta de Gráficos nacionales S.A. editora de los diarios Expreso-Extra se encuentra ubicado en sector norte de la ciudad de Guayaquil. La empresa Gráficos Nacionales S.A. (figura 1) arrancó su funcionamiento hace 13 años atrás, cuenta con una máquina principal llamada ROTATIVA U70, que es una impresora de periódicos y productos comerciales, tiene la capacidad de imprimir hasta 70.000 copias/hora de procedencia europea - americana diseñada y construida por *Goss Graphic International*.

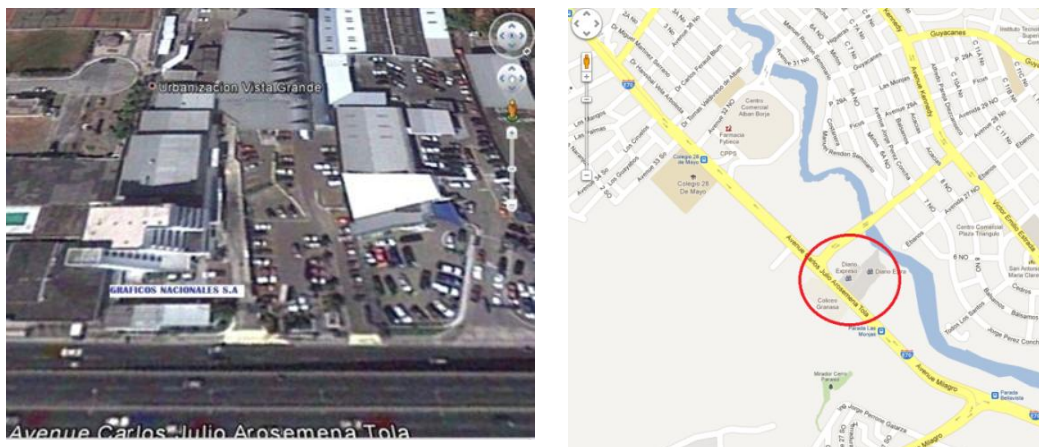


Figura 1: Ubicación de la planta Gráficos Nacionales S.A.

Fuente: <https://maps.google.com.ec/maps?hl=es&tab=wl>

Está compuesta de 4 torres de impresión vertical cada torre consta de 4 unidades y cada unidad corresponde a un color base y tiene 4 cilindros de acero que trabajan girando y presionando la banda de papel con la ayuda de un tren o conjunto de rodillos entintados y mojadores aplican una película fina de tinta y solución sobre la plancha de impresión que va montada en los cilindros y esta a su vez transmite la impresión a la superficie de papel, son movidos por una transmisión de engranajes gigantes, sinfines, cardanes, cajas de reductoras de velocidades impulsados por un conjunto de 5 motores de 150HP. (Figura 2)



Figura 2: Rotativa de Impresión GOSS U70.

Fuente: Autor.

2.2 Cómo se imprime el periódico.

Las máquinas de impresión en offset pueden ser de pliego o rotativas. Las rotativas utilizan bobinas de distintos anchos de banda en función de las páginas y del formato, pudiendo estar dedicadas a la impresión de productos comerciales o de prensa.

En las rotativas comerciales los productos impresos se secan por medio de un horno-secador utilizando papeles de alto gramaje con superficies estucadas y lisas. En las rotativas de prensa secan por absorción de la tinta en el papel poroso a lo largo de la cadena de transporte.

2.3 Pasos del proceso de impresión de diarios y varios productos comerciales.

Para la impresión de una publicación se parte de un diseño que de forma estándar se recibe actualmente en formato PDF desde la editorial, agencias de publicidad o clientes directos por líneas de transmisión de datos.

Posteriormente, se efectúa su colocación en una determinada posición que permite una vez impreso y plegado obtener la impresión en la secuencia de páginas prevista, esta operación se llama imposición de páginas.

El sustrato o papel es el insumo principal del proceso además de ser el más costoso, el cual se obtiene de la pulpa procesada de la madera. El papel, consta de un tejido de fibras vegetales entrelazadas. El papel gráfico se puede dividir en dos categorías principales: papeles de pasta química y mecánica, estucados o sin estucar.

Están disponibles en diferentes gramajes y con diferentes acabados, tales como brillo, semi-mate o mate. Se produce de la celulosa de árboles de hoja caduca (haya, eucalipto) y coníferas (picea, abeto, pino). Se carga el papel que viene en rollos o bobinas para prensa rotativa o en resmas-pliegos para prensas planas. Las tintas (figura 3) están en silos de donde son bombeadas a la rotativa. La tinta es el segundo insumo en el proceso de impresión.



Figura 3: Tuberías de tinta y bombas de tinta.

Fuente: Autor

Las tintas para impresión offset tanto en hojas como en rotativa con horno de secado, son tintas con estructura de pasta litográfica, y generalmente constan de un barniz, pigmentos y un agente de extensión, aceite mineral destilado, aceite vegetal y aditivos.

Usando solo 4 tintas (CIAN, MAGENTA, AMARILLO Y NEGRO) se logra formar una imagen a color verdadero. Entonces para generar una imagen a color es necesario la generación de 4 planchas una de cada color.

Colores bases.



Espectro de impresión.



Formando una imagen.



Figura 4: Colores, espectro y formación de la imagen.

Fuente: Gráficos Nacionales S.A

La plancha o placa es el tercer insumo en el proceso y es de una aleación de aluminio y otros metales donde están grabados las imágenes y textos a imprimir. Tiene zonas que repelen el agua (hidrófugas) y zonas que la admiten o atraen (hidrófilas).

Las zonas que la repelen serán las que tomen la tinta (que es de tipo grasa). Las planchas son procesadas en un equipo llamado CTP que significa *Computer to plate* (directo a plancha).

Para obtener el color se utilizan los tres colores primarios sustractivos: *cian*, *magenta* y *amarillo*, al que se le añade el negro (key “llave”) que se conoce como cuatricromía CMYK (figura 4). Es por ello que en la impresión a color se requiere una plancha por cada color.

La idea es pasar indirectamente (*to offset*) la imagen de la plancha a una base hecha de caucho, llamada mantilla (*blanket*) y de ahí pasa al papel. La plancha se coloca sobre el cilindro portaforma o porta plancha y se engancha el papel al sistema.

Un tren de rodillos de caucho entintan la plancha que está montada en el cilindro cromado de presión y a través de un cilindro intermedio que se llama caucho o cilindro de mantilla (que hace el efecto de un sello de goma o tampón), transfiriéndose la imagen de la plancha a la mantilla y de la mantilla al papel.

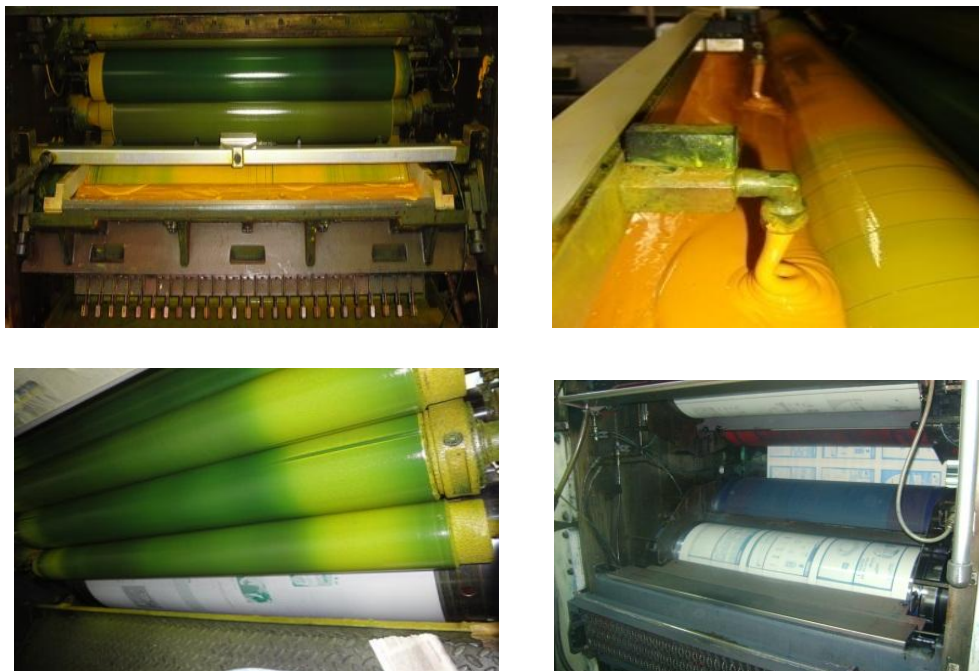
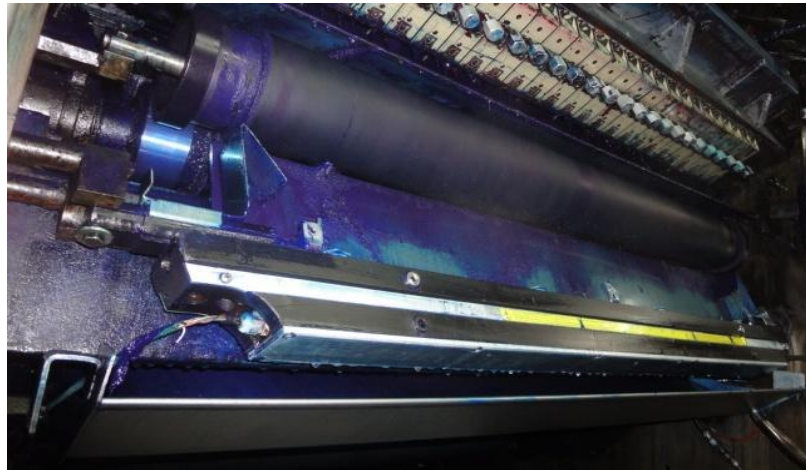


Figura 5: Tintero, dosificador de tinta, tren de rodillos y unidades imprimiendo.

Fuente: Autor.

Una vez en marcha, un equipo llamado spray-bar (barra rociadora) rocía sobre la superficie de los rodillos de mojado con una solución de agua previamente ablandada y luego mezclada con químico especial, los rodillos

mojadores humedecen las planchas; las zonas de la plancha que deben rechazar la tinta. Las zonas que se van a imprimir están preparadas para rechazar el agua y la plancha sigue girando hasta llegar a los cilindros de entintado, que depositan una tinta grasa en la plancha. Como el agua repele la tinta (figura 6), la plancha sólo toma tinta donde se va a imprimir o sea: en las zonas no “mojadas” quedan sin humedecer.



(a).

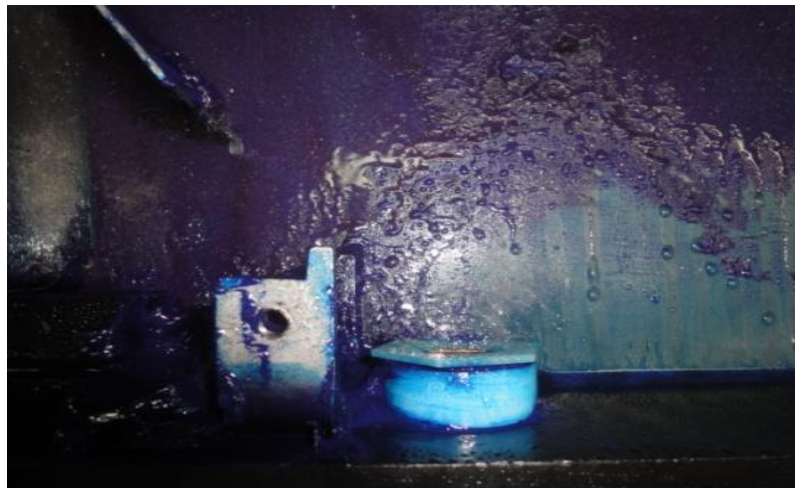


Figura 6: (a) Barra rociando los rodillos mojadores – (b) Boquilla en acción.

Fuente: Autor.

A través de rodillos pasa-papel llegan las bandas a los formadores o conos donde reciben el primer doblez para luego llegar al folder o plegadoras donde reciben los últimos dobleces y es cortado terminando el ejemplar impreso. El

conjunto de los cuerpos de impresión para los colores utilizados forma una torre de impresión en la que la banda se pone en contacto con diferentes cilindros de mantillas que van añadiendo el color. La disposición en H, conocida como satélite, tiene un cilindro impresor común a los cuatro colores, con lo cual el error de registro que se produce por el estiramiento del papel al añadir el agua y la tinta se reduce, obteniendo la mejor calidad de impresión existente en el mercado.

2.4 Equipos reguladores de tensión en la banda de papel.

El control del papel es importante a través de una apropiada tensión aplicada por diferentes equipos reguladores a través de todo su recorrido desde su entrada a la rotativa hasta su salida de la plegadora.

Las cámaras de registro de color visualizan las marcas exclusivas impresas en las bandas de papel cada marca tiene el color correspondiente a cada unidad de la torre de impresión completando los cuatro colores CMYK, y los mantiene en su posición de sincronismo con la ayuda de moto-reductores que mueven los cilindros porta-planchas en pequeños rangos de 6 mm. De izquierda a derecha (corrección lateral), también de arriba abajo (corrección circunferencial).

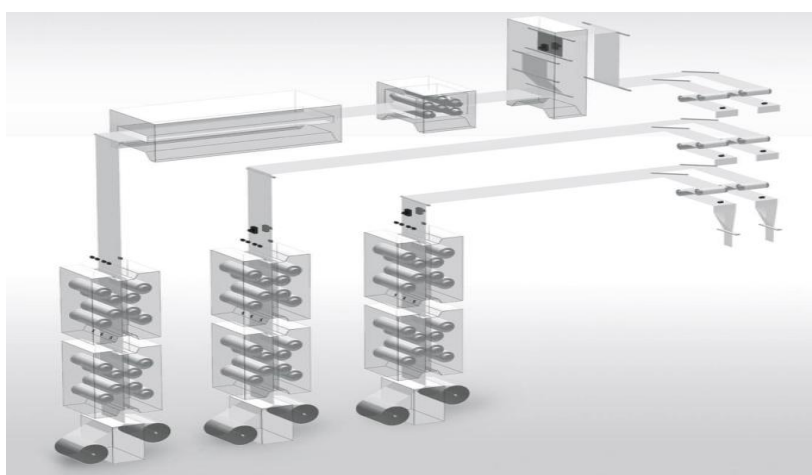


Figura 7: Sistema de cámaras Registro de color y corte “Cámaras QI”.

Fuente: Gráficos Nacionales S.A

También tenemos a las cámaras de registro de corte del ejemplar impreso, (figura 8) que trabajan similar, ya que visualizan en su caso una sola marca por

banda y hacen accionar un motor reductor que moverá un rodillo de transferencia a un rango de máximo de 500mm.

Con lo cual la banda se corre moviendo la imagen a otra posición para que el corte de cuchilla del cilindro de corte del folder sea preciso y caiga en el área de corte y no de impresión o imagen.



Figura 8: Control de registros de color y corte del impreso.

Fuente: Autor.

Todo esto sucede en plena producción a bajas y altas velocidades, sin necesidad de parar el equipo.

Aquí es donde interviene los operadores de la prensa conocido también como prensistas, con la ayuda de una consola de control y de calidad realizan el balance tinta agua para dar el ajuste fino logrando la culminación de un excelente impreso durante toda la corrida de la impresión.



Figura 9: Las pinzas toman los ejemplares impresos individualmente.

Fuente: Autor.

Luego la cadena de ejemplares impreso (figura 9 y figura 10) es tomado por un tren de transportadores que pueden ser de bandas o de pinzas o ambos sistemas para ser trasladados a la sala de despacho.



Figura 10: Máquinas de apilamiento de impresos.

Fuente: Autor.



Figura 11: Máquinas de enzunchado (amarrado) de los bultos impresos.

Fuente: Autor.



Figura 12: Almacenamiento de producción impresa antes de despacho.

Fuente: Autor.



Figura 13: Despacho de impresos en línea a camión repartidor de impresos.

Fuente: Autor.

Finalmente el despacho de impresos de periódicos a medida que va entregando la rotativa, para su entrega inmediata a los puntos entrega de todo el país donde se pondrá al alcance del cliente lector dentro y fuera del país a través de otras formas de transporte, como son vía terrestre y aérea.



Figura 14: Diarios, revistas y más impresos en variedad de formatos.

Fuente: Gráficos Nacionales S.A.

2.5 Monitoreo de la Calidad De Energía Eléctrica.

La energía es esencial para nuestra vida diaria, sin ella no tendríamos luz ni calor, no podríamos preparar ni conservar nuestros alimentos, ni podríamos desplazarnos a nuestros lugares de trabajo, colegios, casa de familiares ni amigos. Nuestro país ha crecido y continúa creciendo, ello requiere cada día de más energía.

Es cierto, la energía hidráulica es nuestro primer recurso nacional, con él se genera el 75% de la electricidad que hoy consumimos, pero está sujeta a

variabilidades climáticas de años más o menos lluviosos. En nuestro país se necesita un progreso aumento de producción de energía eléctrica, debido al permanente crecimiento poblacional y por las nuevas demandas que requieren los sistemas industriales, siendo la energía hidráulica la que puede y debe solucionar el déficit que nuestro país necesita.

2.5.1 Contexto Eléctrico Nacional.

“Ecuador tiene un gran potencial hidroeléctrico: la mitad de la demanda eléctrica en plantas hidroeléctricas. El gran problema del sistema eléctrico de Ecuador no se debe a la potencia instalada, sino a los bajos niveles de agua especialmente en la pendiente oriental. Por este motivo, el gobierno tiene previsto instalar nuevas centrales térmicas, que precisan unos tiempos de montaje cortos y una inversión más reducida, con el fin de acelerar las interconexiones con los vecinos países de la región y reducir las pérdidas de energía así como promover el uso eficiente de la energía y ofrecer incentivos para el uso de fuentes renovables”.

2.5.2 El Sistema Eléctrico Ecuatoriano.

La industria eléctrica ecuatoriana comprende tres etapas que pueden estar estrechamente coordinadas entre sí para atender la demanda de energía eléctrica del país. Estas etapas son: generación, transmisión y distribución.

2.5.3 Fundamentos de la Calidad de la Energía. (*power quality*)

(Moreno-Muñoz, 2007) se refiere que el consumo de energía eléctrica crece en la actualidad de forma considerable debido al desarrollo de nuevas tecnologías que están transformando la sociedad, en general lo que aumenta continuamente la productividad. Históricamente este desarrollo tecnológico va ligado con la utilización de la energía eléctrica, siendo cada vez más alto el porcentaje de uso del consumo de energía eléctrica.

Dentro del concepto de calidad de energía la alteración en la "forma de la onda" tiene lugar en los propios procesos de producción, transporte y distribución, así como en la utilización de determinados receptores que generan perturbaciones; siendo estos factores inevitables pero si se pueden minimizar.

Actualmente las empresas de generación y distribución de energía

eléctrica, tienen que afrontar dos importantes retos:

1. Aumentar la capacidad de generación y distribución de energía eléctrica, para responder a la demanda creciente, debido a que los sistemas de generación y distribución están funcionando muy cerca del límite de su capacidad mínima.
2. Asegurar la calidad de la energía eléctrica suministrada, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos conectados a las redes de distribución, considerando también que la calidad de la energía eléctrica es de gran importancia para contribuir con el desarrollo tecnológico.

No existe hasta el momento una definición completamente aceptada del término calidad del suministro eléctrico o calidad de la energía eléctrica (*power quality*), siendo los estándares internacionales más empleados los siguientes:

- El estándar IEC 61000-4-30 define *power quality* como las "características de la electricidad en un punto dado de una red de energía eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia".
- El estándar IEEE 1159-1995 define la calidad de la energía eléctrica como "una gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica"

En general, la calidad del suministro de energía eléctrica se puede considerar como la combinación de la disponibilidad del suministro de energía eléctrica, junto con la calidad de la tensión y de la corriente suministradas, entendiéndose la falta de calidad como la desviación de esas magnitudes de su forma ideal, por lo que, cualquier desviación se considera como una perturbación o como una pérdida en su calidad.

El problema es complejo por naturaleza, ya que una característica importante de la electricidad, y que no se presenta en otros productos, es que su utilización por parte de los consumidores modifica sus características. La

conexión de los aparatos de los clientes al sistema de distribución de energía eléctrica da origen a que circulen corrientes eléctricas proporcionales a la demanda de esos clientes. Estas corrientes al circular por los conductores de la red van a dar origen a caídas de tensión. La amplitud de la tensión suministrada a un cliente va a estar en función de las caídas de tensión acumuladas en todos los elementos de la red por el que se alimenta el cliente, y que va a estar afectada por su propia demanda y por la demanda simultánea de otros clientes. Como la demanda de cada cliente está variando continuamente, la tensión suministrada también lo hace en la misma forma.

La posibilidad de daños o averías en los elementos que componen el sistema de generación y distribución de la energía eléctrica, debidos a múltiples causas, como condiciones climáticas, desgaste, envejecimiento, la propia actividad humana, el efecto de los animales u otros, también puede afectar o interrumpir el suministro de energía eléctrica a los clientes. Por tanto, los factores que definen la calidad de la energía eléctrica dependen tanto del generador y del distribuidor como del propio cliente, por lo que, para asegurar unos niveles óptimos de calidad en el suministro eléctrico es necesaria la cooperación de todos los agentes que intervienen en el proceso.

El efecto más importante que produce la pérdida de la calidad de la energía eléctrica es el mal funcionamiento o la avería de los equipos conectados a la red de distribución. Los equipos eléctricos y electrónicos, como los computadores personales, autómatas programables, equipos de iluminación, equipos de electrónica de consumo, etc., pueden funcionar de forma incorrecta si la energía eléctrica suministrada se interrumpe solamente durante unas décimas de segundo o incluso centésimas de segundo.

Este mal funcionamiento de los equipos puede originar problemas importantes en un entorno residencial y/o comercial, pero los efectos económicos que pueden producir en los procesos industriales, la parada o el daño de los equipos pueden ser muy importantes económicamente.

Antes de que la electrónica irrumpiera en todo tipo de equipos industriales y de consumo, la compatibilidad significaba únicamente comprobar que la tensión y la frecuencia en la placa del equipo fuesen consistentes con la alimentación a la

que este se conectaba. En la actualidad, y desgraciadamente, los equipos electrónicos proporcionan más capacidades que requieren mayor atención en sus aplicaciones en los sistemas eléctricos. Fenómenos que antes eran secundarios como sobretensiones, distorsión armónica, variaciones de frecuencia, etc., son ahora significativos.

2.6 Calidad de la energía.

Conviene que el término calidad, no se utilice aislado para expresar un grado de excelencia en un sentido comparativo, sino usarlo en sentido cuantitativo para evaluaciones técnicas. Para expresar estos significados, se debe usar un adjetivo calificativo como: excelente, alta, baja, media, buena, mala.

Actualmente, el estudio de la calidad de la energía eléctrica ha adquirido mucha importancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Así mismo porque existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad. La norma IEEE 1159-1995 indica para aumentar la competitividad, las empresas requieren optimizar su proceso productivo mediante:

- Utilización de equipos de alta eficiencia como: motores eléctricos, bombas, etc.
- Automatización de sus procesos mediante dispositivos electrónicos y de computación (micro controladores, computadores, PLC, etc.).
- Reducción de costos vinculados con la continuidad del servicio y la calidad de la energía.
- Reducción de las pérdidas de energía.
- Evitar costos por sobredimensionamiento y tarifas.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos.

Un circuito eléctrico de corriente alterna consta, en su caso más sencillo, de una fuente de energía y de una carga eléctrica. La fuente proporciona energía eléctrica y la carga la transforma en otro tipo de energía. Siempre que la fuente proporcione una cantidad de energía por unidad de tiempo, es decir, una determinada cantidad de potencia eléctrica, la señal de tensión de la fuente

forzara una señal de corriente a través del circuito.

Por tanto, cuando se habla de *Power Quality* o Calidad de la Energía Eléctrica, se está haciendo referencia tanto a la calidad de las señales de tensión y corriente, como a la continuidad o confiabilidad del servicio de energía eléctrica.

La creciente utilización de dispositivos basados en microelectrónica, los cuales son cada vez más susceptibles y menos inmunes al entorno electromagnético, ha incrementado en los últimos años el interés por las señales de tensión y corriente eléctrica; esto ha venido acompañando con el desarrollo de equipos de protección y una terminología especial para describir los fenómenos.

Es así como el concepto de Power Quality ha evolucionado en la última década a escala mundial. De hecho, se ha aumentado la importancia de un suministro de energía eléctrica basada en criterios que van más allá de la simple continuidad o confiabilidad del servicio, pasando a un espectro mucho más amplio que tiene que ver con grandes desarrollos científicos y tecnológicos en los campos de la interferencia y la compatibilidad electromagnética.

Por lo expuesto, ha causado confusión entre usuarios que no entienden por qué un equipo no trabaja como se esperaba. Muchas palabras ambiguas han sido usadas con significados múltiples o no muy claros. Por ejemplo, las palabras pico o Impulsos de tensión son usadas para describir una amplia variedad de perturbaciones que causan fallas o mala operación en un equipo. Un supresor de picos puede suprimir alguna clase de estos picos o impulsos electromagnéticos, pero no tendrá ningún efecto sobre otros.

Otro ejemplo muy común, es la creencia generalizada que un pararrayos tipo Franklin instalado en la parte superior de un edificio y conectado a tierra protege equipos eléctricos y electrónicos contra los efectos electromagnéticos que generan los rayos, ignorando el concepto de un sistema integral de protección contra rayos.

La CEL en términos generales es un conjunto de propiedades inherentes tanto al servicio como a la señal de tensión o corriente eléctrica que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que otras. Por tanto, podemos afirmar que la

CEL en su concepto más amplio debe considerar tanto la continuidad del servicio como las señales de tensión y corriente eléctrica, en un tiempo dado y en un espacio determinado de un sistema de potencia eléctrico.

La definición del término Calidad de la Energía Eléctrica no es única y varía de país en país. Veamos algunas definiciones tomadas de instituciones que tratan sobre el tema en diferentes partes del mundo: El Instituto EPRI (*Electric Power Research Institute*) de los Estados Unidos, por ejemplo, define la calidad de la Energía Eléctrica (Power Quality) como: "Cualquier problema de potencia manifestado en la desviación de la tensión, de la corriente o de la frecuencia, de sus valores ideales que ocasione falla o mala operación del equipo de un usuario."

La norma IEC (61000-2-2/4) y la norma CONELEC (50160) definen la Calidad de la Energía Eléctrica como: "Una característica física del suministro de electricidad, la cual debe llegar al cliente en condiciones normales, sin producir perturbaciones ni interrupciones en los procesos del mismo"

Para la (Normas IEEE 1159, 1995): "El término se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente eléctricas, en un tiempo dado y en una ubicación dada en el sistema de potencia"

La CREG en Colombia en su Resolución 070 de 1998 conceptuó que: "El término calidad de la potencia suministrada se refiere a las perturbaciones y variaciones de estado estacionario de la tensión y corriente suministrada por el operador de red.

El término calidad del servicio prestado se refiere a los criterios de confiabilidad del servicio. Algunos países han incluido en el concepto de Calidad de Energía Eléctrica –CEL tanto lo correspondiente al diseño, construcción y operación de la instalación eléctrica como la atención al usuario (facturación y reclamos).

A continuación se propone definir la CEL de la siguiente manera y, a partir de allí, desarrollar su concepto:

La Calidad de la Energía Eléctrica - CEL, es un conjunto de características físicas de las señales de tensión y corriente para un tiempo dado y un espacio determinado, con el objetivo de satisfacer necesidades de un cliente"

Algunos autores consideran que la entidad a la cual se aplica el concepto de Calidad de la Energía Eléctrica es solamente la señal de tensión. Esto sería cierto si se considera un sistema eléctrico lineal en el cual el generador alimenta una sola carga, mediante una fuente de tensión. Sin embargo, los sistemas eléctricos pueden ser enmallados y una carga (corriente) puede contaminar nuevamente la red de alimentación y esta a su vez aumentar a otra carga con una señal de tensión y corriente contaminada. Por ello lo más conveniente es involucrar en la Calidad de la Energía Eléctrica tanto a la fuente como a la carga, es decir las señales de tensión y corriente.

Las características físicas de la CEL, son la continuidad del servicio durante las 24 horas del día y los 365 días del año, la amplitud, frecuencia, forma de onda de la señal de tensión y corriente, las cuales están definidas por valores o índices en resoluciones, guías o normas nacionales e internacionales, dentro de rangos que son técnica y económicamente aceptables. La discontinuidad o variación de estos valores o índices, pueden causar degradación, mal funcionamiento o fallas en dispositivos, equipos o sistemas eléctricos, electrónicos o de comunicación, que disminuyen la CEL y afectan técnica y económicamente a sus usuarios. La calidad de energía eléctrica puede dividirse en dos grandes temas:

- La Calidad del Servicio de Energía Eléctrica, el cual tiene que ver directamente con el tiempo, es decir, la Continuidad del Servicio.
- La Calidad de la Potencia Eléctrica, que se refiere a las variaciones en la forma de onda, frecuencia y amplitud de las señales de corriente y tensión.

La calidad del servicio debe entenderse en este contexto como la continuidad de la señal de tensión y no, como otros autores lo consideran, atención al cliente, donde involucran todo lo referente a la administración, desde la preparación y entrega de las facturas de consumo de energía eléctrica, hasta la respuesta a las demandas telefónicas de los usuarios por desconexión del circuito.

Es importante aclarar aquí que, si bien la definición que se ha propuesto está acorde con la argumentación presentada, la aplicación del concepto de CEL es relativa, pues depende de las necesidades del usuario. Por ejemplo, para un usuario residencial urbano o rural la Calidad de la Energía Eléctrica está referida más a la continuidad que a la calidad de la señal, mientras que para un usuario industrial con equipos de control basados en microelectrónica la exigencia no solo es de calidad en la continuidad del servicio sino en las señales de tensión y corriente.

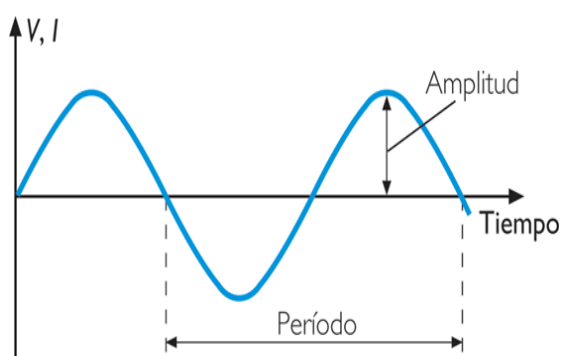


Figura 15: Forma sinusoidal de señal de tensión o corriente ideal, esperada Continuamente para garantizar una buena Calidad de la Energía Eléctrica.

Fuente: Autor.

Con base en lo anterior se puede caracterizar, de acuerdo con la figura 15 cuatro variables que definen la CEL:

- Amplitud
- Frecuencia
- Forma de la señal
- Continuidad

2.6.1 Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución en el Ecuador.

Para garantizar a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, fue necesario dictar regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las empresas distribuidoras del servicio eléctrico, los mismos que fueron emitidos y aprobados por el CONELEC, nos referimos a la Regulación 004/01.

Por lo tanto el CONELEC con esta regulación, controla y vigila a las empresas eléctricas del Ecuador, la calidad de Servicio eléctrico, que ofrecen, y se medirán considerando los siguientes aspectos:

2.6.2 Calidad del Producto.

La calidad del producto técnico que se controlaran son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del CONELEC al momento que se le requiera.

2.6.3 Calidad del Servicio Técnico.

La calidad del servicio técnico prestado se evaluara sobre la base de la frecuencia y la duración total de interrupción.

Durante la sub-etapa 1 se efectuarán controles en función a índices Globales para el Distribuidor discriminando por empresa y por alimentador de MV.

El levantamiento de información y cálculo se efectuara de forma tal que los indicadores determinados representen en la mejor forma posible la cantidad y el tiempo total de las interrupciones que afecten a los consumidores. Para los consumidores con suministros en Media tensión o en Alta tensión, se determinaran índices individuales. En la Sub-etapa 2 los indicadores se calcularan a nivel de consumidor, de forma tal de determinar la cantidad de interrupciones y la duración total de cada una de ellas que afecten a cada consumidor.

El periodo de control será anual, por tanto, los Distribuidores presentaran informes anuales al CONELEC, especificando las interrupciones y los índices de control resultantes.

Sin embargo de lo anterior, los cálculos de los índices de calidad se efectuarán para cada mes del año considerado y para el año completo.

2.6.4 Calidad del Servicio Comercial.

Las empresas eléctricas de distribución tienen la obligación de proveer, además del suministro de la energía eléctrica, un conjunto de servicios comerciales relacionados, necesarios para mantener un nivel adecuado de satisfacción a los consumidores.

La calidad del servicio comercial al consumidor, que debe ser cumplida por el distribuidor, responder a los siguientes parámetros:

- a) Niveles Individuales de Calidad Comercial son aquellos vinculados a las prestaciones garantizadas a cada consumidor.
- b) Niveles Globales de Calidad Comercial se corresponden con metas de calidad para todo el Distribuidor.

2.7 Fenómenos que afectan la Calidad de la Energía.

Los parámetros de amplitud, frecuencia, forma de onda y continuidad de un sistema eléctrico, electrónico o de comunicaciones, pueden verse afectado por diferentes tipos de perturbaciones que se pueden dividir de acuerdo con su duración en siete categorías. (Tabla 1).

1. Transitorios electromagnéticos –*TEM*
2. Variaciones de tensión de corta duración – *VTCD*
3. Variaciones de tensión de larga duración – *VTLD*
4. Desbalance de tensión – *DT*
5. Distorsión de la forma de la señal-*DFS*
6. Fluctuaciones de tensión – *FT*
7. Variación de la frecuencia industrial – *VFI*.

2.7.1 Transitorios Electromagnéticos TEM.

Otra palabra comúnmente usada como sinónimo de transitorio es pico o impulso de tensión (*surge*). Un ingeniero electricista en una subestación pensar en un pico o impulso de tensión debido al impacto de un rayo, para lo cual un descargador de sobre tensión (o mal Llamado Pararrayos) es usado para protección del equipo eléctrico de la Subestación.

Tabla 1: Contenido espectral típico. Duración y magnitud para cada una de las siete categorías de fenómenos electromagnéticos que afectan la CEL.

| Categoría | Contenido Típico Espectral | Duración Típica | Magnitud Típica del Voltaje |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1.0 Transitorios | | | |
| 1.1 Impulsos | | | |
| 1.1.1 Nanosegundos | 5 ns de elevación | <50 ns | |
| 1.1.2 Microsegundos | 1 μ s de elevación | 50 ns - 1 ms | |
| 1.1.3 Milisegundos | 0.1 ms de elevación | > 1 ms | |
| 1.2 Oscilatorios | | | |
| 1.2.1 Baja Frecuencia | < 5kHz | 0.3 - 50 ms | 0 - 4 pu |
| 1.2.2 Frecuencia Media | 5 - 500 kHz | 20 μ s | 0 - 8 pu |
| 1.2.3 Alta Frecuencia | 0.5 - 5MHz | 5 μ s | 0 - 4 pu |
| 2.0 Variaciones de Corta duración | | | |
| 2.1 Instantáneas | | | |
| 2.1.1 Sag | | 0.5 - 30 ciclos | 0.1 -0.9 pu |
| 2.1.2 Swell | | 0.5 - 30 ciclos | 1.1 - 1.8 pu |
| 2.2 Momentáneas | | | |
| 2.2.1 Interrupción | | 0.5 ciclos - 3 seg | < 0.1 pu |
| 2.2.2 Sag | | 30 ciclos - 3 seg | 0.1 -0.9 pu |
| 2.2.3 Swell | | 30 ciclos - 3 seg | 1.1 - 1.4 pu |
| 2.3 Temporal | | | |
| 2.3.1 Interrupción | | 3 seg - 1 min | < 0.1 pu |
| 2.3.2 Sag | | 3 seg - 1 min | 0.1 -0.9 pu |
| 2.3.3 Swell | | 3 seg - 1 min | 1.1 - 1.2 pu |
| 3.0 Variaciones de larga duración | | | |
| 3.1 Interrupción sostenida | | > 1 min | 0.0 pu |
| 3.2 Bajo voltaje | | > 1 min | 0.8 -0.9 pu |
| 3.3 Sobrevoltaje | | > 1 min | 1.1 - 1.2 pu |
| 4.0 Desbalance en voltaje | | Estado Estable | 0.5 - 2% |
| 5.0 Distorsión de Forma de Onda | | | |
| 5.1 Componente de directa | | Estado Estable | 0 - 0.1% |
| 5.2 Contenido armónico | 0 -100th H | Estado Estable | 0 - 20% |
| 5.3 Interarmónicas | 0 - 6 kHz | Estado Estable | 0 - 2% |
| 5.4 Muecas en el voltaje | | Estado Estable | |
| 5.5 Ruido | Banda amplia | Estado Estable | 0 - 1% |
| 6.0 Fluctuaciones de Voltaje | < 25 Hz | Intermitente | 0.1 - 7% |
| 7.0 Variaciones en la Frecuencia | | <10 seg | |

Fuente: Norma IEEE 1159.

2.7.2. Transitorios de Impulso.

Un Transitorio de Impulso es un cambio súbito, de frecuencia no industrial, de la condición de estado estacionario de tensión o corriente o ambas y es unidireccional en polaridad positivo o negativo.

Los Transitorios de impulso son normalmente caracterizados por sus tiempos de subida o de frente (*rise time*) y de cola (*decay*).

Los Transitorios de Impulso pueden excitar la frecuencia natural de los circuitos (RLC) de un sistema de potencia y producir Transitorios Oscilatorios.

2.7.3 Transitorios Oscilatorios.

Un Transitorio Oscilatorio es un cambio súbito, de frecuencia no industrial, de la condición de estado estacionario de tensión o corriente, o ambas, que incluye tanto valores positivos como negativos. Transitorio Oscilatorio consiste de una tensión o corriente cuyos valores instantáneos cambian rápidamente de polaridad.

Esta descrito por su contenido espectral (predominantemente frecuencia), duración y magnitud. El contenido espectral se subdivide en altas, medias y bajas frecuencias. Los rangos de frecuencia para estas clasificaciones son escogidos para coincidir con los tipos comunes de fenómenos transitorios en sistemas de potencia.

Los Transitorios Oscilatorios de alta frecuencia (500kHz - 5MHz) y duración de microsegundos son frecuentemente el resultado de la respuesta de un sistema local a un Transitorio de Impulso.

Los Transitorio Oscilatorios de media frecuencia (5-500 kHz) y duración de décimas de microsegundos pueden deberse a la maniobra de condensadores (figura 16).

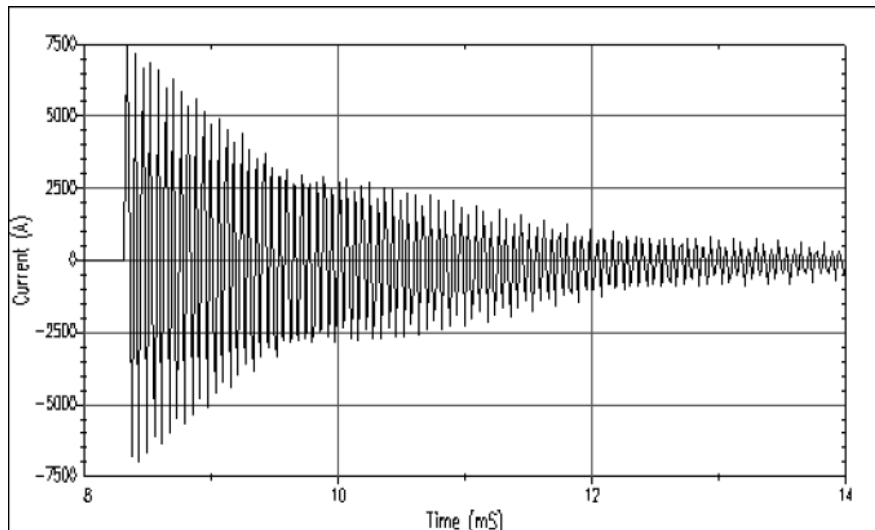


Figura 16: Tensión transitoria Oscilatoria causada por una desconexión de condensadores.

Fuente: Norma IEEE 1159.

Los Transitorios Oscilatorios de media frecuencia también pueden ser

debidos a respuestas de un sistema a un transitorio de impulso.

Los Transitorios Oscilatorios de baja frecuencia (menos de 5kHz) y una duración de 0,3ms a 50ms se deben frecuentemente, a energización de bancos de condensadores, con frecuencias típicas de oscilación entre 300 y 900 Hz. El valor pico de estas energizaciones esta entre 1,3 y 1,5 p.u. con duración entre 0,5 y 3 ciclos, dependiendo de la amortiguación del sistema. Los Transitorios Oscilatorios con frecuencias menores de 300 Hz pueden también ser encontrados en los sistemas de distribución. Estos son generalmente asociados con ferro resonancia y energización de transformadores.

Los transitorios que involucran capacidades en serie pueden caer también dentro de esta categoría. Ellos ocurren cuando el sistema responde por resonancia con componentes de baja frecuencia en las corrientes de "arranque" de los transformadores o cuando por condiciones inusuales resulta en ferro resonancia. La estimación de las magnitudes de los transitorios electromagnéticos se resuelve matemáticamente conociendo los parámetros de la perturbación y del sistema que es perturbado.

2.7.4. Variaciones de Tensión de corta duración (VTCD).

Esta categoría abarca la categoría de la Norma IEC para Voltaje *Dips* y *Short Interruptions*. Cada tipo de variación puede ser designada como instantánea, momentánea, o temporal, dependiendo de su duración. Las VTCD tienen su origen en condiciones de falla, la energización de grandes cargas que requieren grandes corrientes de arranque o conexiones inestables en cables de potencia. Dependiendo de la localización de la falla y de las condiciones del sistema, la falla puede causar:

- Caídas de tensión (*Sags*).
- Aumentos de tensión (*Swells*).
- Interrupción o pérdida completa de tensión.

La condición de falla puede estar cerca o lejos del punto de interés. En cualquier caso, el impacto sobre la duración de la tensión durante la condición de falla es de corta duración, hasta que el equipo de protección opere para aclarar la falla.

a) Caídas (*sags*)

Es un decrecimiento entre 0,1 y 0,9 p.u. en tensión o corriente r.m.s a frecuencia industrial, con duración entre 0.5 ciclos y un minuto. Aunque el término *Sag* en inglés, no ha sido definido formalmente por ninguna norma norteamericana, este ha sido aceptado en la terminología técnica. La norma IEC define a este fenómeno como *Dip*. Los dos términos *Sag* y *Dip* son sinónimos, con una frecuencia de *Sag* en los Estados Unidos. Ambos términos tienen la traducción al español de caídas (de tensión).

Para describir el fenómeno se deben usar expresiones como: "Una caída de magnitud del 10%", lo cual indica un evento durante el cual la tensión r.m.s. decreció un 10%. A continuación (figura 17) muestra una caída típica asociada a una falla fase - tierra sobre otro alimentador de la misma subestación. Una caída de 80% puede presentarse durante 3 ciclos hasta que el interruptor de la subestación interrumpa la corriente de falla. Los típicos tiempos de aclaración de falla van de 3 a 30 ciclos, dependiendo de la magnitud de la corriente y del tipo de protección de sobre corriente.

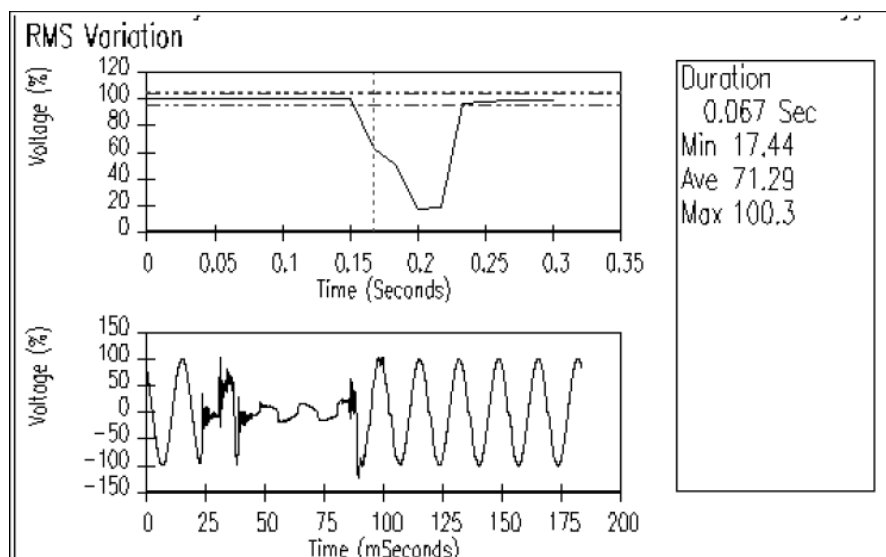


Figura 17: Caída de tensión causada por una falla fase – tierra.

Fuente: Norma IEEE 1159

Las caídas son generalmente asociadas a fallas en el sistema, pero pueden también ser causadas por energización de grandes cargas o arranque de grandes motores. (Figura 18)

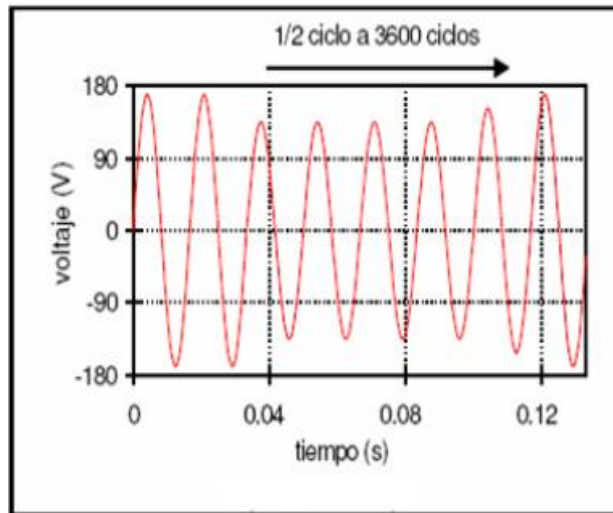


Figura 18: Caída de tensión causada por arranque de un motor.

Fuente: Norma IEEE 1159.

Un motor de inducción necesita entre 6 y 10 veces la corriente total de carga durante su arranque. Si la magnitud de la corriente es relativamente mayor que la corriente disponible en el punto de alimentación del sistema, la caída de tensión puede ser muy significativa. En este caso, la caída será del orden de un 80% y la tensión retomará a su normalidad en cerca de tres segundos, un tiempo muy superior al despeje de una falla en un sistema de potencia (máximo 30 ciclos - 500 ms).

A pesar de recientes esfuerzos, la duración de una caída no ha sido claramente definida en las normas. Una duración típica definida en algunas publicaciones va desde 2ms (cerca de una décima de ciclo) a un par de minutos. Las subtensiones que caen menos de media ciclo no pueden ser caracterizados efectivamente como un cambio en el valor *R.M.S* del valor de frecuencia fundamental; entonces, estos eventos son considerados transitorios. Las subtensiones que caen más de un minuto pueden ser controladas por equipos reguladores de tensión y pueden estar asociadas con causas diferentes a fallas en el sistema. Entonces estas se clasifican como Variaciones de Tensión de Larga Duración.

La duración de una caída se subdivide, en tres categorías, que coinciden con las tres categorías de Subidas e Interrupciones de Tensión:

- Instantáneas
- Momentáneas
- Temporales

Se considera que estas duraciones corresponden al tiempo de operación de un equipo de protección típico, así como a la duración recomendada por organizaciones técnicas internacionales.

b) Subidas (*swells*).

Una subida se define como un incremento entre 1.1 y 1,8 p.u. en tensión o corriente *r.m.s* a frecuencia industrial para duraciones de 0,5 ciclos a 1 minuto.

Igual que las caídas, las subidas están generalmente asociadas con condiciones de falla del sistema, pero ellas no son tan comunes como las caídas de tensión. Una forma en que puede ocurrir para el aumento de una tensión temporal sobre las fases no falladas durante una falla fase - tierra. (Figura 19)

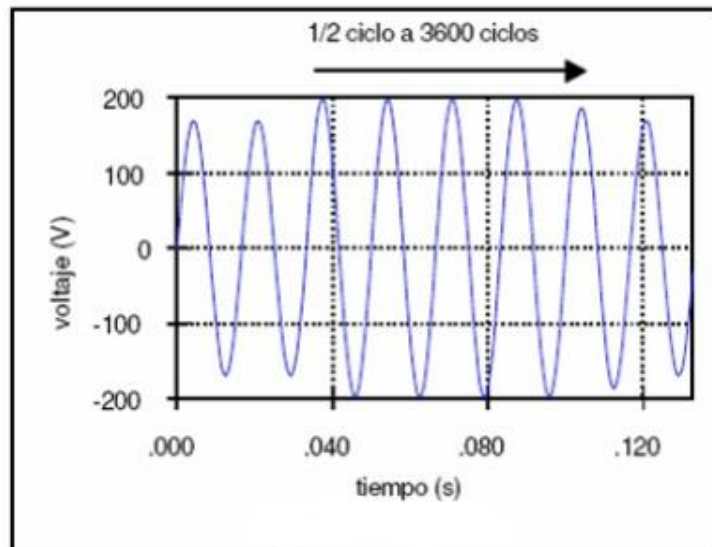


Figura 19: Subida de tensión causada por una falla fase – tierra.

Fuente: Norma IEEE 1159.

Las subidas pueden también ser causadas por maniobras de apertura de andes cargas a energización de glandes bancos de condensadores.

Las subidas se caracterizan para su magnitud (valor r.m.s) y duración. La severidad de una subida de tensión durante una condición de falla es función de la localización de la falla, la impedancia del sistema y la puesta a tierra. Para un sistema no aterrizado, con impedancia de secuencia cero infinita, las tensiones fase tierra en las fases no aterrizadas serán 1,73 p.u. durante una condición de falla fase - tierra. Cerca de la Subestación, en un sistema aterrizado, habrá mucho menor aumento de tensión sobre las fases no falladas debido a que el transformador de la Subestación está usualmente conectado en triángulo - estrella, entregando una baja impedancia de secuencia cero, que es camino para las corrientes de falla. El término sobretensiones momentáneas es usado por muchos ingenieros como sinónimo del término subida de tensión.

c) Interrupciones o pérdida completa de tensión

Una interrupción ocurre cuando la tensión de alimentación o la corriente de carga decrecen a menos de 0,1 p.u. para un periodo de tiempo que no exceda 1 min. Esta definición difiere técnicamente de la presentada en las Resoluciones CREG 070- 98 Y, 089-99, según las cuales se clasifican las interrupciones en instantáneas (inferior o igual a 1 min.), transitorias (superior 3 min. e inferior o igual a 5 min.) y temporales (mayor a 5 min.). Para efectos de cuantificar la CEL, en términos de servicio y potencia, la clasificación dada actualmente por la CREG no es conveniente.

Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema de potencia, fallas de equipos o malas operaciones de control. Las interrupciones son medidas por su duración cuando la magnitud de tensión es siempre menor del 10% del nominal. La duración de una interrupción debido a una falla en el sistema de alimentación está determinada por el tiempo de operación de los equipos de protección. Los recierres instantáneos generalmente limitan la interrupción causada por una falla no permanente a menos de 30 ciclos. El recierre retrasado del equipo de protección puede causar una interrupción momentánea temporal. La duración de una interrupción debida al mal funcionamiento o perdida de conexiones puede considerarse irregular.

Algunas interrupciones pueden estar precedidas por una caída de tensión cuando las" interrupciones son debidas a fallas en el sistema de alimentación. La

caída de tensión ocurre entre el tiempo cuando se inicia la falla y la operación del equipo de protección.

2.7.5. Variaciones de tensión de larga duración VTLD.

Las Variaciones de Tensión de larga duración corresponden a una desviación *r.m.s* a frecuencia industrial para tiempos mayores a un minuto. Una variación de tensión se considera de larga duración, cuando se exceden los límites presentados en la tabla (Normas ANSI C84.1 Y NTC 1340) por más de 1 min.

Las VTLD pueden ser:

- Sobretensiones.
- Subtensiones.
- Interrupciones Sostenidas.

Sobretensiones y las Subtensiones generalmente no son el resultado de falla del sistema, sino son causados por variaciones de carga en el sistema y operaciones de maniobra del sistema.

a) Sobretensiones.

Una sobretensión es un incremento en la tensión *r.m.s* mayor de 110% a frecuencia industrial por un tiempo superior a un minuto. Sobretensiones son generalmente el resultado de maniobras (por ejemplo, apertura de grandes cargas) o energización de bancos de condensadores. Las sobretensiones resultan porque el sistema es o muy débil para la regulación de tensión deseada o por controles de tensión inadecuados. Una posición incorrecta del conmutador de un transformador puede dar como resultado un sistema con sobretensión.

b) Subtensiones

Subtensión es un decrecimiento en la tensión *r.m.s* menor de 90% a frecuencia industrial para un tiempo superior a un minuto. Las subtensiones son el resultado de los eventos inversos que causan sobretensiones. El cierre de una carga o la apertura de un banco de condensadores pueden causar una subtensión hasta que el equipo regulador de tensión del sistema pueda ajustar la tensión dentro de los límites de tolerancia.

c) Interrupciones Sostenidas

Cuando la tensión de alimentación ha estado en cero por un periodo superior a un minuto, la VTLD se considera como interrupción sostenida. Las interrupciones de tensión superiores a un minuto son frecuentemente permanentes y requieren intervención humana para restaurar el sistema. El término interrupción sostenida se refiere a fenómenos específicos en sistemas de potencia y en general no tienen relación con el término salida.

Los operadores de red usan los términos salida (de operación) o interrupción para describir fenómenos de similar naturaleza para reportes de confiabilidad. Sin embargo, esto causa confusión para el usuario final quien piensa en una salida como cualquier interrupción que pare un proceso.

Esto sería menor a medio ciclo. Salida (*Outage*) como lo define a Norma IEEE 1008, no se refiere a un fenómeno específico, sino al estado de un componente en un sistema que ha fallado en su función.

Entonces, usar el término salida en el contexto de monitoreo de Calidad de la Energía Eléctrica no tiene relación con confiabilidad ni con otras estadísticas de continuidad de servicio.

De esta manera, el término interrupción ha sido definido para ser más específico respecto a la ausencia de tensión por largos periodos.

2.7.6. Desbalance de Tensión - *DT*.

El Desbalance de Tensión *DT* es algunas veces definido como la desviación máxima del promedio de las tres clases de tensiones o corrientes, dividido por el promedio de las tensiones o corrientes de las tres fases, expresado en tanto por ciento. El *DT* también puede ser definido mediante componentes Simétricas.

La relación entre la componente de secuencia negativa o cero a la componente de secuencia positiva puede ser usada para especificar un porcentaje de desbalance.

$$DT_T = \frac{3.(T_{max}-T_{min})}{T_a+T_b+T_c}$$

Muestra un ejemplo de estas dos relaciones para una semana con tendencia de desbalance en un alimentador residencial. Desbalances de tensión severos (mayores del 5%) pueden ser el resultado de condiciones y carga monofásicas.

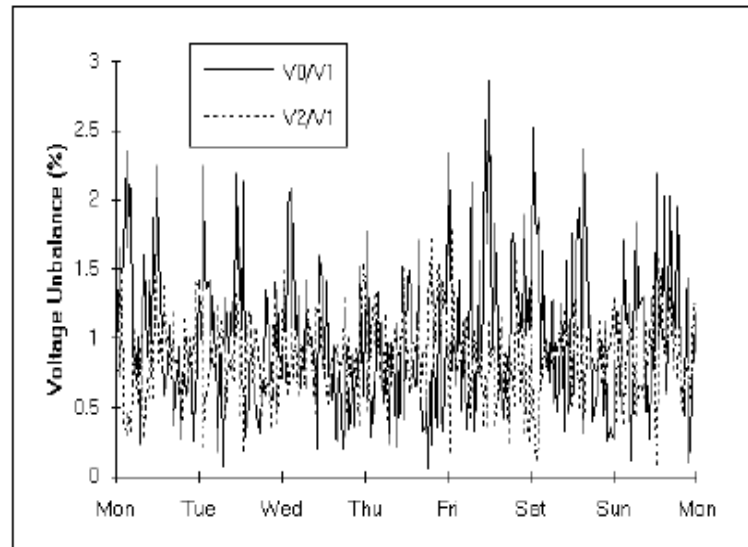


Figura 20: Desbalance en un alimentador residencial durante una semana.

Fuente: Norma IEEE 1159.

2.7.7. Distorsión de forma de la Señal DFS.

Una Distorsión de forma de la señal se define como una desviación de estado estacionario de una onda sinusoidal de frecuencia industrial, principalmente caracterizada por el contenido espectral de la desviación. Existen cinco tipos de distorsión de forma de la señal:

- DC Adicional (DC offset).
- Armónicos.
- Interarmónicos.
- Muecas.
- Ruido.

a) Referencia DC (DC Offset).

La presencia de una tensión o una corriente D.C. en un sistema de potencia A.C. se denomina Referencia DC (DC Offset). Esto puede ocurrir como el resultado de una perturbación geomagnética debido al efecto de rectificación de media onda.

La corriente directa en redes de corriente alterna puede tener efectos negativos, por ejemplo, en los núcleos de los transformadores pues se pueden saturar en operación normal, causando calentamiento adicional y pérdida de Vida del transformador. La DC también puede causar erosión electrolítica en electrodos de puesta a tierra y otros conductores.

b) Armónicos.

Los armónicos son señales de tensión o corriente sinusoidales que tienen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia para la cual el sistema de alimentación está diseñado para operar (60 Hz) las formas de onda distorsionadas pueden ser descompuestas en una suma de la frecuencia fundamental y los armónicos.

La distorsión armónica se origina en las características no lineales de los equipos y cargas de un sistema de potencia.

Estas perturbaciones son causadas generalmente por equipos o cargas que tienen un funcionamiento con una característica tensión - corriente no lineal. Estos equipos pueden ser considerados como fuentes de armónicos de corriente y en algunos casos como fuentes de armónicos de tensión dependiendo de su impedancia al armónico en cuestión.

Los armónicos de corriente provenientes de diferentes fuentes producen caídas de tensión armónicas en la impedancia del sistema, distorsionando, la forma de onda de tensión. Los armónicos de corrientes provenientes de diferentes fuentes en general o tienen la misma fase y deben tratarse como favores (sus efectos se suman vectorialmente).

Debido a la conexión de cargas reactivas capacitivas (tales como capacitores para corrección del factor de potencia), o el efecto de la capacidad de los cables, pueden ocurrir condiciones de resonancia paralelo o serie en la red y provocar aumentos o magnificación de la tensión de armónicos, incluso en puntos lejanos de la carga distorsionante.

2.7.8. Fuentes de armónicos.

Las fuentes de armónicos de corriente pueden provenir de equipamientos de la propia red de suministro (generación, transmisión y distribución) o por cargas industriales o residenciales.

2.7.9. Armónicos en generación transmisión y distribución.

Los armónicos de corriente generados por equipamientos electromecánicos de la propia red de suministro en las etapas de generación transmisión y distribución son despreciables con un bajo nivel de distorsión ejemplo: generadores, transformadores, etc.

Los generadores no producen una onda senoidal pura, pero la magnitud de los armónicos normalmente es despreciable con un apropiado diseño (ranuras por polo, alojamiento de bobinas, etc.).

En transformadores y reactores la distorsión es causada por condiciones de funcionamiento con saturación del hierro.

Otros equipos recién utilizados en la red de suministro tales como compensadores estáticos de potencia reactiva (*SVC*) y convertidores de frecuencia en aplicaciones de *HVDC* (transmisión de corriente continua en alta tensión) introducen diferentes niveles de armónicos, dependiendo del tipo, operación y compensación de armónicos que utilicen.

2.7.10. Armónicos en las cargas.

Son los principales generadores de armónicos y se los puede clasificar en cargas industriales y residenciales, ejemplo.

- Equipos con control de fase y alta potencia (rectificadores controlados).

- Rectificadores no controlados, especialmente con filtrado capacitivo (usados en televisores, convertidores de frecuencia, UPS, balastos electrónicos, etc.). Estos producen armónicos en fase con otras cargas y no se compensan en la red.

2.7.11. Cargas industriales.

Constituyen generalmente la mayor fuente de distorsión armónica en la red, e incluye los convertidores de potencia (rectificadores), hornos de arco, hornos de inducción, etc.)

2.7.12. Cargas residenciales.

Estas cargas tienen un comportamiento distorsionante individual que puede ser despreciable, pero el efecto simultáneo de muchas de ellas puede provocar una considerable distorsión armónica, los equipos que contribuyen son: televisores, dispositivos controlados por tiristores (reguladores de intensidad de luz), dispositivos de aplicación doméstica en general, lámparas de descarga gaseosa, equipos de oficina (computadoras, impresoras, etc.) con fuentes conmutadas. Los principales efectos perjudiciales de los armónicos son:

- Mal funcionamiento de dispositivos de regulación, control y protección.
- Mal funcionamiento en sistemas de control, sistemas de comunicación y control que utilizan la red pública como elemento de comunicación.
- Pérdidas adicionales en capacitores, cables, transformadores, motores y generadores.
- Ruido adicional en motores y otros equipos, pulsación de torque en motores.
- Interferencia en telecomunicaciones debido al acoplamiento inductivo.
- Los bancos de capacitores de compensación de factor de potencia puedan provocar elevaciones peligrosas de tensión en puntos remotos de la red debido a que forman resonancias series y paralelo en algunas frecuencias de los armónicos.
- La influencia de los armónicos sobre instrumentos de medición que

emplea discos de inducción es despreciable.

- Los efectos dañinos de los armónicos en los equipamientos pueden clasificarse en instantáneos y de largo termino.
- Los efectos instantáneos están asociados con fallas, operación defectuosa, o degradación del funcionamiento de los dispositivos debido al desplazamiento del cruce por cero de la forma de onda de tensión.
- Los equipamientos de regulación electrónica y computadores son susceptibles a estos efectos.
- Los armónicos de gran amplitud pueden causar mal funcionamiento en receptores de control y relés de protección.
- Los efectos de largo plazo están asociados a problemas térmicos. Pérdidas adicionales y sobrecalentamiento provocan un envejecimiento prematuro e incluso daño en capacitores y maquinas rotantes.

La figura 21 ilustra la forma de señal de tensión medida en un sistema industrial, típico de distorsión armónica por cargas no lineales.

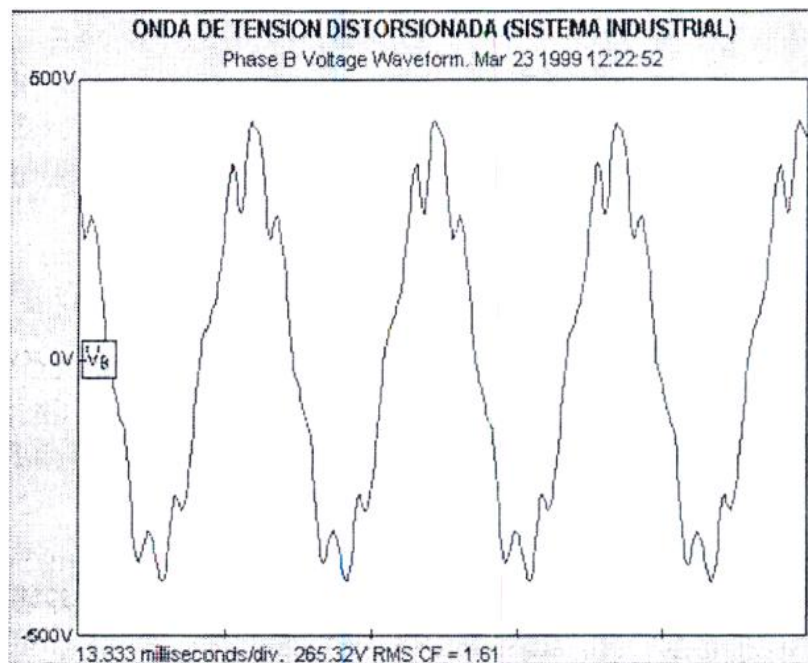


Figura 21: Forma de señal de tensión distorsionada.

Fuente: Norma IEEE 1159.

c) Interarmónicos.

Los interarmónicos son tensiones o corrientes que tienen componentes de frecuencia no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. Ellos pueden aparecer como frecuencias discretas o como un espectro de banda ancha.

Los interarmónicos se pueden encontrar en redes de todas las tensiones. La principal fuente de una distorsión de forma de onda interarmónica son los convertidores estáticos de frecuencia, los ciclo convertidores, los motores de inducción y los equipos de arco.

Los efectos de los interarmónicos no son bien conocidos. Parece que afectan las señales de onda portadora en sistemas de potencia o inducen titilación (flicker) visual en las pantallas.

d) Muestras (*Notches*).

Las muescas son una perturbación periódica de tensión causada por la operación normal de equipos electrónicos de potencia cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

Debido a que las muescas ocurren continuamente, estas pueden ser caracterizadas mediante un espectro armónico de tensión afectado; sin embargo, esta perturbación se trata siempre como un caso especial. Los componentes de frecuencia asociados con muescas pueden ser relativamente altos y pueden no ser fácilmente caracterizados con equipos normales usados para medición de armónicos.

La figura 22 presenta un ejemplo de muescas de tensión de un convertidor trifásico que produce corriente continua. Las muescas ocurren cuando la corriente se conmuta de una fase a otra. Durante ese periodo, hay un cortocircuito momentáneo entre las dos fases llevando la tensión muy cerca de cero, hasta donde lo permitan las impedancias del sistema.

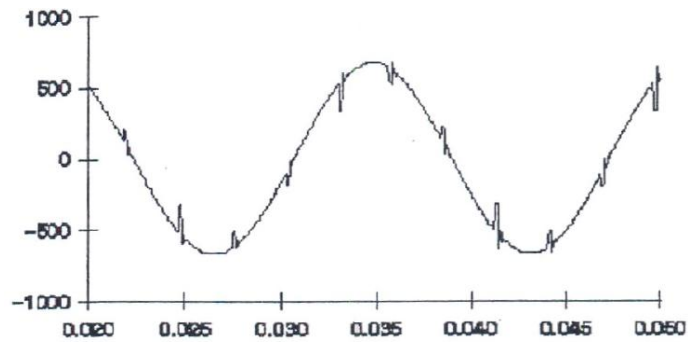


Figura 22: Muestras de tensión causadas por un convertidor trifásico.

Fuente: Norma IEEE 1159.

e) Ruido.

El ruido es definido como una señal eléctrica indeseada con contenido espectral de banda amplia, menor de 200 kHz, superpuesta a la tensión o corriente de los conductores de fase o en los conductores de neutro o conductores de señal.

Los ruidos en un sistema de potencia pueden ser causados por equipos electrónicos de potencia, circuitos de control, equipos de arco, cargas con rectificadores de estado sólido y maniobras del sistema. Los problemas de ruido son muy molestos pues interfieren los sistemas electrónicos o de comunicación cuando existen puestas a tierra inadecuadas que fallan en aislar el ruido producido por el sistema de potencia. Básicamente, el ruido es cualquier distorsión indeseada de la señal de potencia que no puede ser clasificada como distorsión armónica o transitoria. El ruido perturba a los equipos electrónicos tales como microcomputadores y controladores programables. El problema puede ser mitigado usando filtros o transformadores de aislamiento.

2.7.13. Fluctuaciones de Tensión – FT.

Las fluctuaciones de tensión son variaciones sistemáticas de tensión o una serie de cambios de tensión aleatorios. La magnitud normalmente no excede los rangos especificados por la norma ANSI C84. I o NTC 1340 de 0,9 p.u. a 1,05 p.u. La norma IEC 61000-3-3 define varios tipos de fluctuaciones de tensión. Para efectos de considerarlos dentro del concepto de la CEL se pueden restringir a las fluctuaciones de tensión tipo d, las cuales son caracterizadas como una serie de fluctuaciones de tensión aleatorias o continuas.

CAPÍTULO 3: FUNDAMENTOS PARA LA UTILIZACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN SENTRON PAC 3200.

El sistema de energía eléctrica es la evaluación de energía AC desde la recepción de líneas de suministro, seccionamiento, transformación a baja tensión y distribución hasta los distintos tableros (panel de breakers de las cargas finales); todo ello con la seguridad que puede proporcionar un sistema de sincronización, transferencia y de protección altamente confiable.

También comprende la autogeneración de energía eléctrica proporcionada por dos generadores para situaciones de emergencia con la aplicación de un sistema de back-up en dos grupos electrógenos A y B. Descripción generales del cuarto eléctrico:

- Celdas de medición de alta y baja tensión.
- Celdas seccionadoras.
- Protecciones de media tensión (fusibles).
- Transformado de 750KVA- 13200/208/120V que da servicio al Edificio Administrativo y Equipos Periféricos de la Rotativa GOSS U70.
- Transformador de 1000KVA-13200/415/240V que alimenta a la Rotativa GOSS U70.
- Tableros de transferencia automática.
- Tableros de sincronización.
- Tableros de distribución.
- Bancos de capacitores.
- Generadores de 100KW, 199.2KW, 455KW y 500KW.
- Tanque diario de combustible diesel de 225 galones.

3.1. Descripción del sistema eléctrico.

El suministro de energía eléctrica de la Rotativa U70 de Gráficos Nacionales S.A. a nivel de alta tensión proviene de una red trifásica subterránea de 13.2KV, cable de Cu #2, de 15KV, de propiedad de la CONELEC (Consejo

Nacional De Electricidad) la cual le factura actualmente al Rotativo un consumo promedio anual de 633733KW/h de energía activa, por medio de un medidor digital Elster con número de serie EZAV-745886.

Esta acometida principal (tabla 3.1), se conecta a las celdas eléctricas de distribución que se dividen en celdas de medición, protección y seccionadoras. Las celdas seccionadoras energizan dos subestaciones que proporcionan niveles de voltajes alternos de 240VAC y de 415VAC.

Tabla 2: Datos de placa de la celda principal y de las celdas de los transformadores de 750KV y 1000KV.

| | | |
|--|---------------------|------------------|
| MARCA | MERLIN GERIN | No 027022 |
| TIPO: | ISOLAR C-C | IEC 265-1 |
| U: | 17.5 KV | n: 100 |
| Uw: | 95-110KW | |
| In | 630A | |
| Capacidad de Apertura en Cortocircuito: | | 40KA |
| FUSIBLE | TIPO: IB D2 | MARCA: |
| Un | 24KV | INAEL |
| In: | 100A | |
| Icc: | 25KA | |
| I min | 350A | |

Fuente: Autor.

El lugar donde se encuentran ubicadas las celdas (figura 23) cumplen con las Normas NEC (Norma Ecuatoriana De la Construcción) donde establece las especificaciones y características técnicas mínimas a ser tomadas en cuenta en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de las edificaciones en el país, reduciendo de esta manera el consumo de energía y recursos necesarios, así como establecer los mecanismos de control y verificación de las mismas.



Figura 23: Cuarto de celdas.

Fuente: Autor.

3.1.1. Subestación 415 VAC (Rotativa Goss U70).

Esta subestación es un transformador marca Moretran de 1000KVA 132000/415V configuración Δ - Y que energiza la Rotativa GOSS U70. Donde recibe el suministro eléctrico de 13200V de la celda de accionamiento la cual consta como protección eléctrica 1 fusible 63A por fase.

Tabla 3: Datos de placa del transformador de 415 VAC.

| | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------|----------|
| MARCA | | MORETRAN | |
| SERIE | | 100 883 | |
| CAPACIDAD | | 1000KVA | |
| NORMA | CEI | | |
| VOLT. PRIMARIO | 13200V | AÑO | 1998 |
| VOLT. SECUNDARIO SIN CARGA | 415/240V | CORR. SECUND. | 1391.20A |
| FRECEUNCIA | 60 HZ | CORR. PRIMARIO | 43.74 A |
| CONEXION | D-Y | TAP | 3 |

Fuente: Autor.

A la salida del secundario, se conecta al Tablero Principal de 415 V mediante un breaker principal de 1000A, con respaldo de emergencia del generador de 199.2KW marca Kohler. que deriva en los breakers trifásicos que alimentan las barras de salida para la Rotativa GOSS U70 con 415VAC.

Esta subestación se encuentra ubicada en un cuarto de transformador en la parte posterior del cuarto eléctrico, junto al área de manufactura o área de despacho del periódico.

3.1.2. Subestación 220 VAC (Edificio Administrativo y Periféricos de la Rotativa U70).

Esta subestación es un transformador trifásico de 750KVA, relación nominal de 13200/220V, configuración Δ -Y (tabla 4), que energiza principalmente las bombas de agua, los equipos de aire comprimido, sistema de climatización y sistema de iluminación del edificio administrativo recibe el suministro eléctrico de 13200V de la celda de seccionamiento, la misma que contiene una protección eléctrica principal que consta de 1 elemento fusible de 63A por fase. El secundario del transformador da servicio al tablero de 220V que tiene como protección un breaker de 3P-1000 A.

Tabla 4: Datos de placa del transformador de 220 VAC.

| | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------|----------|
| MARCA | | MORETRAN | |
| SERIE | | 100871 | |
| CAPACIDAD | | 750KVA | |
| VCC % | 4.45 | PESO COMPLETO | 1940 Kg. |
| VOLT. PRIMARIO | 13200V | CORR. PRIMARIO | 32.8 A |
| VOLT. SECUNDARIO SIN CARGA | 208/120V | CORR. SECUND. | 2081.8 A |
| FRECEUNCIA | 60 HZ | AÑO | 1998 |
| CONEXION | D-Y | TAP | 1 |

Fuente: Autor.

3.2. Medición y Mantenimiento.

3.2.1 Mantenimiento de las celdas de media tensión y de la línea de alimentación a 13.2KV del Edificio Nuevo, equipos periféricos y de la Rotativa U70 de Granasa.

Con el objeto de garantizar el óptimo funcionamiento y operación de las Celdas de Media Tensión y de darle un mantenimiento preventivo a la red de alimentación a 13.2KV de la planta de GRANASA.

Para efectuar este trabajo se coordinó con la Empresa Eléctrica la desconexión de las velas de alta (dispositivos de protección a nivel de alta tensión que contienen por fase un tira-fusible).

Cuando el Rotativo se quedó sin energía pública, inmediatamente en forma automática se activaron los grupos electrógenos A y B, controlados por el tablero de transferencia. Luego se procedió a tomar los siguientes parámetros de funcionamiento:

3.2.2. Medición de la resistencia de aislamiento de los equipos.

Las mediciones incluyeron la medición de los conductores de entrada y salida a las celdas y de los aisladores de las mismas; esto con el objeto de determinar si el aislamiento de los conductores y aisladores están en buen estado.

3.2.3. Mantenimiento completo de las celdas.

Este incluyó la limpieza interior del gabinete principal (figura 24), corrección de zonas corroídas, lubricación de mecanismos de operación y ajustes de contactos.

Durante el mantenimiento se ajustó, limpió y aisló las entradas de alimentación a media tensión de los transformadores de 1000KVA a 415V y de 750KVA a 240V de GRANASA como se muestra a continuación:



Figura 24: Puntas de media tensión de la celda principal.

Fuente: Autor.

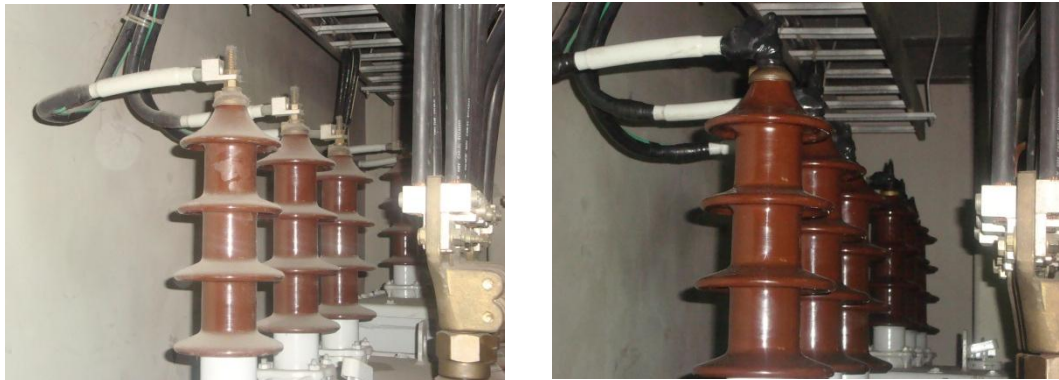


Figura 25: Entradas de alimentación a media tensión de los transformadores antes y después del mantenimiento.

Fuente: Autor.

En este periodo de mantenimiento incluyó el cambio de las tres cajas fusibles, puentes y estribos de media tensión. A continuación el cuadro de mediciones y el estado del aislamiento (tabla 5), para las mediciones se utilizó el equipo FLUKE 1507 utilizando un voltaje de 1000V por un minuto.

Tabla 5: Mediciones del aislamiento de la celda principal y de las celdas de los transformadores de 750KV y 1000KV

| <i>Item</i> | <i>DESCRIPCION DE LA MEDICIÓN</i> | <i>FASE A</i> | <i>FASE B</i> | <i>FASE C</i> | <i>ESTADO DEL AISLAMIENTO</i> |
|-------------|--|---------------|---------------|---------------|-------------------------------|
| 01 | Medición de aislamiento de celda principal (Cable de ingreso) | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |
| 02 | Medición de aislamiento de celda principal (Cable de salida) | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |
| 03 | Medición de aislamiento de Aisladores de Celda Principal | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |
| 04 | Medición de aislamiento de celda del Transformador 750KVA (Cable de ingreso) | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |
| 05 | Medición de aislamiento de aisladores de celda Transformador 750KVA | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |
| 06 | Medición de aislamiento de celda del Transformador 1000KVA (Cable de ingreso) | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |
| 07 | Medición de aislamiento de aisladores de celda Transformador 1000KVA | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |
| 08 | Mantenimiento de las celdas (Limpieza interior general, corrección de zonas corroidas, lubricación de mecanismos de operación y ajustes de contactos) | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |
| 09 | Instalación de estribos y cambio de puentes de Media tensión para energización de la acometida trifásica de alimentación de GRANASA. | > 11G.Ω | > 11G.Ω | > 11G.Ω | OK |

Fuente: Autor.

3.2.4. Mantenimiento del transformador de 1000 KVA 13.2KV/415/240V D/Y marca Moretran (Rotativa U70).

3.2.4.1. Inspección del cuarto de transformación previa al mantenimiento.

Se notó la presencia excesiva de polvo y basura en el cuarto, sobre el tanque del transformador y los pasa-tapas de baja y media tensión. No se encontró fugas de aceite en el tanque del transformador.

De la inspección previa al cuarto de transformación se determinaron las características técnicas del transformador. (Tabla 6)

Tabla 6: Datos de placa transformador trifásico.

| | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------|----------|
| MARCA | | MORETRAN | |
| SERIE | | 100 883 | |
| CAPACIDAD | | 1000KVA | |
| NORMA | CEI | | |
| VOLT. PRIMARIO | 13200V | AÑO | 1998 |
| VOLT. SECUNDARIO SIN CARGA | 415/240V | CORR. SECUND. | 1391.20A |
| FRECUENCIA | 60 HZ | CORR. PRIMARIO | 43.74 A |
| CONEXION | D-Y | TAP | 3 |

Fuente: Autor.

3.2.4.2. Trabajos realizados durante el mantenimiento.

3.2.4.2.1. Limpieza.

- a) Se realizó la limpieza total del cuarto de transformación.
- b) Limpieza de los conductores de alta y baja tensión.
- c) Limpieza de las conexiones de tierra.
- d) Limpieza de la punta Terminal de media tensión de la entrada de alimentación.

3.2.4.2.2. Ajustes.

- a) Se realizó ajuste exterior de los terminales. Saliente de las bobinas de Media y Baja tensión.
- b) Desconexión, limpieza y reconexión de los terminales de Media y Baja tensión.
- c) Ajustes de los pernos de neutro y del sistema de puesta a tierra.



Figura 26: Desconexión, limpieza y reconexión de los terminales de Media y Baja tensión del transformador de 1000KVA de la Rotativa U70.

Fuente: Autor.

3.2.4.2.3. Pruebas y Mediciones.

- a) Se midió el voltaje de salida del transformador.
- b) Se realizaron pruebas de aislamiento de los devanados.
- c) Se tomó muestra de aceite para prueba de rigidez dieléctrica.
- d) Se evaluó el nivel de ruido del transformador energizado.
- e) Se tomó muestra de aceite para determinar el Número de neutralización el aceite del transformador.

3.2.4.2.4. Resultados técnicos de los trabajos realizados.

De la inspección visual y trabajos realizados se obtuvieron los siguientes resultados. (Tabla 7).

Tabla 7: Resultados de los trabajos de mantenimiento realizados al transformador de 1000KVA de Gráficos Nacionales S.A.

| DESCRIPCION | CONDICION | ESTADO | FUGAS DE ACEITE | OBSERVACIONES |
|-----------------------|-----------|---------|-----------------|---------------|
| Puntas AT interior | LIMPIO | BUENO | | |
| Cuartos de Transf. | LIMPIO | BUENO | | |
| Bushing de AT | LIMPIO | BUENO | NINGUNA | AJUSTADO |
| Bushing de BT | LIMPIO | BUENO | NINGUNA | AJUSTADO |
| Armazón metálico | LIMPIO | BUENO | | |
| Conductor secundario | LIMPIO | BUENO | | |
| Parrilla Porta cable | LIMPIO | BUENO | | |
| Sistema Puesta tierra | LIMPIO | REGULAR | | |

Fuente: Autor.

De las pruebas realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8: Resultados de las pruebas efectuadas al transformador de 1000KVA de Gráficos Nacionales S.A.

| DEVANADOS | AISLAMIENTO | ESTADO DEL AISLAMIENTO | RIG. DIELECTRICO | No NEUTRALIZACIÓN | ESTADO DEL ACEITE |
|-------------|-------------|------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| ALTA-TIERRA | 4000 | Muy Bueno | 26.54KV | 0.18 | Cuestionable /Regular |
| BAJA-TIERRA | 3800 | Muy Bueno | | | |
| ALTA-BAJA | 4100 | Muy Bueno | | | |

Fuente: Autor.

3.2.5. Mantenimiento del transformador de 750KVA- 13200/208/120V que da servicio al Edificio Nuevo y Equipos periféricos de la Rotativa U70.

3.2.5.1.- Inspección del cuarto de transformación previa al mantenimiento.

De la inspección previa al cuarto de transformación se determinaron las características técnicas del transformador:

Tabla 9: Datos de placa transformador trifásico.

| | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------|----------|
| MARCA | | MORETRAN | |
| SERIE | | 100871 | |
| CAPACIDAD | | 750KVA | |
| VCC % | 4.45 | PESO COMPLETO | 1940 Kg. |
| VOLT. PRIMARIO | 13200V | CORR. PRIMARIO | 32.8 A |
| VOLT. SECUNDARIO SIN CARGA | 208/120V | CORR. SECUND. | 2081.8 A |
| FRECEUNCIA | 60 HZ | AÑO | 1998 |
| CONEXION | D-Y | TAP | 1 |

Fuente: Autor.

Adicionalmente se notó la presencia excesiva de polvo y basura en el cuarto, sobre el tanque del transformador y los pasa-tapas de baja y media tensión. No se encontró fugas de aceite en el tanque del transformador.

3.2.5.2. Trabajos realizados durante el mantenimiento.

3.2.5.2.1 Limpieza.

- a) Se realizó la limpieza total del cuarto de transformación.
- b) Limpieza de los conductores de alta y baja tensión.
- c) Limpieza de las conexiones de tierra.
- d) Limpieza de la punta Terminal de media tensión de la entrada de alimentación.

3.2.5.2.2. Ajustes.

- a) Se realizó ajuste exterior de los terminales. Saliente de las bobinas de Media y Baja tensión.
- b) Desconexión, limpieza y reconexión de los terminales de Media y Baja tensión
- c) Ajustes de los pernos de neutro y del sistema de puesta a tierra.

3.2.5.2.3. Pruebas y Mediciones.

- a) Se midió el voltaje de salida del transformador.
- b) Se realizaron pruebas de aislamiento de los devanados (Figura 3.6).
- c) Se tomo muestra de aceite para prueba de rigidez dieléctrica.
- d) Se evaluó el nivel de ruido del transformador energizado.
- e) Se tomó muestra de aceite para determinar el Número de neutralización el aceite del transformador.

3.2.5.2.4. Resultados técnicos de los trabajos realizados.

De la inspección visual y trabajos realizados se obtuvieron resultados que a continuación se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 10: Resultados de las pruebas efectuadas al transformador de 750KVA

| DEVANADOS | AISLAMIEN TO | ESTADO DEL AISLAMIENTO | RIG. DIELECTRI CO | No NEUTRALIZA CIÓN | ESTADO DEL ACEITE |
|-------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| ALTA-TIERRA | 5000 | Muy Bueno | 25.04KV | 0.15 | Cuestionabl e/ Regular |
| BAJA-TIERRA | 4500 | Muy Bueno | | | |
| ALTA-BAJA | 4500 | Muy Bueno | | | |

Fuente: Autor.

Tabla 11: Resultados de los trabajos de mantenimiento realizados al transformador de 750KVA de Gráficos Nacionales S.A.

| DESCRIPCION | CONDICION | ESTADO | FUGAS DE ACEITE | OBSERVACIONES |
|-----------------------|-----------|---------|-----------------|---------------|
| Puntas AT interior | LIMPIO | BUENO | | |
| Cuartos de Transf. | LIMPIO | BUENO | | |
| Bushing de AT | LIMPIO | BUENO | NINGUNA | AJUSTADO |
| Bushing de BT | LIMPIO | BUENO | NINGUNA | AJUSTADO |
| Armazón metálico | LIMPIO | BUENO | | |
| Conductor secundario | LIMPIO | BUENO | | |
| Parrilla Porta cable | LIMPIO | BUENO | | |
| Sistema Puesta tierra | LIMPIO | REGULAR | | |

Fuente: Autor.

3.3. Seguridad del cuarto eléctrico a nivel de transformadores.

Cuando se realiza el mantenimiento preventivo en el cuarto de celdas y transformadores eléctrico se inspecciona los procedimientos aplicados a los equipos por las empresas contratistas, de lo que se recoge las siguientes observaciones:

- El ingreso al cuarto eléctrico es restringido, existen puertas con candados y avisos de peligro de alto voltaje.
- Los trabajos son realizados por personal calificado: Supervisión de un ingeniero, técnicos eléctricos y ayudantes eléctricos.
- Los transformadores que están dentro de cajas de aislamiento, tienen sistemas de extracción de aire para liberar el calor.

- La conexión de la acometida primaria del transformador Moretran está expuesta sin aislamiento (riesgo). Existe una malla metálica sin cobertura superior.
- Todos los conductores que están a la vista en el cuarto eléctrico están perfectamente distribuidos en tuberías metálicas y canaletas. Los conductores de alta que van desde los seccionadores hacia los transformadores, están bajo el piso de concreto donde hay tapas metálicas que permiten acceder a los mismos.
- El Tanque de combustible estaba al 80%, tiene una capacidad para 240 galones de diesel, cantidad suficiente para abastecer a los generadores durante el corte de energía.

3.4. Tableros generales de distribución.

Los tableros generales contienen básicamente breakers trifásicos de la línea SIEMENS, controles de protección, medidores, equipos de regulación y señalización. Estos componentes están completamente ensamblados con todas las partes internas eléctricas, mecánicas y estructurales.

Los tableros principales están conectados en forma directa a sus respectivos tableros de transferencia automática, con el objetivo de distribuir energía eléctrica a todos los centros de cargas del complejo hospitalario.

3.4.1. Dimensionamiento de bancos de capacitores conmutación automática de bancos auxiliares.

Los capacitores móviles se activan dependiendo del consumo. En el cuarto eléctrico se encuentra instalado 2 bancos de capacitores que son para el control del factor de potencia del sistema eléctrico.

Un bajo factor de potencia produce una subutilización de las subestaciones instaladas en el rotativo lo cual implica que no toda la energía que suministra la empresa eléctrica se está utilizando y se está perdiendo en otras formas de energía, como calor, radiación, etc.

3.4.2. Efectos de un bajo factor de potencia.

Se pueden mencionar los siguientes efectos:

- **Causa sobrecarga en los generadores, transformadores** y líneas de distribución, donde las caídas de voltaje y pérdidas de potencia son mayores, esto representa pérdidas y desgaste en los grupos electrógenos y transformadores.
- **Grupos electrógenos:** Si los aparatos de inducción requieren corriente reactiva, su capacidad productiva se ve muy reducida. Una reducción de 100% a 80% causa una reducción en los KW de salida hasta un 27%.
- **Transformadores:** el porcentaje de regulación aumenta en más del doble entre un factor de potencia de 90% y uno de 60%.
- **Aumenta el costo de suministrar potencia** activa al tener que ser transmitida más corriente (penalización).

3.4.3. Ventajas de la corrección del factor de potencia.

El factor de potencia puede considerarse como la eficiencia de la carga y al mejorarlo se puede determinar lo siguiente:

- Reducción en los pagos de planillas eléctricas de la CONELEC por concepto de facturación de energía reactiva.
- Disminución de las pérdidas por efecto joule en cables y transformadores del cuarto eléctrico de Gráficos Nacionales S.A.
- Aumento en la capacidad del sistema, disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
- Mejora sustancialmente la calidad del voltaje por reducción en las caídas de tensión en el sistema eléctrico.
- Aumento de la vida útil de las instalaciones eléctricas.

3.5. Sistemas de respaldo de energía.

La instalación eléctrica de Gráficos Nacionales S.A. puede alimentarse de energía eléctrica desde dos fuentes: entrada de la línea de la CONELEC y entrada de grupos electrógenos. El sistema puede proveerse de una fuente de energía AC a la vez, mediante transferencias automáticas de generadores.

Un complejo hospitalario “nunca puede quedarse sin energía”. Según lo anteriormente mencionado se expresa claramente la enorme responsabilidad de “mantener operativo” el sistema eléctrico y sus opciones de respaldo por generadores trifásicos AC y UPS.

3.5.1. Generadores.

La rotativa cuenta con el respaldo de 2 generadores Kohler ubicados en el cuarto de generadores del Edificio Administrativo, 1 generador de 100KVA da respaldo al edificio administrativo y equipos periféricos de la rotativa U70 y el generador 250KVA Koller para dar respaldo al rotativo.



Figura 27: Descripción de los generadores.

Fuente: Autor.

Estos generadores tienen la capacidad suficiente y especificaciones técnicas adecuadas para cubrir la demanda.

3.5.2. Sistemas de respaldo por UPS.

Los equipos críticos de soporte de vida poseen un sistema ininterrumpido, de energía eléctrica, a través de baterías propias, UPS individuales y UPS centralizados. La empresa utiliza 3 UPS centralizados:

- UPS 1= 18KVA/220VAC.
- UPS 2= 6KVA/220VAC.
- UPS 3= 6KVA/220VAC.



Figura 28: Cuarto de UPS de Gráficos Nacionales S.A.

Fuente: Autor.

3.6. Principios para la utilización de un equipo de medición SENTRON PAC 3200.

La energía eléctrica se caracteriza por ser una onda perfecta, pero esta se ve afectada por diferentes anomalías que hacen que esta se distorsione y difiera a como era originalmente.

Todas estas variaciones que se producen en la señal de energía eléctrica, hacen que el sistema comience a dar problemas en la operación de los equipos conectados al suministro, mal funcionamiento de protecciones eléctricas, calentamiento anormal de los conductores eléctricos, e interrupción del suministro de energía eléctrica.

Para determinar estas anomalías en el sistema, es conveniente realizar un estudio de calidad de la energía, y de acuerdo a este, realizar la toma de decisiones de forma inteligente y segura, con el fin de poder manejar nuevas expansiones, eliminación de fenómenos eléctricos, correcto dimensionamiento de protecciones y poder regirse a lo que establecen las regulaciones referentes a la calidad de la energía.

Para lograr este fin nos valemos de algunos equipos o analizadores eléctricos, los cuales nos sirven para realizar un monitoreo y también llevar un registro de la calidad de la energía; un analizador eléctrico de calidad de suministro, debe ser capaz de analizar por sí mismo todos los fenómenos eléctricos no deseados que podrían afectar a la carga y/o a la fuente suministradora de la energía eléctrica.

Los equipos o tecnologías empleados para llevar el registro y monitoreo de la calidad de la energía eléctrica son numerosos, pues muchas casas comerciales han lanzado sus propias unidades para lograr este fin.

A continuación se realizará una descripción general del analizador de red SENTRON PAC 3200.

3.6.1. Características del Multimedidor SENTRON PAC 3200.

Ya sea para aplicaciones industriales o en edificios comerciales, los dispositivos de monitoreo y medición se pueden utilizar en cualquier lugar donde se distribuya y utilice energía eléctrica.

Estos dispositivos detectan los valores energéticos de alimentadores y consumidores individuales. Además, proveen importantes valores medidos para evaluar el estado del sistema y la calidad de la energía. Para un proceso posterior de los datos medidos, los dispositivos se pueden integrar fácilmente a sistemas de gestión de energía y automatización de nivel superior.

Con la posibilidad de programar alarmas a la hora de detectar un valor por exceso o defecto, estas señales previenen fallas, multas y accidentes. Cada día

más, las empresas buscan controlar sus consumos a los fines de evitar multas y, sobre todo, de potenciar su producción.

Esta potenciación de la producción se ve en peligro cuando se tienen paradas de planta no planificadas o tiempos muertos por desperfecto que podrían haberse detectado por medio del monitoreo. En consecuencia, todo lo que se ahorra en energía se vería opacado frente a las elevadas pérdidas debido a un deficiente nivel de productividad.

La tecnología de los multimedidores posibilita detectar desequilibrios en los sistemas con antelación. De esta forma, los incrementos en el consumo o sobretensiones permanentes se pueden detectar o incluso despejar gracias a contactos digitales que se pueden vincular a bobinas de relés o contactores.

Para una reducción continua de los costos energéticos, primero se requiere un análisis del consumo de energía y del flujo de corriente eléctrica del sistema. Esto lo pueden realizar los dispositivos de monitoreo y medición SENTRON PAC.

Estos equipos se diferencian en tres modelos para satisfacer todas las necesidades de los clientes, es decir, desde un equipo para monitorear las variables más importantes (U, I, P, S, Q, $\cos \phi$, etc.), hasta un equipo con las mediciones más sofisticadas (armónicos, gráficos, desbalanceo de tensión, memoria, etc.)

Se pueden utilizar para mediciones monofásicas y trifásicas, en redes trifilares y tetrafilares (TN, TT, IT).

3.6.2. Funciones de registro PAC 3200.

- Registro de las curvas de carga.
- Valores promedio de la potencia aparente, activa y reactiva.
- Valores mínimos / máximos Por cada período de medición.
- Almacenamiento del registro En períodos de medición de 15 min hasta 40 días

- Sincronización de: Entrada digital, Comunicación, reloj interno.
- Conformación ajustable del valor medio Aritmética o acumulada.
- Métodos de registro Bloque fijo o deslizante.
- Registro de eventos.
- Cantidad máxima de eventos – > 4000.
- Control de prioridades.
- Niveles de aviso, elegibles.
- Obligación de suministrar acuse de recibo, ajustable.
- Almacenamiento de eventos, configurable.
- Interfaces.
- Ethernet (Integrada) Para cable de par cruzado 10 Mbit/s 10/100 Mbit/s.
- Funciones de interfaces Auto-Negotiation / Auto MDI-X.
- Cantidad de conexiones Simultáneas 1-3.
- Protocolo Modbus, TCP.
- Gateway (Ruteo) Ethernet-RS485 (Modbus).
- PROFIBUS DP (V1) Por medio del módulo PAC PROFIBUS DP Módulo de ampliación opcional.
- Modbus RTU Por medio del módulo PAC RS485 Módulo de ampliación opcional.
- Entradas / Salidas.
- Entrada(s) digital(es) Multifuncional(es) 1 2.
- Salida(s) digital(es) Multifuncional(es) 1 2.

- Tensión de servicio entrada(s)/salida(s) digital(es) Valor nominal 24 V CC 24 V CC.
- Reloj / Calendario.
- Reloj de tiempo real Marcación de tiempo con exactitud de un segundo.
- Función calendario Formato ajustable de la fecha y la hora.
- Conmutación entre horario de verano e invierno Automática (EE.UU.) / Unión Europea) o manual.
- Límites de errores.
- Tensiones | Intensidades de la corriente Referidos al valor de medición 0,3% | 0,2% 0,2%*.
- Potencia aparente | Activa | Reactiva Referidos al valor de medición 0,5% | 0,5% | 2% 0,5%* | 0,2%* | 1%*.
- Energía activa Según la norma 62053-22 Clase 0,5S Clase 0,2S.
- Energía reactiva Según la norma 62053-23 Clase 2 Clase 2.
- Observación / Operación.
- Display LCD gráfico con fondo iluminado.
- Visualizaciones Alfanuméricas y texto Completamente gráficas.
- Operación Conducida por menú por medio de teclas de función.
- Idiomas Configurables desde el instrumento Alemán, chino, español, francés, inglés, italiano, portugués, turco, ruso.

3.6.3. Beneficios del SENTRON PAC.

Todos los dispositivos de monitoreo y medición de energía de la serie SENTRON PAC poseen las siguientes características:

3.6.3.1 Puesta en marcha simple.



Figura 29: Analizador de red Sentron Pac 3200.

Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

Ya sea para aplicaciones industriales o en edificios comerciales, los dispositivos de monitoreo y medición se pueden utilizar en cualquier lugar donde se distribuya y utilice energía eléctrica.

Estos dispositivos detectan los valores energéticos de alimentadores y consumidores individuales. Además, proveen importantes valores medidos para evaluar el estado del sistema y la calidad de la energía.

Desde el frente, y una vez instalado, el grado de protección IP65 permite su uso en entornos extremadamente con polvo y humedad donde no se pueden evitar siempre, así como la presencia de cuerpos extraños. Las distintas clases de protección fijan, en qué medida se puede exponer el equipo de medición en

condiciones ambientales adversas, sin ser dañado o sin representar un riesgo de seguridad o para la salud. Es precisamente en las áreas críticas de los hospitales, y gran parte de las industrias como la gráfica donde la seguridad de estos aparatos cobrar una mayor importancia.

3.6.3.2 Gran pantalla LCD con manejo intuitivo con 4 teclas de función y visores de texto multilinguaje.



Figura 30: Pantalla del Analizador Sentron Pac 3200.

Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

Me permite adoptar una postura más cómoda sin perder visibilidad. Puedo situar el monitor un poco más lejos de mi vista sin perder mayor detalle, lo cual a su vez me permite trabajar mejor y más rápido.

Varias personas pueden observar lo que ocurre en la pantalla, estos y otros factores traen consigo una significativa ganancia en términos de tiempo

Fácil adaptación a diferentes sistemas con las siguientes opciones integradas: entradas -salidas digitales, e interfaz de comunicación.

3.6.3.2.1. Visualización y manejo.

- Pantalla gráfica con retro iluminación de cristal líquido, para una lectura óptima.
- Información y manejo a través del menú en la pantalla.
- Diferentes idiomas para la visualización del menú y texto en la pantalla.
- Identificador de fases seleccionables (L1, L2, L3 <=> a, b, c).

3.6.3.2.2. Operación también multilingüe.

Una característica especial es la operación de usuario intuitiva. Su funcionamiento está rápido de aprender utilizando los cuatro botones de función junto con varios idiomas pantallas de texto sin formato. Idiomas pueden seleccionar los siguientes: Inglés, alemán, portugués, turco, español, italiano, francés, chino y ruso.

3.6.4 Frente del SENTRON PAC3200.

El dispositivo se opera usando 4 botones de función, que corresponde a los 4 campos de texto situados encima de ellos. Los botones son cada uno asignado con varias funciones.

La siguiente imagen muestra el SENTRON PAC3200 de la frente, dividido en los bloques de función previstos para la operación y monitoreo, incluyendo una descripción.

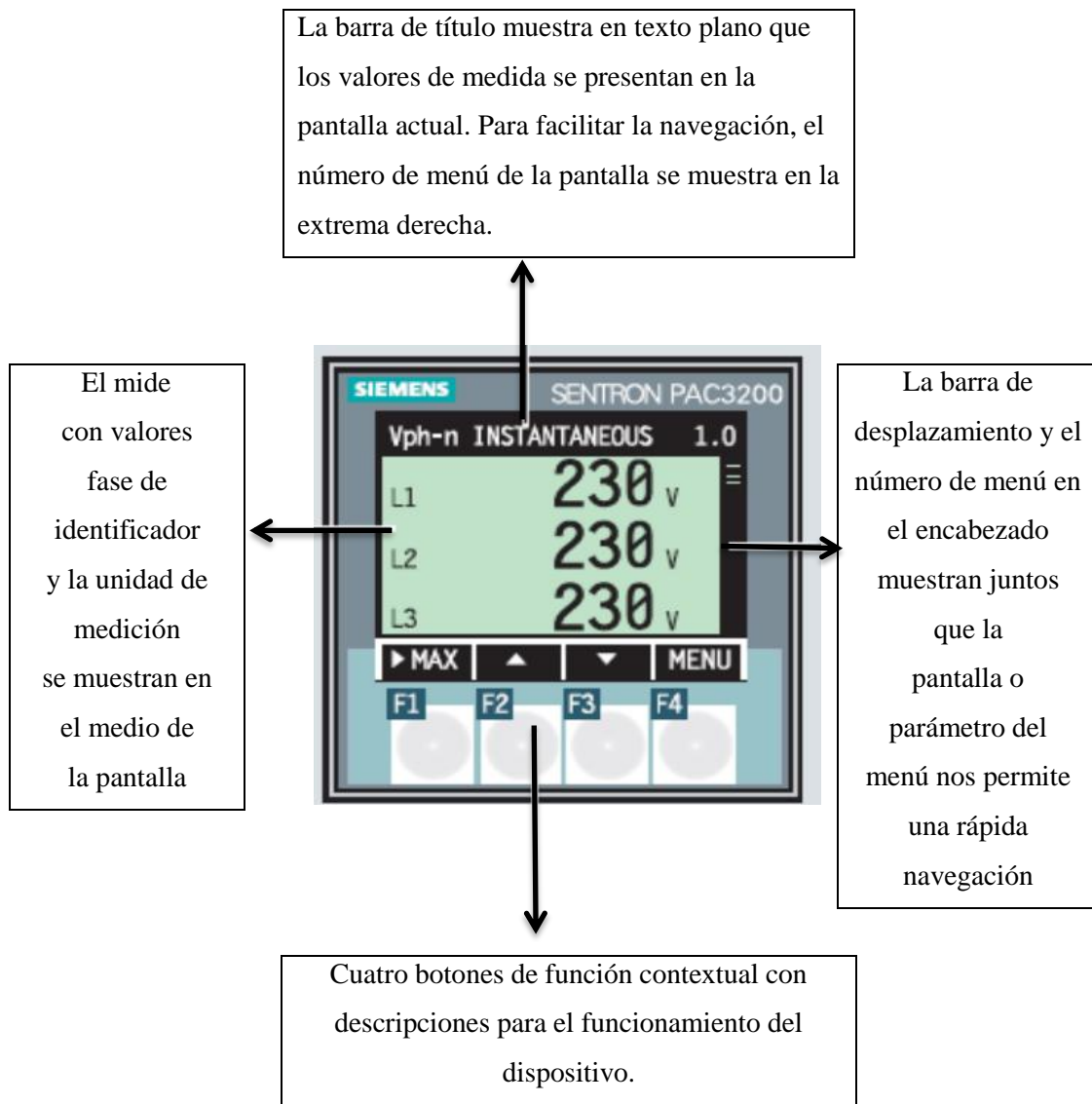


Figura 31: Interfaz de usuario.

Fuente: Manual SENTRON PAC 3200.

3.6.4.1. Alimentación.

- La Fuente de alimentación de este equipo es multirrango con entrada AC/DC: Se alimentan de 95 a 240 V AC $\pm 10\%$ / 50 / 60 Hz ó de 110 a 340 V DC $\pm 10\%$.
- La Fuente de alimentación DC de muy baja tensión: Se alimenta con 24 V, 48 V y 60 V DC $\pm 10\%$ ó 22 a 65 V DC $\pm 10\%$.

3.6.4.2 Interfaz.

El equipo se interconecta en las siguientes tres formas:

- **Interfaz Ethernet integrada.**

El SENTRON PAC 3200 dispone de un conector RJ45 en la parte superior. El dispositivo puede ser conectado a Ethernet a través de un conector RJ45, del tipo T-568B.

- **Profibus Integrada.**

Mediante un módulo de ampliación opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP).

- **RS485 Integrada.**

Mediante un módulo de ampliación opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC RS485).

3.6.4.3. Entrada y salida.

- Posee una entrada digital multifuncional para cambio de tarifa, sincronización del periodo de demanda, control de estado o totalización de impulsos de energía entregados por otros dispositivos, podemos asignar las siguientes funciones en esta entrada:

- ✓ Cambio de tarifa para contador de tarifa doble de energía activa y reactiva.
- ✓ Sincronización del periodo de demanda a través del impulso de sincronización de un telemando centralizado u otro dispositivo.
- ✓ Monitoreo de estado: Captación de estados y avisos de emisores de señales conectados.
- ✓ Entrada de impulsos de energía activa o reactiva (interfaz S0).
- ✓ La transmisión de los datos se realiza con impulsos ponderados, por ejemplo, por cada KWh se transmite una cantidad parametrizable de impulsos.
- ✓ La entrada digital soporta una tensión máxima de 24 V. Para tensiones superiores se precisa un divisor de tensión externo.

- Posee una salida digital multifuncional, programable a modo de salida de impulsos de energía activa o reactiva, indicación del sentido de giro, visualización del estado operativo del SENTRON PAC3200, para indicación de violaciones de límites o como salida lógica para telecontrol vía PC.

3.6.4.4. Protección.

Posee un sistema de protección por clave mediante la digitación de un código de 4 dígitos el cual se lo puede cambiar por necesidad propia.

3.6.5. Monitoreo de variables de medición para el valor límite.

El SENTRON PAC3200 puede controlar hasta 6 variables de medición por la violación de un valor límite ajustable superior o inferior.

Las siguientes variables pueden ser monitoreadas: tensión, corriente, potencia, factor de potencia, THD U / I frecuencia, o asimetría de tensión y corriente.

- Una variable de medición:

UL-N, UL-L, IL, PL, QL, SL, LFL, THD-UL/IL para las 3 fases y UL-N, el valor medio, UL-L, el valor medio, IL, valor medio, Stot, Ptot, Qtot, Lftot, la frecuencia, la asimetría U / I

- El modo de control (sobre velocidad o quedarse corto)
- Un valor límite
- Un retardo de tiempo y
- Una histéresis.

Además de los valores límite se pueden interconectar por un I/O lógica de funcionamiento. Al igual que los valores límite individuales, el resultado de la operación lógica también puede desencadenar ciertas acciones.

Es posible seleccionar la acción que se desencadena por violación de un valor límite. Por ejemplo, una señal puede ser enviada a través la salida digital o la interfaz de comunicación.

El integrado Contador universal puede utilizarse para totalizar el número de valor límite violaciones. Si un valor límite ha sido violado se indica en el dispositivo.

3.6.5.1 Monitoreo de voltaje y corriente para la asimetría.

Las medidas de dispositivo, entre otras cosas, la asimetría de voltaje y corriente en la red. Ahora que el valor límite puede también ser asignados a estos dos parámetros, los problemas relativos a asimétrica cargas de la instalación se pueden detectar temprano y evitarse.

3.6.5.2. Contador de horas de funcionamiento.

Una función importante servicio se lleva a cabo por la operación integrado contador de horas, que puede utilizarse para supervisar bombas, motores o máquinas. El contador mide el funcionamiento tiempo de una carga conectada, ayudando a garantizar que el mantenimiento importante se observan intervalos. El recuento se puede leer y evaluados por un PC. Un sistema de energía de más alto nivel de gestión es por lo tanto capaz de generar un mensaje de mantenimiento adecuado.

El SENTRON PAC3200 se puede utilizar para medir en dos, tres y cuatro conductores de las redes. Es capaz de medir en tres fases, así como en una y dos fases. Gracias a su amplio rango de tensión de medición, el dispositivo puede estar conectado directamente en cada sistema de baja tensión hasta una intensidad nominal sistema de tensión de 690 V (UL-L). Los voltajes más altos pueden ser medidos través de un transformador de tensión. Para medir las corrientes que es posible utilizar tanto x/1A y x/5 a transformadores de corriente. Transformador relaciones y la dirección actual puede ser programada en el dispositivo para la adaptación a las condiciones.

3.6.5.3. La protección contra el acceso no autorizado.

El SENTRON PAC3200 viene con protección por contraseña integrada de modo que los datos de potencia y los parámetros están a salvo de no autorizada

acceder. Los cambios en la parametrización puede ser rastreado usando un contador de configuración que se pueden leer a través de una interfaz.

3.6.5.4 Integración.

Uso de los módulos de interfaz se puede integrar la SENTRON PAC3200 en todos los sistemas de I & C o cada SIMATIC S7 ambiente.

Cuando el SENTRON PAC3200 está totalmente integrado en un sistema de gestión de energía sistema, e. g. SIMATIC WinCC o SIMATIC PCS 7 powerrate, monitorea el consumo de energía. Al mismo tiempo nos ayuda a monitorear el estado de funcionamiento de la instalación. Los valores medidos, el valor límite violaciones, horas de funcionamiento de un flujo de carga o potencia conectados son suministrados por el dispositivo de forma rápida y fiable.

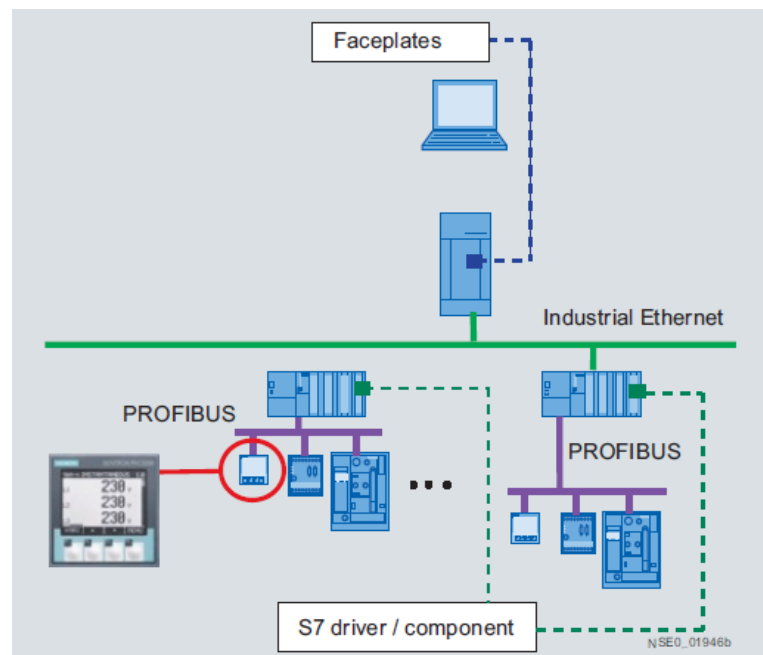


Figura 3.10: Integración del Sentron Pac 3200.

Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

3.6.6. Tipos de conexión.

Cuenta con 5 formas de conexiones a redes de dos, tres o cuatro conductores con carga balanceada (simétrica) o desbalanceada (asimétrica). (Tabla 12).

Tabla 12: Tipos de conexión.

| Abreviatura | Tipo de conexión |
|--------------------|---|
| 3P4W | 3 fases, 4 conductores, carga desbalanceada |
| 3P3W | 3 fases, 3 conductores, carga desbalanceada |
| 3P4WB | 3 fases, 4 conductores, carga balanceada |
| 3P3WB | 3 fases, 3 conductores, carga balanceada |
| 1P2W | Corriente alterna monofásica |

Fuente: Manual SENTRON PAC 3200.

3.6.7. Condiciones ambientales.

El SENTRON PAC3200 opera dentro de los siguientes rangos de temperatura y condiciones ambientales:

Tabla 13: Rangos de temperatura.

| Descripción | Temperatura |
|--|---|
| Rango de temperatura de empleo | - 10 °C a + 55 °C |
| Rango de temperatura en almacenamiento | - 25 °C a + 70 °C |
| Humedad relativa del aire | 95 % a 25 °C sin condensación (en condiciones normales) |
| Altitud de empleo sobre nivel del mar | hasta 2000 m |
| Grado de contaminación | 2 |
| Grado de protección según IEC 60529 | |
| Frente | IP65 |
| Lado posterior | IP20, NEMA 1A |

Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

3.6.8. Conexiones.

Designación de las conexiones, modelo con bornes de tornillo & ojal. (Figura 32).

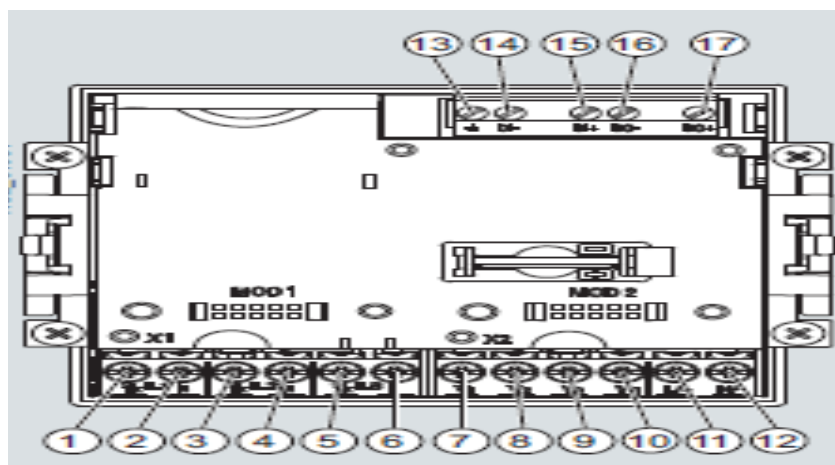


Figura 32: Conexiones del Equipo.

Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

Tabla 14: Descripción de conexión del equipo.

| No. | Terminal | Función |
|-----|----------|--|
| 1 | IL1 k | Corriente de Fase, IL1, input |
| 2 | IL1 l | Corriente de Fase, IL1, output |
| 3 | IL2 k | Corriente de Fase, IL2, input |
| 4 | IL2 l | Corriente de Fase, IL2, output |
| 5 | IL3 k | Corriente de Fase, IL3, input |
| 6 | IL3 l | Corriente de Fase, IL3, output |
| 7 | V1 | Voltaje de Fase UL1 |
| 8 | V2 | Voltaje de Fase UL2 |
| 9 | V3 | Voltaje de Fase UL3 |
| 10 | VN | Conductor Neutro UN |
| 11 | L/+ | AC: Conexión: Conductor (Voltaje de Fase) DC: Conexión: + |
| 12 | N/- | AC: Conexión: Neutral conductor DC: Conexión: - |
| 13 | | Tierra funcional |
| 14 | DI- | Entrada digital - |
| 15 | DI+ | Entrada digital + |
| 16 | DO- | Salida digital - |
| 17 | DO+ | Salida digital + |

Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

3.6.9. Directivas ESD.

3.6.9.1. Componentes sensibles a descargas electrostáticas (ESD).

Los componentes sensibles a cargas electrostáticas se deterioran si se exponen a tensiones y energías que están muy por debajo de los límites de percepción del ser humano. Dichas tensiones se presentan cuando una persona que no se ha descargado electrostáticamente toca un componente o un módulo. Los componentes sensibles a cargas electrostáticas expuestos a tales sobretensiones por regla general no pueden detectarse inmediatamente como defectuosos, porque el comportamiento anómalo aparece después de un tiempo prolongado de servicio.

3.7. Comunicación Profibus.

El SENTRON PAC 3200 facilita el monitoreo y supervisión usando comunicación profibus, el mismo es un estándar abierto para una amplia gama de aplicaciones de fabricación, procesos industriales y automatización de edificios.

La independencia y apertura de los fabricantes está garantizada por el estándar profibus en 50 – 170. Con Profibus dispositivos de diferentes fabricantes pueden comunicarse entre sí, sin necesidad de una interface especial. Profibus puede ser usado tanto para transmisiones de datos en alta velocidad con especificaciones de tiempo críticos, como para complejas tareas de comunicación extensiva. La familia Profibus consta de 3 versiones compatibles, mencionaremos algunas de sus características respectivamente. (García, A. 2005).

3.7.1. Profibus DP.

- Enfocado a la automatización de fábricas.
- Rapidez.
- *Plug and play*.
- Buena relación coste/prestaciones.

3.7.2 Características especiales del protocolo profibus aplicado a la automatización.

- Dentro de las ventajas que nos ofrece el bus de campo profibus tenemos que mencionar las siguientes:
- Profibus es un sistema de bus potente, abierto y robusto que brinda una comunicación sin perturbaciones.
- Es un sistema completamente normalizado que permite conectar de forma sencilla componentes normalizados de diferentes fabricantes.
- La configuración, la puesta en marcha y la búsqueda de averías se pueden realizar desde cualquier punto. En consecuencia, las relaciones de comunicación libremente definibles son muy flexibles y fáciles de aplicar en la práctica y de modificar.
- Seguridad para las inversiones gracias a desarrollos y perfeccionamientos compatibles.
- Componentes de red para el uso en entorno industrial rudo.
- Conexión y puesta en marcha rápida a pie de máquina mediante el sistema de cableado *Fast Connect*.
- Vigilancia permanente de los componentes de red por esquema de señalización sencillo y eficaz.
- Alto grado de protección de la inversión; las instalaciones existentes se pueden ampliar sin efectos negativos.
- Alta disponibilidad gracias a la redundancia en anillo con el componente de red activo OLM.
- Alta seguridad de servicio y disponibilidad de las instalaciones mediante diferentes posibilidades de diagnóstico. Comunicación de seguridad con PROFISAFE.

3.8 Funciones de comunicación.

La comunicación de proceso o de campo (PROFIBUS PA, PROFIBUS DP) sirve para conectar equipos de campo a un autómata (controlador), HMI o sistema de control distribuido.

La conexión se puede establecer a través de interfaces integradas en la CPU o a través de módulos de interfaz (Ims) y procesadores de comunicaciones (CPs). En los potentes sistemas de automatización actuales resulta a menudo más eficaz conectar varias líneas PROFIBUS DP a un controlador, no sólo para aumentar el número de unidades periféricas a conectar, sino también para poder manejar independientemente áreas de producción individuales (segmentación).

Con PROFIBUS normalizado según IEC 61158/61784 se ofrece un sistema de bus de campo potente, abierto y robusto con tiempos de reacción cortos específicamente en DP

PROFIBUS DP (periferia descentralizada) sirve para conectar E/S remotas, por ejemplo: SIMATIC ET 200, con unos tiempos de reacción muy rápidos según la norma IEC 61158/61784

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL SENTRON PAC 3200.

4.1 Fabricación y diseño en una estructura metálica.

Para la elaboración del tablero metálico se consideró en un modelo que sirva de una manera accesible tanto a los materiales a utilizar y a los estudiantes de la UCSG.

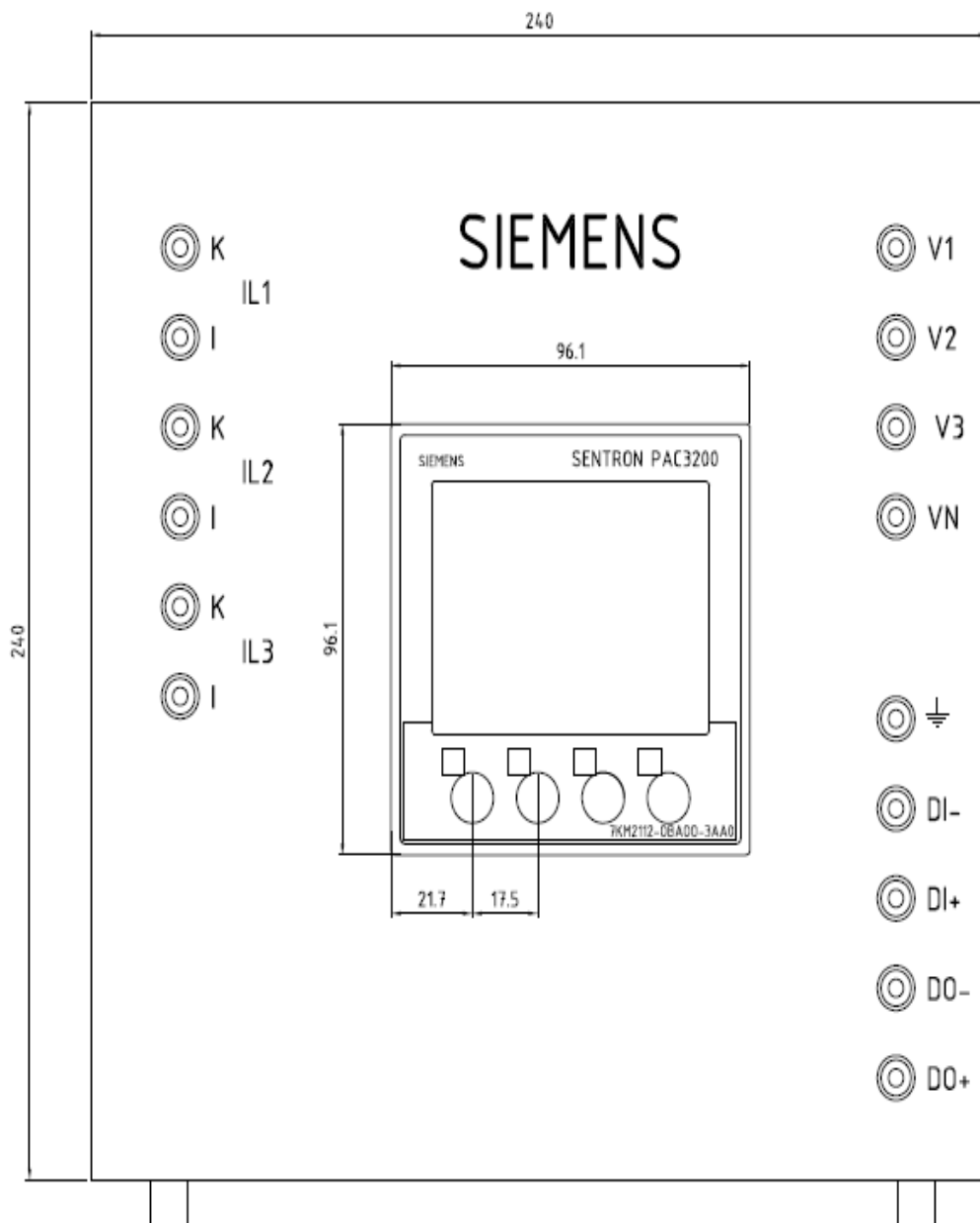


Figura 33: Plano frontal del modelo didáctico SENTRON PAC 3200.

Fuente: Autor.

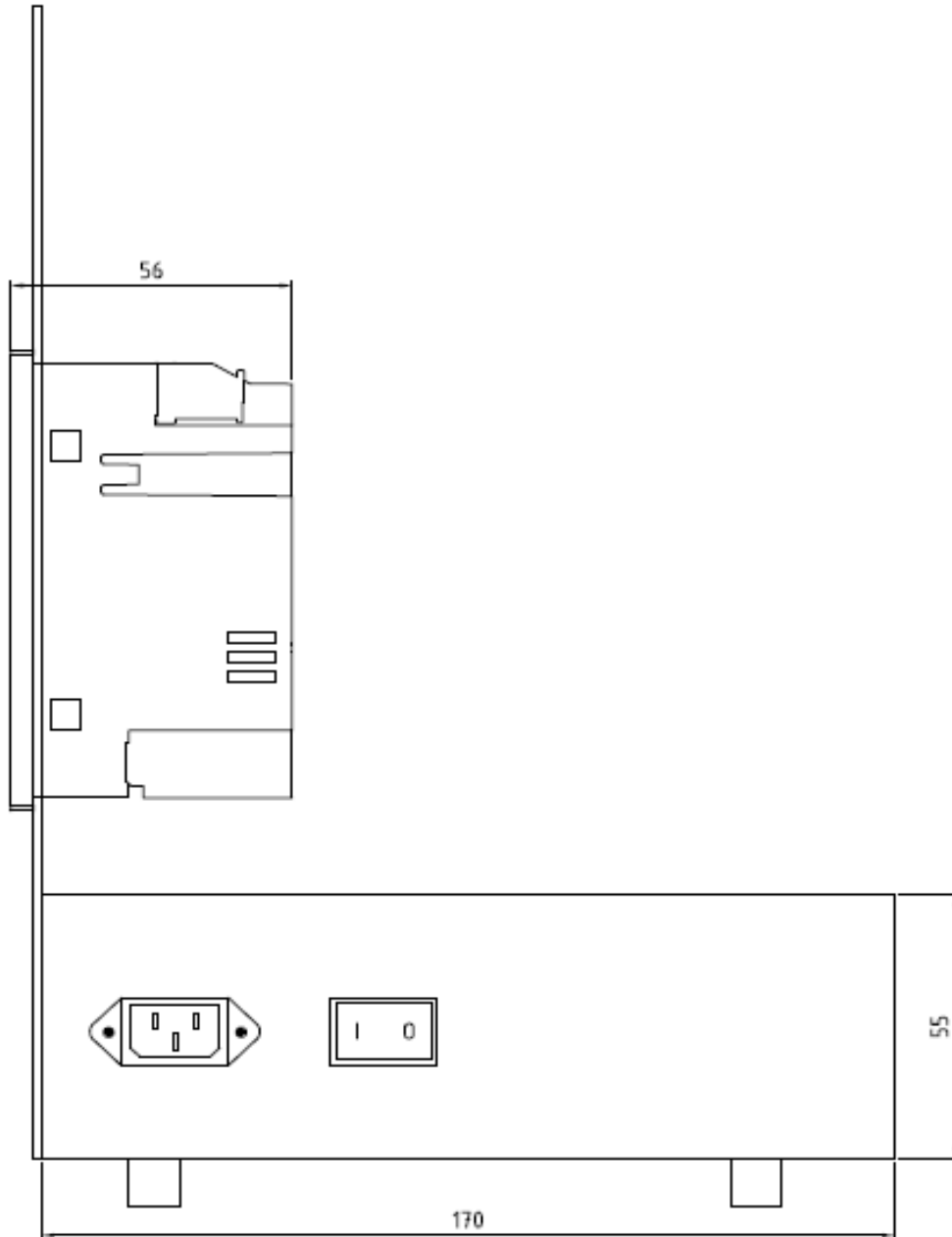


Figura 34: Plano vista lateral del modelo didáctico SENTRON PAC 3200.

Fuente: Autor.

La fabricación fue realizada sobre un metal (figura 35), dándole un acabado perfecto con pintura anti corrosiva color gris, además se perforaron los orificios para los jacks del panel frontal y de los laterales para el ensamblaje de la toma de tensión, switch.

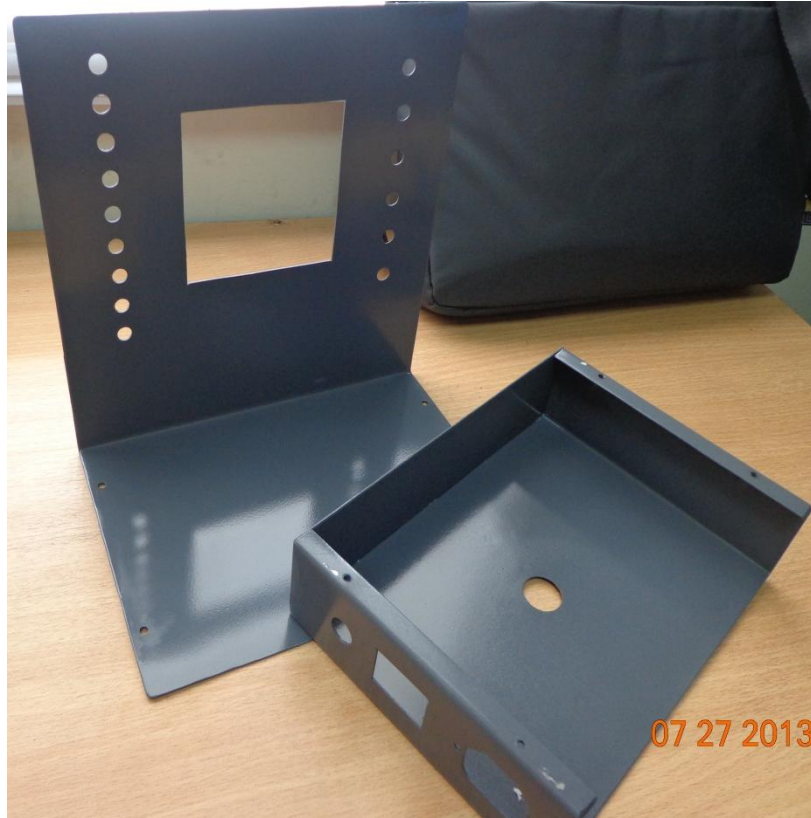


Figura 35: Partes de estructura metálica.

Fuente: Autor.

4.1.1. Materiales.

Se detalla los materiales que se requieren para realizar el modelo didáctico.

- Conectores Jack.
- Base de toma-corriente.
- Switch con luz piloto.
- Conductor flexible #18 (10mt)
- Terminales para conductor #18
- Conector para cables(Prensa-estopa-1/2 pulg)
- Cautín, estaño y pasta de soldar
- Destornilladores (estrella-plano).
- Alicata, corta frio.

A continuación se muestra en la figura 36 y 37 los materiales eléctricos y la estructura metálica para el montaje de los mismos, donde se encuentra el equipo de medición SENTRON PAC 3200 utilizado para aplicaciones de supervisión eléctrico.



Figura 36: Materiales para el modelo didáctico.

Fuente: Autor.



Figura 37: Estructura metal parte inferior.

Fuente: Autor.

4.2. Montaje del SENTRON PAC 3200.

Los módulos electrónicos contienen componentes sensibles a descargas electrostáticas. Estos componentes pueden resultar fácilmente dañados o destruidos si no se manipulan con el debido cuidado.

- Descargue su cuerpo electroestáticamente justo antes de tocar un módulo electrónico.
- A tal efecto debe tocar algún objeto conductor y puesto a tierra, por. Ejemplo: una pieza de metal sin recubrir de un armario eléctrico o una tubería de agua.
- Agarre el módulo únicamente por la caja de plástico.
- Los módulos electrónicos no deben entrar en contacto con materiales eléctricamente aislantes, como láminas de plástico, piezas de plástico, tableros de mesa aislantes o ropa de fibras sintéticas.
- Deposite el módulo sólo sobre superficies conductoras.
- Almacene y transporte los componentes y módulos electrónicos únicamente en embalajes conductores con protección ESD (p. ej., cajas de metal o cajas de plástico metalizadas). Conserve el módulo en su embalaje hasta el momento del montaje.



Figura 38: Montaje del SENTRON PAC 3200 en el panel frontal.

Fuente: Autor.

4.2.1. Conexión de materiales al SENTRON PAC 3200.

Como se detalló en el capítulo anterior (tabla 3.13) se procede a la conexión de los materiales al SENTRON PAC 3200.



Figura 39: Realizando conexión de materiales al SENTRON PAC 3200.

Fuente: Autor.



Figura 40: Cableado de entradas I/O del equipo SENTRON PAC 3200.

Fuente: Autor.



Figura 41: Ajustando partes del material didáctico.

Fuente: Autor.



Figura 42: Implementación concluida.

Fuente: Autor.

4.3. Instalación y configuración con el PC.

4.3.1 Requisitos de hardware.

- Procesador: Intel Pentium IV 2,8 GHz (o superior)
- Memoria de trabajo: mín. 2 GB
- Disco duro: al menos 1 GB libre
- Gráficos: VGA con al menos 1280 x 1024 píxeles con una profundidad de color de 16 bits.

4.3.2 Sistemas operativos compatibles.

- Windows Vista: Business, Ultimate; SP1
- Windows XP: XP con SP2/SP3
- Windows 2003: Server 2003 Server (32 bit)

4.3.3. Versiones de Excel compatibles.

A continuación se detalla las versiones necesarias para la función de informes.

Excel 2000

Excel XP.

Excel 2003

Excel 2007

4.4. Instalación del software.

Inserta el CD o DVD que viene incluido en el SENTRON PAC 3200 en la unidad de disco óptico del ordenador. En la mayoría de los casos se abrirá automáticamente un instalador de software.

Si no es así, haz doble clic en el icono de disco del escritorio y en la ventana que aparece, busca un archivo con la palabra "Ejecutar start" en el nombre.

Haz doble clic en el archivo para abrir el instalador y sigue las instrucciones en pantalla para instalar el software. (Figura 43). No tendrás que introducir contraseña ya que no requieren derecho del administrador para instalar el software.

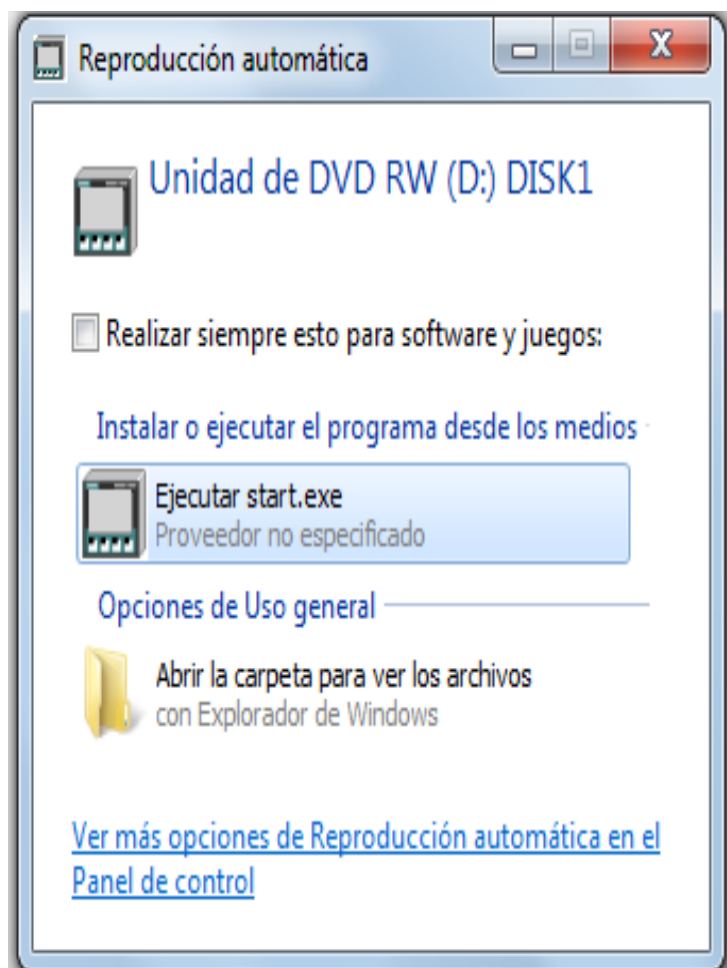


Figura 43: Ventana de ejecución del programa (start).

Fuente: Autor.

4.4.1. Ejecución del SW Powerconfig V2.1.1 SENTRON PAC 3200 en la PC.

Una vez que el " SW Powerconfig V2.1.1 SENTRON PAC 3200 "se ejecuta, la ventana principal. (Figura 44).



Figura 44: Pantalla principal del simulador desconectado.

Fuente: Programa Simulación Sentron PAC 3200.

Después se selecciona el idioma para desplegar los manuales del PAC 3200 y ejecutar el programa SENTRON powerconfig.

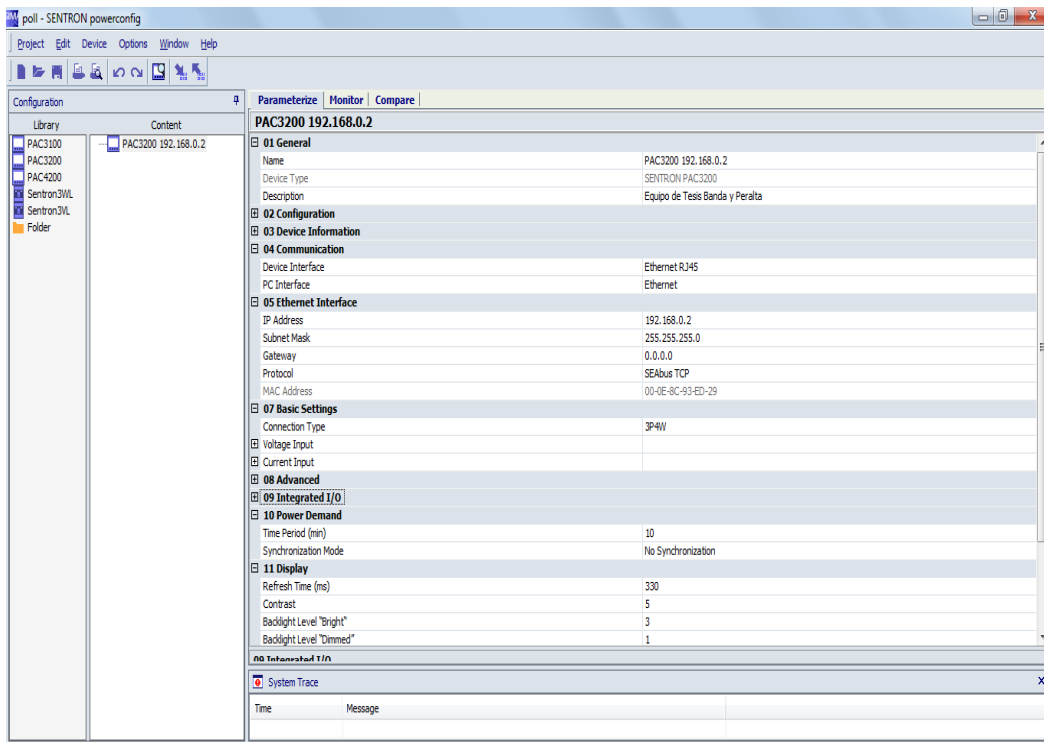


Figura 45: Ventana principal SENTRON powerconfig.

Fuente: Autor.

4.5 Conexión al PC.

Para la conexión punto a punto se debe utilizar un cable cruzado de Ethernet y conectarlo tal como lo muestra la figura 46.

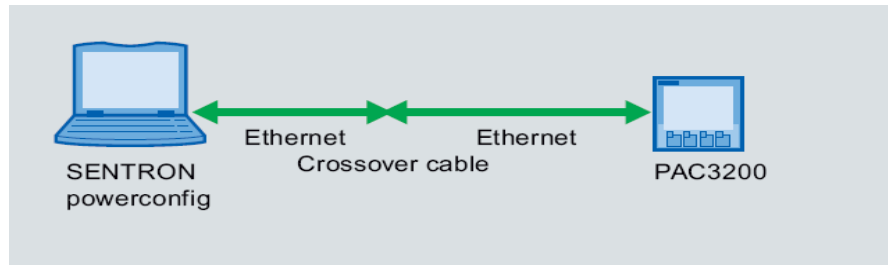


Figura 46: Conexión punto a punto.

Fuente: Manual Sentron PAC 320.

Siguiendo las instrucciones anteriores, ahora es posible visualizar el equipo PAC 3200 en el computador, en el simulador para que comience a funcionar haga clic en "Conectar". Si la configuración y la conexión están correctas, la ventana de presentación del programa de simulación se muestra de esta manera.

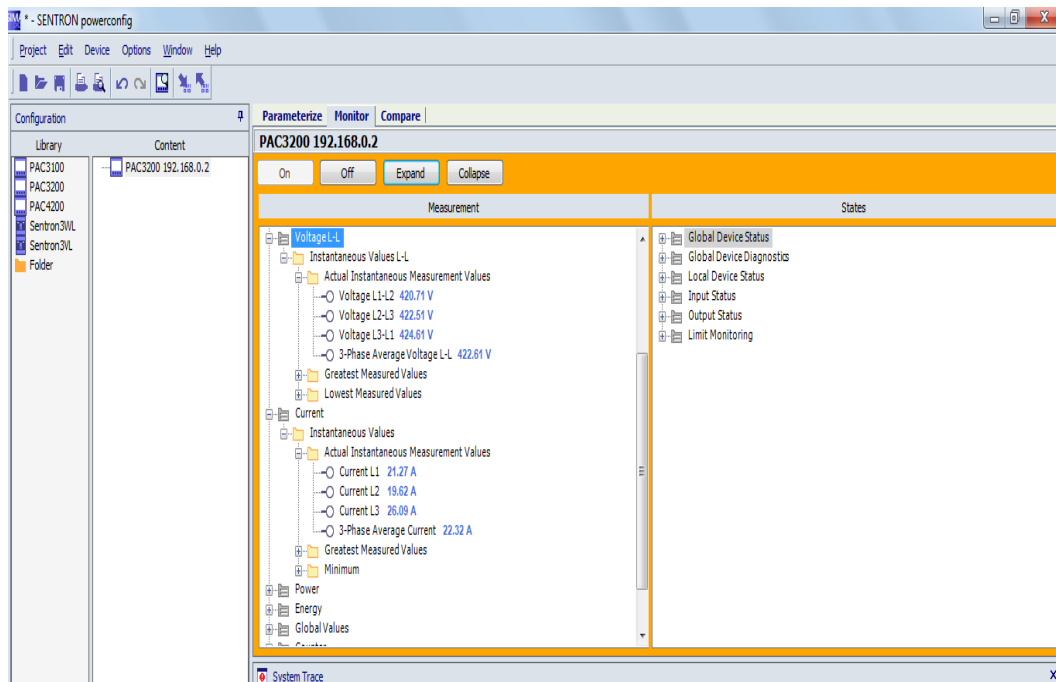


Figura 47: Visualización del software conectado al SENTRON PAC 3200.

Fuente: Autor.

Los datos que se observan en la pantalla del software de simulación del PAC 3200 son de voltaje, para visualizar las otras variables se debe dar clic sobre el botón apropiado.

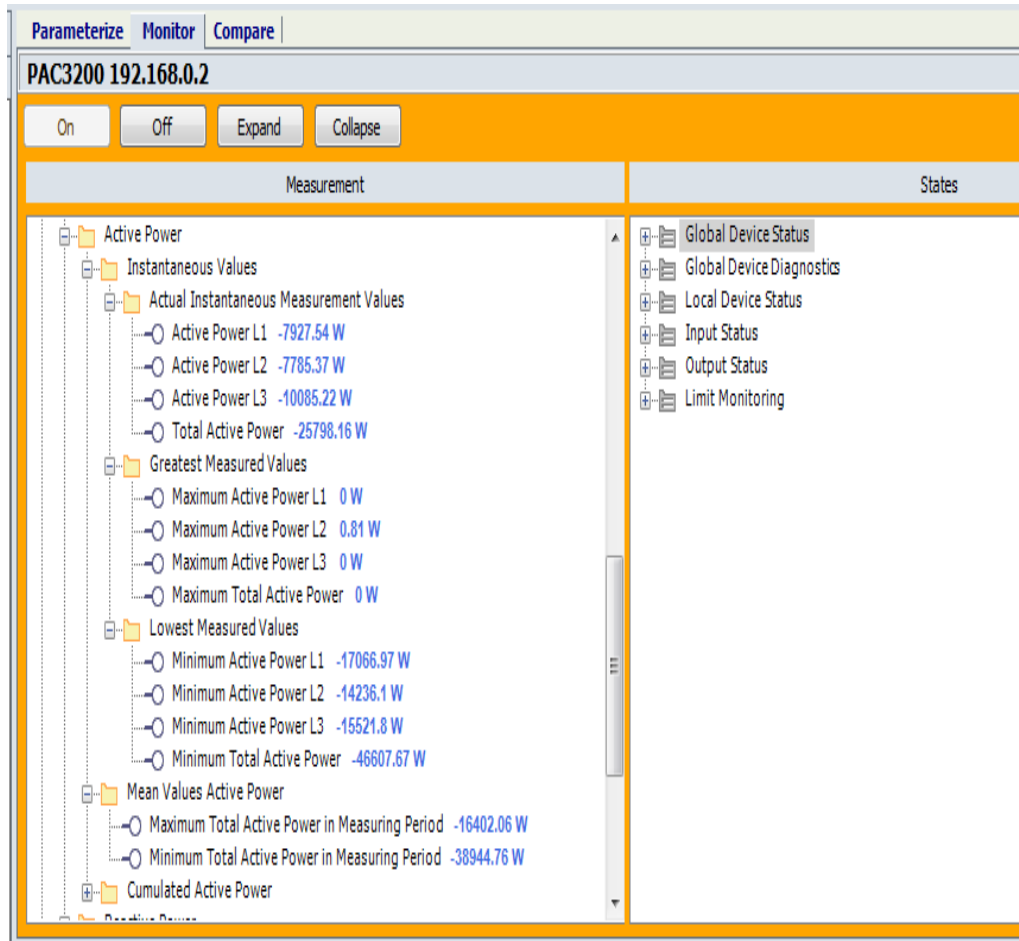


Figura 48: Diferentes variables del SENTRON powerconfig.

Fuente: Autor.

4.6. Ejecución del simulador PAC 3200 en la PC.

Una vez que el "Simulador PAC 3200" se ejecuta, la ventana principal se despliega de tal como lo muestra la figura 49:

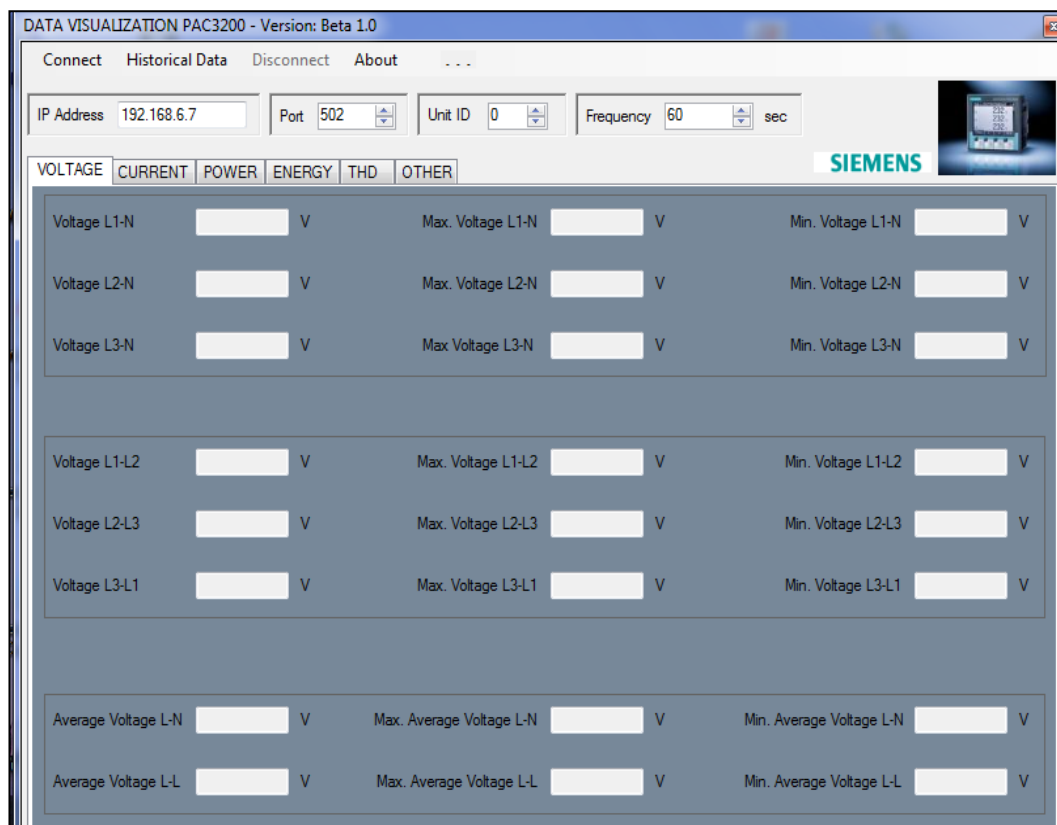


Figura 49: Pantalla principal del simulador desconectado.

Fuente: Programa Simulación Sentron PAC 3200.

Con el fin de establecer la configuración en la comunicación, los siguientes campos deben ser establecidos:

- **Dirección IP:** Es una identificación numérica (dirección lógica) que se asigna a los dispositivos que participan en la red de ordenadores que utilizan el protocolo de Internet. Tiene que ser un juego en el dispositivo de vigilancia PAC3200. Para conexiones punto a punto los primeros tres bytes de los PAC y las direcciones del PC debe ser por lo general idénticos (es decir PAC 198.162.6.7 y 198.162.6.8 PC).
- **Puerto:** identificador numérico de las estructuras de datos de los puntos finales para el host a host comunicaciones en el protocolo TCP. Puerto 502 se utiliza por defecto y debe trabajar para la mayoría de las conexiones.

- **ID de la unidad:** número de servidores necesarios para la identificación del telegrama Modbus TCP. La unidad ID es 1 por defecto y normalmente no debe ser cambiado.
- **Frecuencia:** tiempo de la muestra de datos. Predeterminado de fábrica es 1 segundo. Sin embargo, puede ser configurado para 3600 segundos, que puede ser útil para el seguimiento a largo plazo de datos históricos.

Siguiendo las instrucciones anteriores, ahora es posible visualizar el equipo PAC 3200 en el computador, en el simulador para que comience a funcionar haga clic en "Conectar".

4.7. Historial de datos.

Es conveniente guardar los datos medidos durante determinados períodos de tiempo (para fallas en la red de monitoreo, tales como caídas de tensión temporal).

Que se puede lograr utilizando la función de los datos históricos de PAC 3200 software de visualización de datos.

Antes de conectar el simulador al PC, se debe realizar la siguiente configuración para poder adquirir el histórico de datos, para ello se debe dar clic en el botón "Historical Data" del Programa de Simulación. (Figura 49).

En el siguiente cuadro de diálogo (figura 50), se puede establecer dónde, cómo y cuándo los datos históricos deben ser almacenados:

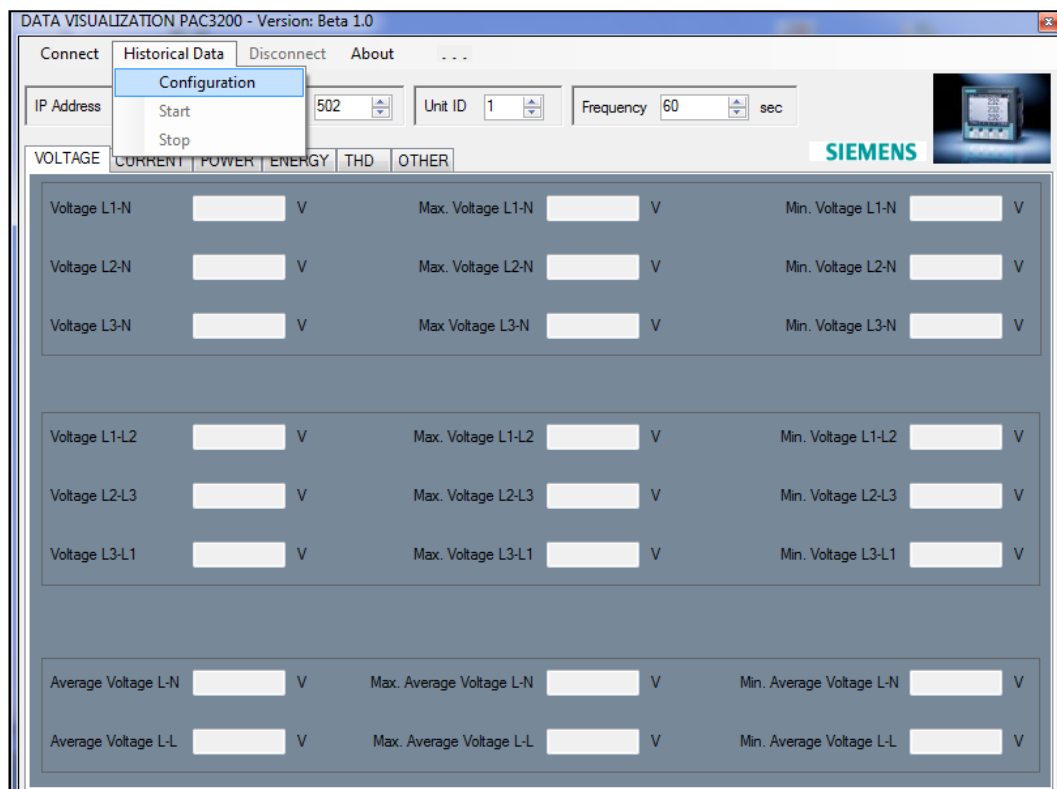


Figura 50: Configuración de grabación de datos históricos.

Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

Carpeta: Seleccionar el lugar de destino, en el que el archivo CSV se va a almacenar sea en el disco duro del computador o en una memoria externa.

Los datos monitoreados: Seleccionar la variable a controlar, más de una variable puede ser registrada en el mismo tiempo.

Tiempo sugerido de la muestra de datos: Es el periodo en el que las variables seleccionadas se registran. Este valor debe establecerse en función del tiempo de frecuencia seleccionada en la ventana principal. Para un mejor rendimiento los tiempos de muestra sugeridos se encuentran en el programa de simulación y debe seleccionar el tiempo con el que va a trabajar el operador del simulador.

Separador de listas: Es el separador de lista utilizado para dividir de un valor a otro en el archivo CSV. Para esta versión beta 1.0. (Figura 51)

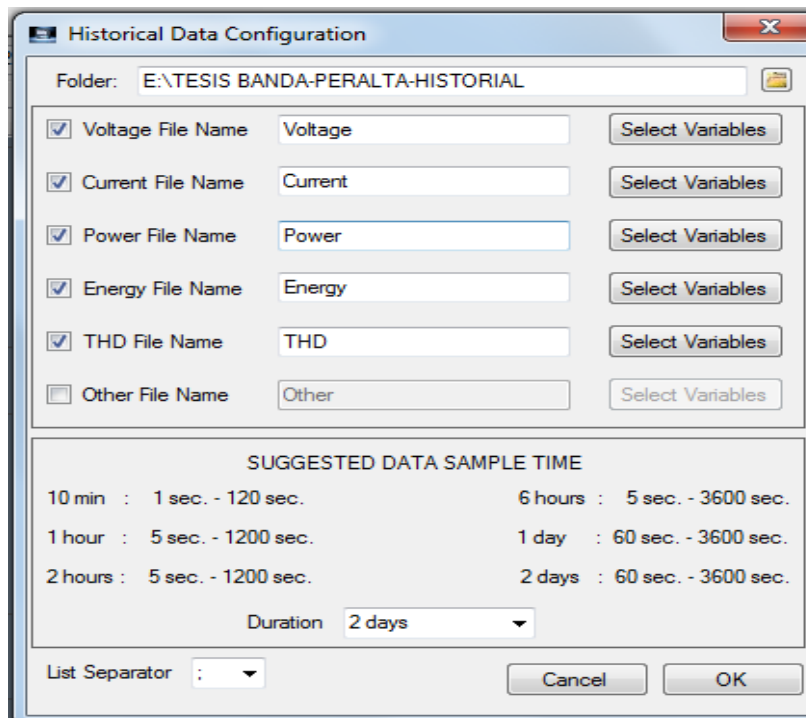


Figura 51: Configuración donde se almacenan datos.

Fuente: Autor.

Después de haber seleccionado la carpeta, el siguiente paso es definir la variable a controlar (es decir, en curso). (Figura 52)

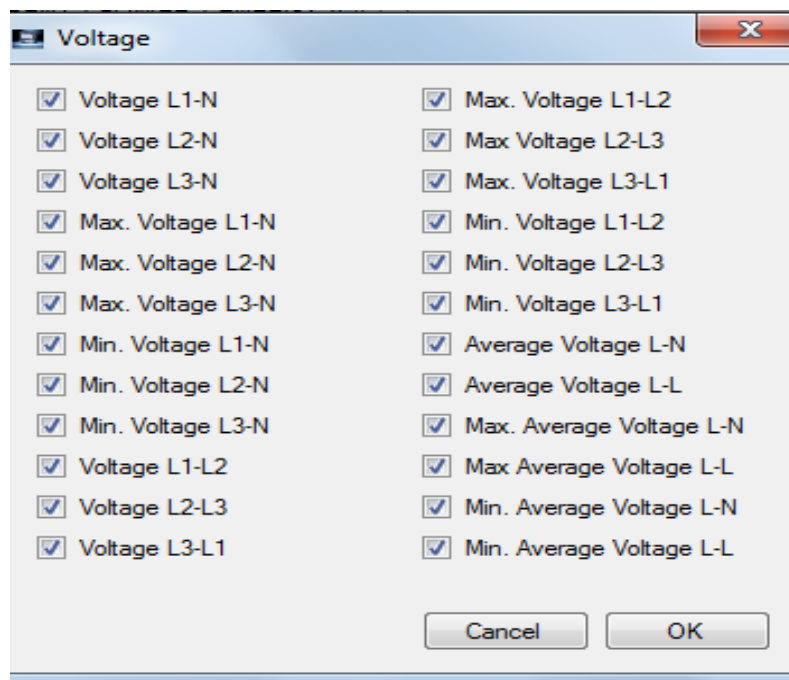


Figura 52: Variable a controlar.

Fuente: Autor.

En el programa de simulación, el cuadro de configuración posee una lista de tiempos que se encuentran establecidos de acuerdo a la frecuencia con la que quiera repetir la adquisición de datos automáticamente, seleccione una opción y haga clic sobre ella.

4.8. Grabación de datos.

Una vez que la grabación de los datos históricos se encuentra activa, hacer clic en "Conectar" en la ventana principal del simulador. La grabación de datos sólo se iniciará al hacer clic en el botón de datos históricos - > Iniciar (Start), como se presenta en la figura 53:

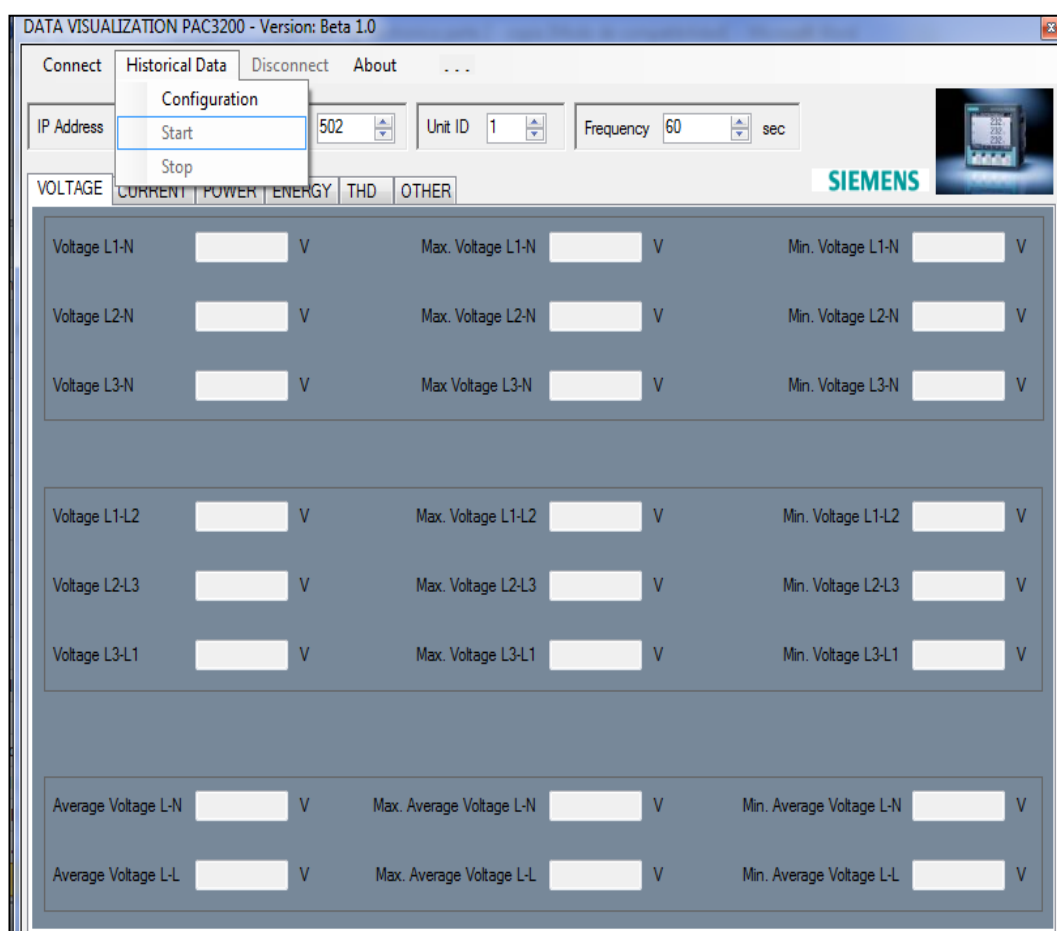


Figura 53: Iniciar grabación de datos.

Fuente: Autor.

Hay dos maneras de detener el registro de datos:

- Esperar hasta que el tiempo haya transcurrido en cualquier momento hacer clic en el botón de datos históricos.
- Detener (Stop).

Para este ejemplo, la frecuencia seleccionada fue de 1 segundo y el tiempo de muestreo de datos fue de 10 minutos. Esto significa que 600 valores de datos se han registrado, siempre y cuando se detenga automáticamente.

4.9. Utilizando archivos CVS.

El uso de software de hoja de cálculo estándar, como Microsoft Excel es posible graficar los datos registrados por la función de datos históricos sobre el software de visualización de datos. El primer paso es abrir el archivo de CVS creada por el software, como se muestra en la figura 54:

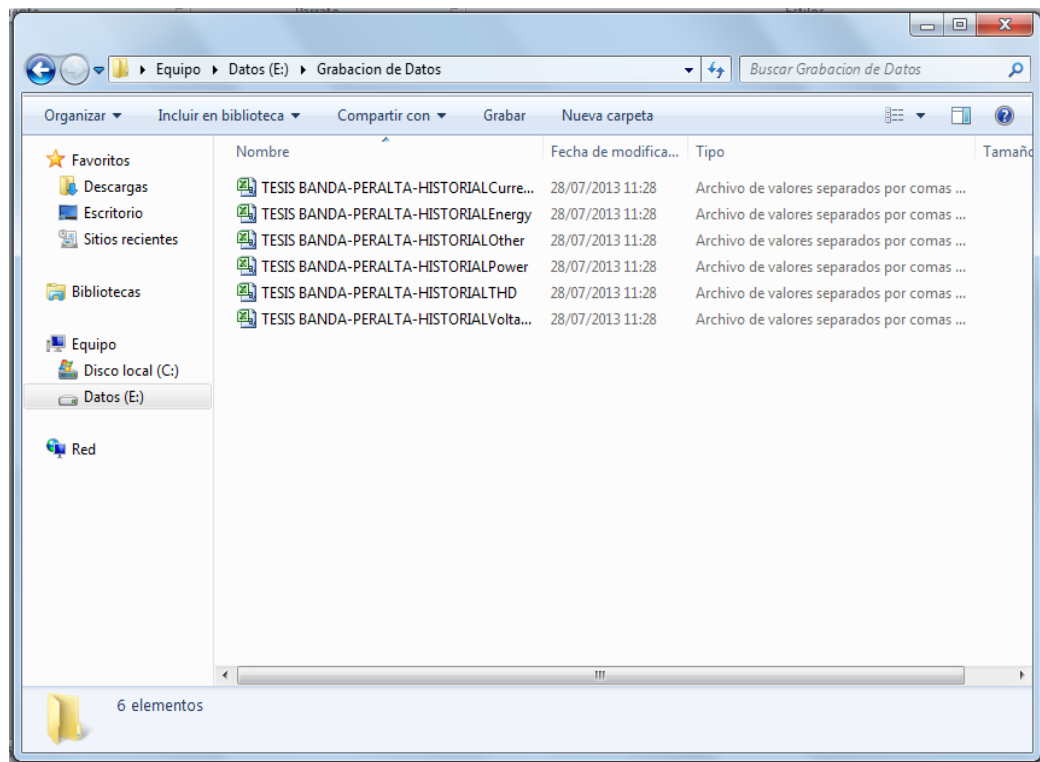
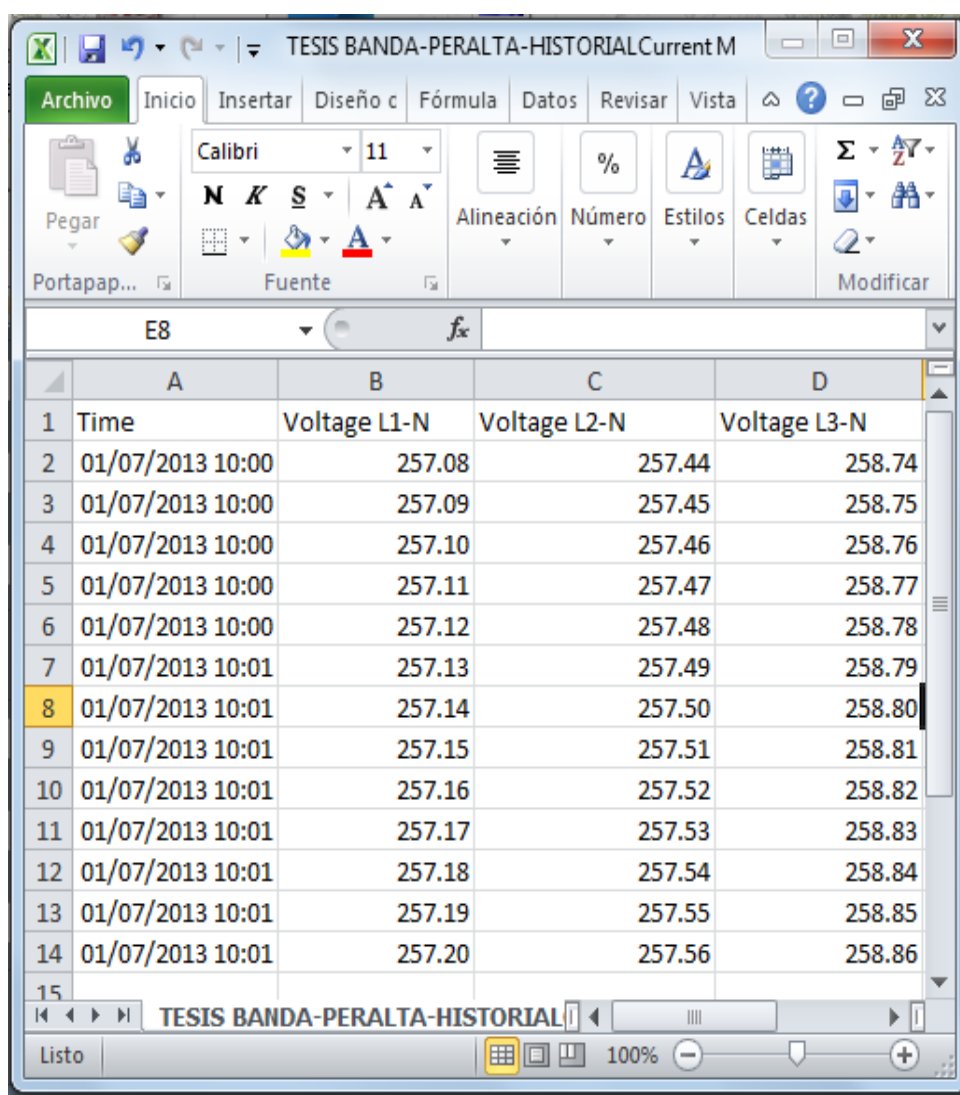


Figura 54: Apertura de datos CVS.

**Fuente: Manual Sentron PAC 3200.
Desarrollado por: Microsoft office.**

Una vez que se abre el archivo de datos se obtiene la imagen mostrada en la siguiente figura 55:



| | A | B | C | D |
|----|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | Time | Voltage L1-N | Voltage L2-N | Voltage L3-N |
| 2 | 01/07/2013 10:00 | 257.08 | 257.44 | 258.74 |
| 3 | 01/07/2013 10:00 | 257.09 | 257.45 | 258.75 |
| 4 | 01/07/2013 10:00 | 257.10 | 257.46 | 258.76 |
| 5 | 01/07/2013 10:00 | 257.11 | 257.47 | 258.77 |
| 6 | 01/07/2013 10:00 | 257.12 | 257.48 | 258.78 |
| 7 | 01/07/2013 10:01 | 257.13 | 257.49 | 258.79 |
| 8 | 01/07/2013 10:01 | 257.14 | 257.50 | 258.80 |
| 9 | 01/07/2013 10:01 | 257.15 | 257.51 | 258.81 |
| 10 | 01/07/2013 10:01 | 257.16 | 257.52 | 258.82 |
| 11 | 01/07/2013 10:01 | 257.17 | 257.53 | 258.83 |
| 12 | 01/07/2013 10:01 | 257.18 | 257.54 | 258.84 |
| 13 | 01/07/2013 10:01 | 257.19 | 257.55 | 258.85 |
| 14 | 01/07/2013 10:01 | 257.20 | 257.56 | 258.86 |
| 15 | | | | |

Figura 55: Datos importados.

**Fuente: Manual Sentron PAC 3200.
Desarrollado por: Microsoft office.**

Esta hoja de cálculo presenta los valores de las variables seleccionadas y que han sido adquiridos por el programa simulación, se encuentran guardados en el disco duro del computador, o en la memoria que se haya seleccionado para almacenar los datos, esta acción la realiza automáticamente el programa de simulación del PAC 3200.

4.10. Conexión de los Equipos en Rotativa U70.



Figura 56: Realizando conexión en Gráficos Nacionales S.A

Fuente: Autor.

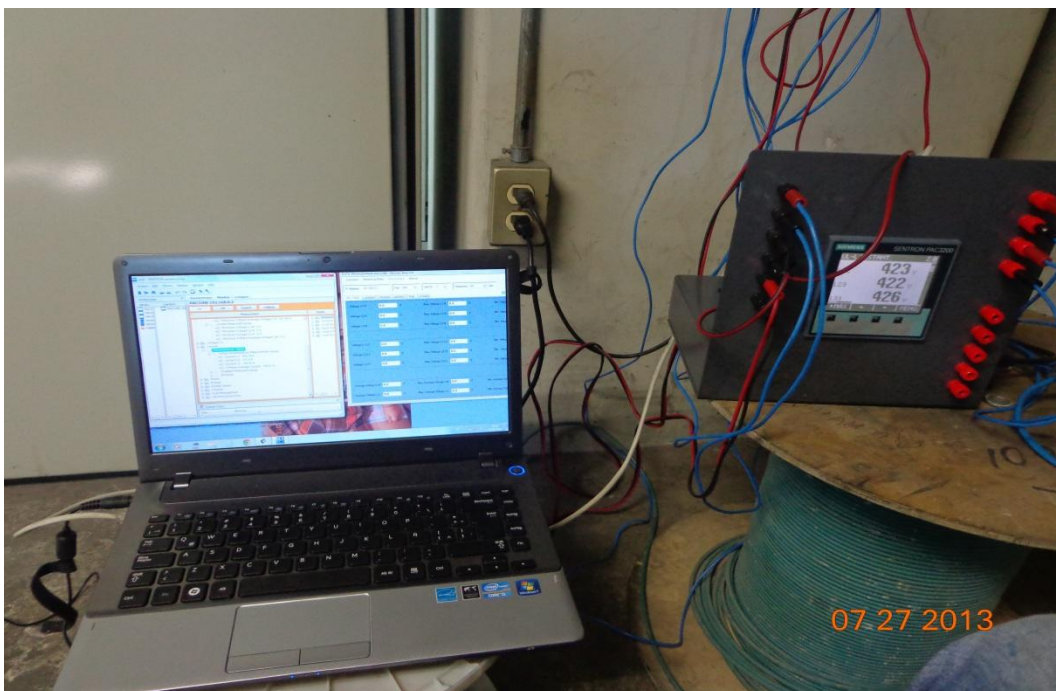


Figura 57: Mediciones en línea Gráficos Nacionales S.A.

Fuente: Autor.

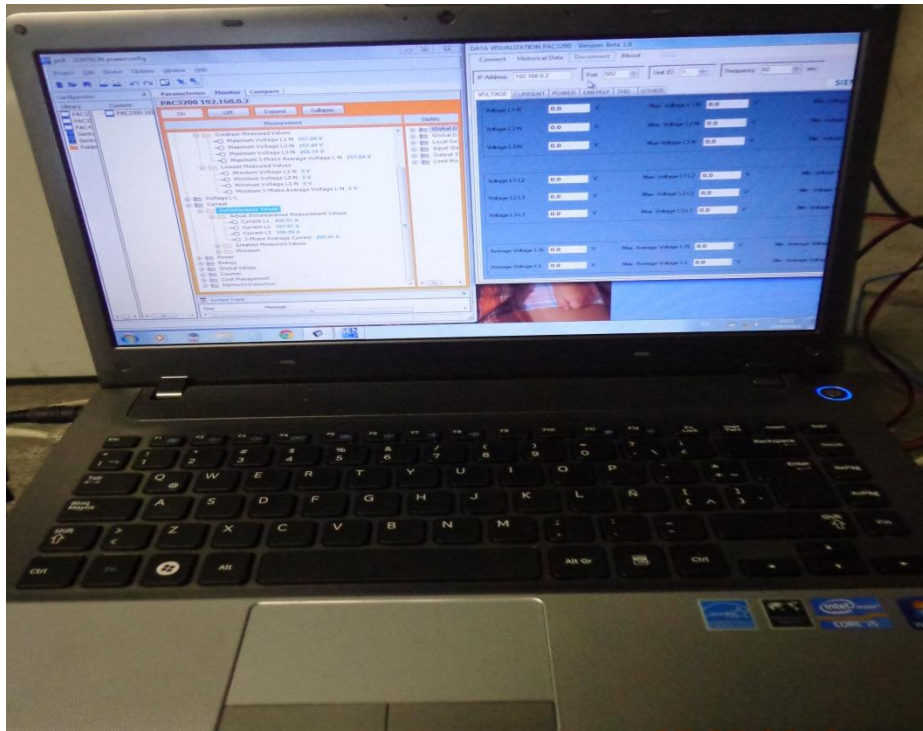


Figura 58: PC indicando mediciones en línea Gráficos Nacionales S.A.

Fuente: Autor.

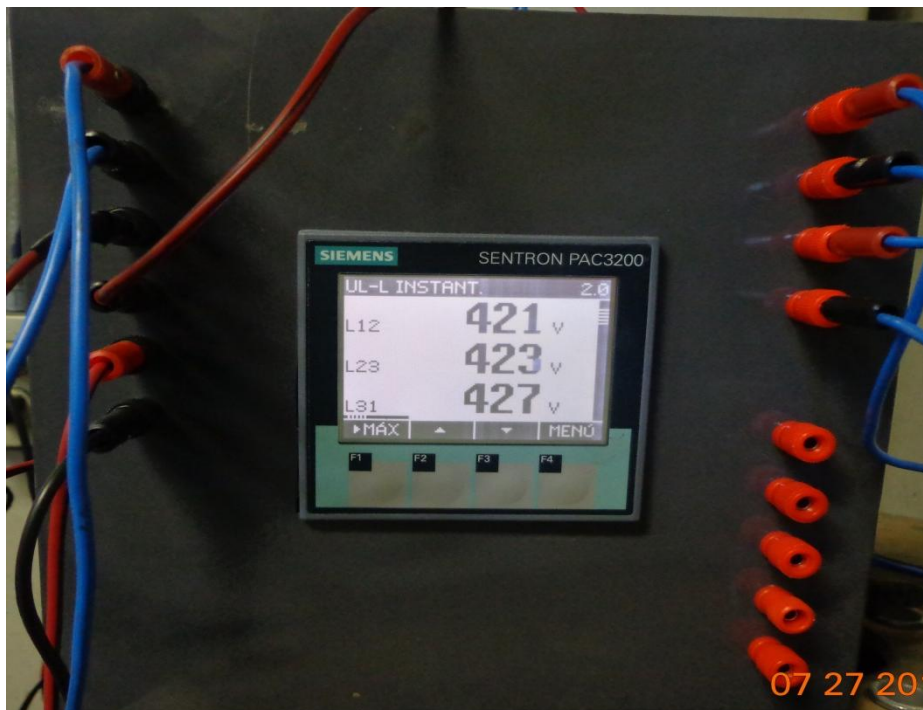


Figura 59: SENTRON PAC 3200 indicando mediciones en línea.

Fuente: Autor.

CONCLUSIONES.

- Se adquirió información importante y necesaria para el estudio de un sistema de supervisión y control de la energía eléctrica, además se ha desarrollado temas como la calidad de energía y la importancia del monitoreo constante de los consumos eléctricos, esto asociado con la idea de dar un mejor uso a la energía logrando a su vez obtener energía eléctrica de calidad, además con esto a la vez se disminuye la contaminación pues los recursos energéticos serán siempre parte fundamental en el tema de contaminación por energía no aprovechada del consumidor
- De las lecturas de la calidad de energía hechas a la rotativa durante producción se obtiene que la Distorsión Armónica Total de la corriente (THDI) esta en el orden del 70%, mientras que la distorsión Armónica Total de Voltaje (THDV) es del 6.3%. La Rotativa U70 de GRANASA tiene cinco motores de 150HP (una carga de 560KW en total) por lo cual se puede afirmar que los convertidores DC de estos motores son la principal fuente de armónicos de la Planta.
- Al concluir este trabajo de tesis se han alcanzado los objetivos planteados para este tipo de diseño didactico. Para esto se buscó información sobre el funcionamiento óptimo del equipo SENTRON PAC 3200 siendo esta una herramienta industrial de fácil uso y aprendizaje para el alumnado de la facultad técnica de la FET-UCSG, cumpliendo así nuestro principal objetivo el cual es mejorar las practicas estudiantiles que se realicen en la materia sistemas de medición.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda tener conocimientos básicos de informática y programación debido a que el SENTRON PAC 3200 cuenta con una amplia gama de usos y aplicaciones, las cuales serán aplicadas y aprovechada si se conoce el aspecto antes mencionado.
- Se debe tener en cuenta que el SENTRON PAC 3200 es un dispositivo electrónico de nueva generación por lo que se recomienda no exponerlo a condiciones climáticas adversas a las especificadas por el fabricante Siemens.
- El uso del SENTRON PAC 3200 es únicamente para medición de corriente alterna, el dispositivo no es apto para la medición de corriente continua.
- Al tener un equipo de medición este a su vez mejora la confiabilidad de su sistema eléctrico, disminuye las paradas de producción no programadas y la pérdida de energía, incrementar la vida útil de sus equipos y reduce los costos de mantenimiento correctivo.
- Las oscilaciones repentinas de temperatura pueden provocar condensaciones. La condensación puede influir en la capacidad de funcionamiento del dispositivo. Almacene el dispositivo durante al menos 2 horas en el lugar de servicio antes de proceder a su montaje. para equilibrar la temperatura y evitar la formación de humedad y condensación.

GLOSARIO.

- **MÁQUINAS DE IMPRESIÓN OFFSET.**

La impresión offset es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre una plancha metálica, compuesta generalmente de una aleación de aluminio.

- **CIAN. (COLOR)**

Es un color azul saturado, de tonalidad media, también llamado aciano.

- **MAGENTA. (COLOR)**

Magenta es un color rojo púrpura, también llamado fucsia.

- **HIDRÓFUGAS.**

Que repelan la humedad o las filtraciones de agua.

- **POWER QUALITY.**

La calidad del suministro de energía eléctrica se puede considerar como la combinación de la disponibilidad del suministro de energía eléctrica, junto con la calidad de la tensión y de la corriente suministradas, entendiéndose la falta de calidad como la desviación de esas magnitudes de su forma ideal, por lo que, cualquier desviación se considera como una perturbación o como una pérdida en su calidad.

- **ARMÓNICOS.**

Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

- **BARRAS DE SALIDA.**

Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.

- **FACTOR DE POTENCIA.**

Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

- **NIVELES DE VOLTAJE.**

Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

- **PERIODO DE MEDICIÓN.**

A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.

- **PERTURBACIÓN RÁPIDA DE VOLTAJE (FLICKER).**

Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto “Flicker” (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

- **VOLTAJE ARMÓNICO.**

Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.

- **VOLTAJE NOMINAL (VN).**

Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

- **VOLTAJE DE SUMINISTRO (VS)**

Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

- **BUS.**

Vía de transmisión común a la que están conectadas todas las estaciones del bus. Tiene dos extremos definidos. En el PROFIBUS, el bus consiste en un cable de par trenzado o en un cable de fibra óptica.

- **DIRECCIÓN PROFIBUS.**

Cada estación en bus recibe una dirección PROFIBUS unívoca. Mediante esta dirección se identifica la estación en bus en PROFIBUS. El módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP se suministra con la dirección 126 ajustada. Se admiten las direcciones 1 a 126.

- **PROFIBUS.**

PROCESS FIELD BUS, norma europea para el bus de campo y de proceso que está definida en la norma PROFIBUS EN 50170, volumen 2 PROFIBUS. Prescribe las características funcionales, eléctricas y mecánicas de un sistema de bus de campo serial.

PROFIBUS es un sistema de bus que interconecta aparatos de campo y sistemas de automatización compatibles con PROFIBUS a nivel celular y de campo.

ABREVIATURAS.

| | |
|------------------|--|
| HP.- | Horsepower: español Caballo de Fuerza. |
| LCD.- | Liquid Crystal Display: español: Pantalla de Cristal Líquido. |
| CTP.- | Computer to plate: español: directo a plancha. |
| EPRI.- | Electric Power Research Institute: español: Instituto de Investigación de Energía Eléctrica. |
| CEL.- | Calidad de Energía Eléctrica. |
| PDF.- | Portable Document Format: español: Formato de Documento Portátil. |
| IEC.- | Comisión Electrotécnica Internacional. |
| IEE.- | Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. |
| EPRI. - | Electric Power Research Institute. |
| CONELEC.- | Concejo Nacional De Electricidad. |
| MV.- | Medio Voltaje. |
| TEM.- | Transitorios electromagnéticos. |
| VTCD.- | Variaciones de tensión de corta duración. |
| VTLD.- | Variaciones de tensión de larga duración. |
| DT.- | Desbalance de tensión. |
| DFS.- | Distorsión de la forma de la señal. |
| FT.- | Fluctuaciones de tensión. |
| VFI.- | Variación de la frecuencia industrial. |
| HVDC.- | Transmisión de corriente continua en alta tensión. |
| NEC.- | Norma Ecuatoriana De la Construcción. |
| UPS.- | Uninterrupted Power System: español: Sistema de Alimentación Interrumpida. |

- THD-R.** - THD relative.
- PAC.** - Power Analysis & Control.
- THD.**- Total Harmonic Distortion; español: Distorsión armónica total.
- IP.** - International Protection.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Proyecto para Ahorro de Energía (PAE) del Ministerio de Energía y Minas (MEM), “*Programa de Ahorro de Energía-Ministerio de Energía y Minas. Manual de Eficiencia Energética*”. Pag: 198-257, 1999
- Internacional, G. (2012). Goss Internacional. Recuperado el 2013, de <http://www.gossinternational.com/es/>
- SIEMENS/SIMATIC HMI (Número de referencia 6AV6691-1DA01-0AEO) Edición 03/2004.
- Construcción, Norma Ecuatoriana de la. 2011. Eficiencia Energética en la Construcción en E (Internacional, 2012) Ecuador. [En línea] 06 de Abril de 2011. [Citado el: 01 de Julio de 2013.]
- Horacio Torres-Sanchez, E. E.-L. (2011). *Calidad De Energía Eléctrica*. Cali: EAE. (Harper, 2044)
- Harper, E. (2044). *Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas*. México: Grupo Noriega Editores.
- Step 7 Software, “*Catalogs on CD*”, December 2008”.
- Siemens (2010). Soluciones de red para Profibus. Sitio Web: <http://www.siemens.com/mcms/infocente>.
- García, A. Alabern, X. (2005). *Instalaciones Eléctricas*. Uoc, Marcombo ediciones técnicas.
- Mangosio, J. (2008). *Fundamento de higiene y seguridad en el trabajo*.
- Olade. (2011). *Manual de estadísticas energéticas*.
- PAC3200 Software Manual V1.pdf
- Manual Módulo Profibus DP - PAC3200 (español).pdf

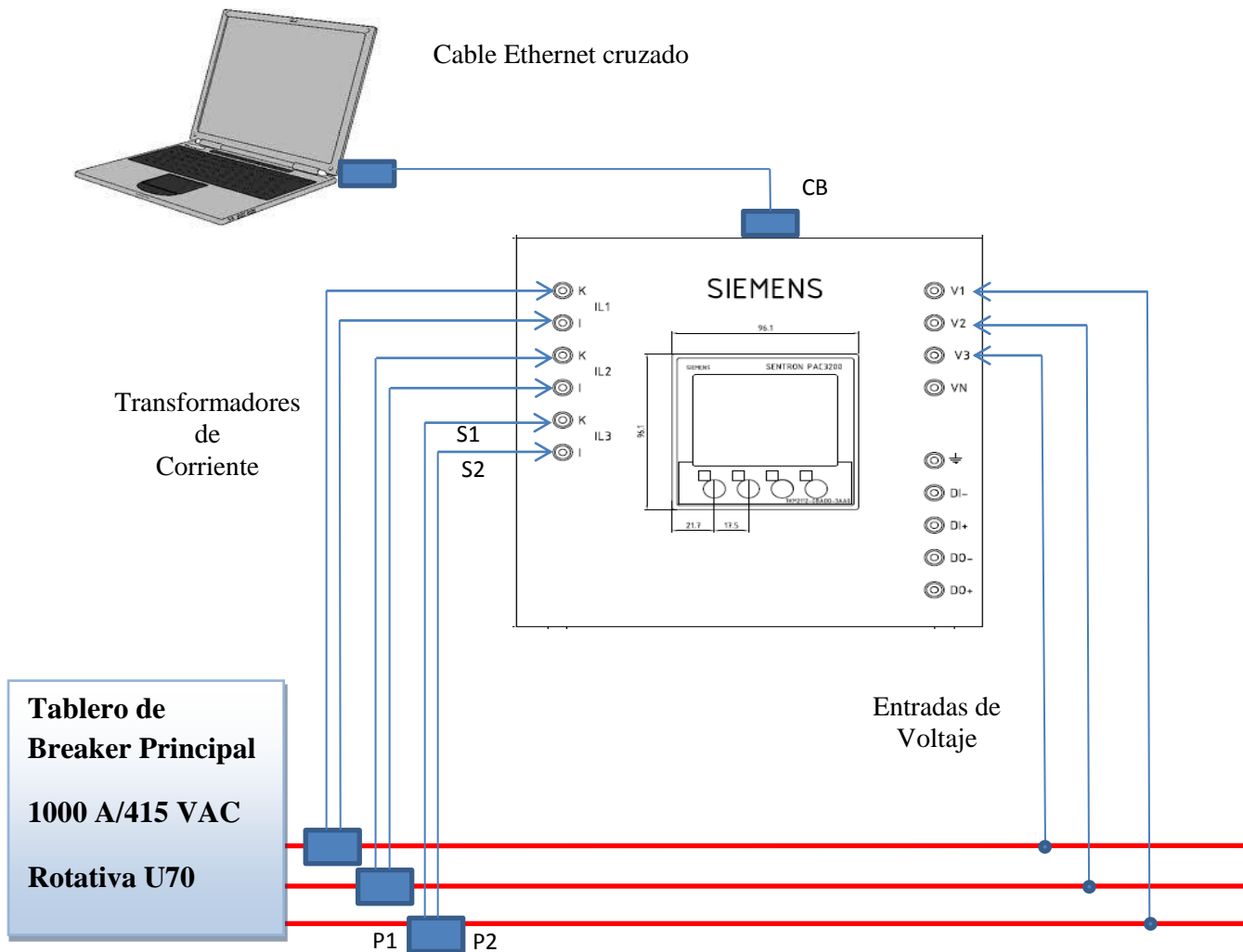
- SIEMENS, “sensores industriales”. <http://www.siemens.com/automation>, 25/06/2009,
- Marroyo, Sanchis, Gubia, Luis, Pablo, Eugenio. (2004). *Generadores Eléctricos Ulzama*.

REFERENCIAS EN INTERNET.

- <http://twenergy.com/energia-curiosidades/que-es-la-eficiencia-energetica-39> Eficiencia energética
- <http://www.reinmedical.com> IP/65
- http://www.laprovincia.es/especiales/centenario/articulos/extras/imprime-periodico-13_10139.html
- http://www.editoressrl.com.ar/revistas/ie/252/medicion_y_control_eficiente_de_la_energia_electrica CARACTERISTICA PAC.
- <http://www.teksar.com.mx/servicios/calidad-energia.html> pág. 13
- <http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/>
- <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/822/1/CD-1196.pdf> sistema eléctrico (7-8)

ANEXO

Diagrama de la conexión eléctrica del PAC 3200 en el Tablero de Breaker Principal de 415VAC y visualizado en el monitor de un computador.



- V1: Voltaje de entrada 1
- V2: Voltaje de entrada 2
- V3: Voltaje de entrada 3
- K1/K2/K3: Entrada corriente S1
- I1/I2/I3: Salida de corriente S2
- IL1/IL2/IL3: Corriente en la línea 1/2/3
- CB: Cable Ethernet
- P1: Entrada del cable al transformador de corriente
- P2: Salida del cable del transformador de corriente