



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICO
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA GERENCIAL PARA LA ADMINISTRACIÓN Y EL
MANEJO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMPRESAS INDUSTRIALES
USANDO EL SENTRON PAC 3200 DEL LABORATORIO”**

Previa la obtención del Título:

INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

ELABORADO POR:

GEOVANNY ALBERTO LÓPEZ YUBAILLE

BYRON JOSÉ MOSCOSO ORDOÑEZ

GUAYAQUIL, DICIEMBRE 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Señores **Geovanny Alberto López Yubaille** y **Byron José Moscoso Ordoñez** como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA.

Guayaquil, Diciembre de 2012

DIRECTOR

ING. JUDITH GALVEZ SOTO

REVISOR POR

ING. EDUARDO ZAMBRANO ROBAYO

ING. RAFAEL HIDALGO AGUILAR

RESPONSABLE ACADÉMICO

ING. MIGUEL HERAS SÁNCHEZ



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

AUTORIZACIÓN

Geovanny Alberto Lopez Yubaille y Byron José Moscoso Ordoñez

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución de la Tesis de Grado titulada: “Diseño de un Sistema Gerencial para la Administración y el manejo de la energía eléctrica de empresas industriales usando el Sentron PAC 3200 del Laboratorio”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Diciembre del año 2012

LOS AUTORES

Sr. Geovanny Alberto López Yubaille

Sr. Byron José Moscoso Ordoñez



DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Geovanny Alberto López Yubaille y Byron José Moscoso Ordoñez

DECLARAMOS QUE:

La tesis de “Diseño de un Sistema Gerencial para la Administración y el manejo de la energía eléctrica de empresas industriales usando el Sentron PAC 3200 del Laboratorio”, previa a la obtención del grado Académico de Ingeniero Eléctrico-Mecánico en Gestión Empresarial Industrial, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis del Grado Académico en mención.

Guayaquil, Diciembre del año 2012

LOS AUTORES

Sr. Geovanny Alberto López Yubaille

Sr. Byron José Moscoso Ordoñez



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los señores Geovanny Alberto López Yubaille y Byron José Moscoso Ordoñez como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Ingeniero Eléctrico-Mecánico en Gestión Empresarial Industrial.

PRESENTADO POR:

GEOVANNY LOPEZ YUBAILLE

BYRON MOSCOSO ORDOÑEZ

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Judith María Gálvez Soto

Guayaquil, Diciembre del año 2012

AGRADECIMIENTOS

Es un orgullo y una gran felicidad para mi saber que hoy lograre uno de mis sueños más grandes, que el esfuerzo que hice cada año al fin tendrá una recompensa. En este largo trayecto he conocido gente maravillosa con la que hemos pasado buenos momentos juntos y de quienes he aprendido cosas valiosas. Agradezco a mis padres, a todos mis compañeros y a mis maestros a quienes ahora además considero mis amigos.

Gracias Dios por haberme ayudado durante estos años, el sacrificio fue grande pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo, este triunfo también es tuyo mi Dios

Geovanny Alberto López Yubaille

Terminamos de estudiar la carrera que tanto deseábamos y ahora es momento de mirar hacia delante y con la seguridad de saber que estamos preparados para el mundo de hoy el futuro se observa con esperanza e ilusión. Todo esto ha sido posible gracias al trabajo hecho por nuestro maestros y al gran compañerismo que existe entre lo que pertenecen a esta graduación. Les agradezco sinceramente a todos los que compartieron momentos conmigo durante estos años, a mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica.

Oh mi Dios, te agradezco con toda el alma el haber estado conmigo todo este tiempo, por haberme protegido de los peligros de la vida, por cuidar a mi familia y por hacer que hoy pueda cumplir uno de mis más grandes sueños, el graduarme de la universidad.

Byron Moscoso Ordoñez

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis demás familiares Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Y a mis catedráticos que impartieron todo su conocimiento en mí.

Geovanny Alberto López Yubaille

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. Y a mis maestros que compartieron todo sus conocimientos.

Byron José Moscoso Ordoñez

RESUMEN

La gestión de la energía eléctrica en una empresa industrial es de suma importancia ya que permite el uso racional de este recurso, nuestro programa presenta el diseño e implementación de un sistema de medición a través de un conjunto de SentronPac 3200 para las adquisición de las medidas eléctricas para controlar y optimizar los procesos de gestión de energía eléctrica.

Este sistema consiste, fundamentalmente, en una aplicación servidor con una interfaz gráfica que permite al usuario monitorizar y controlar de forma manual y automática el consumo de cargas eléctricas como sistemas computacionales, iluminación, maquinas, tableros de distribución. Además, por medio de un conjunto de aplicaciones web, en forma alternativa se pueden realizar las funciones de monitorización y control manual desde cualquier dispositivo móvil o de escritorio con capacidad de visualizar páginas web.

El control del consumo se realiza por medio de la conexión y desconexión de cargas eléctricas, así como el apagado y encendido de ciertos sistemas electrónicos. Esto se realiza de forma remota, desde la aplicación servidor, por medio de una red de datos para la integración en el control de los sistemas electrónicos.

Palabras Clave: *Gestión de energía, sistema eléctricos, aplicación servidor, SentronPac 3200, Software Sentron powermanager.*

ABSTRACT

Managing electricity in an industrial enterprise is very important because it allows the rational use of this resource, our program presents the design and implementation of a measurement system through a set of SENTRON PAC 3200 for the acquisition of electrical measurements to control and optimize the management of electrical energy.

This system is basically a server application with a graphical interface that allows the user to monitor and manually control and automatic electric consumption charges as computer systems, lighting, machinery, distribution panels. In addition, through a set of web applications, alternatively you can perform the functions of monitoring and manual control from any desktop or mobile device capable of displaying web pages.

The consumption control performed by the connection and disconnection of electrical loads and the ignition off and some electronic systems. This is done remotely from the application server, through a data network for integration into the control electronics.

Keywords: *Energy management, electrical system, application server, Sentron PAC 3200, Software Sentron powermanager.*

INDICE GENERAL:

Introducción.....	1
CAPÍTULO 1 EL PROBLEMA	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Ubicación del problema en un contexto	2
1.3 Situación conflicto	2
1.4 Causas y consecuencias del Problema	3
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo general	3
1.5.2 Objetivos Específicos	3
1.6 Justificación e importancia	4
1.6.1 Utilidad práctica de la investigación	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes del estudio	5
2.2 SENTRON Powermanager	8
2.2.1 Resumen de beneficio	9
2.2.2 Funciones de software	9
2.2.3 Arquitectura del Sistema	10
2.2.4 Calidad de la Energía Eléctrica	11
2.2.5 Perturbaciones	12
2.2.6 Variaciones de Frecuencia	13

2.2.7	Variaciones Lentas de Tensión	14
2.2.8	Variaciones Rápidas de Tensión	14
2.2.9	Huecos de Tensión (Dips, Sags)	15
2.2.10	Subidas de Tensión (Surges, Swells)	16
2.2.11	Fluctuaciones de Tensión y Flicker	16
2.2.12	Sobretensiones Transitorias	17
2.2.13	Desequilibrios (Imbalance)	19
2.2.14	Armónicos. Distorsión Armónica	19
2.2.15	Clasificación de los Armónicos	20
2.2.16	Medición de los Armónicos	22
2.2.17	Origen de los Armónicos	22
2.2.18	Tensión Neutro – Tierra	24
2.3	Multímetro Sentron PAC 3200 Siemens	25
2.4	Software Powerconfig Siemens	26
2.5	Gestión de la Energía	27
2.6	Profibus	27
2.6.1	Versiones de Profibus	30
2.7	Conexiones Físicas	31
2.8	Comunicaciones	31
2.9	Características:	32
2.10	Terminadores de bus	33

2.11	Profibus DP	33
2.12	Funciones básicas	35
2.13	Acceso al bus:	35
2.14	Comunicación:	35
2.15	Estados de operación:	36
2.16	Sincronización:	36
2.17	Funciones:	36
	2.17.1 Funciones de protección:	37
2.18	Tipos de dispositivos:	37
2.19	Características Generales	37
	2.19.1 Velocidad	38
2.20	Configuración del sistema	39
2.21	Interfaz Ethernet	41
	2.21.1 Historia de Ethernet	41
	2.21.2 Tecnología Ethernet	45
	2.21.3 La capa física	46
	2.21.4 Pasivos:	46
	2.21.5 Activos:	46
2.22	Arquitectura (estructura lógica)	47
2.23	Principios de Operación de Ethernet	47
2.24	Direccionamiento de Ethernet	48

2.25	Tiempos de Señales de Interfaces Ethernet	50
2.26	Componentes de Ethernet a 10 Mb/s	50
2.27	Topologías Ethernet	51
2.28	Topología Bus	51
2.29	Topología Estrella	52
2.30	Interruptores automáticos	53
	2.30.1 Características	53
	2.30.2 Tipos	54
	2.30.3 Dispositivo térmico	55
	2.30.4 Dispositivo magnético	56
	CAPÍTULO 3 METODOLOGIA	58
3.1	Diseño de la investigación	58
3.2	Tipo de la investigación	58
3.3	Recolección de la información	59
	CAPÍTULO 4 DESARROLLO DEL SISTEMA GERENCIAL	60
4.1	Implementación de un Sistema	60

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

Fig. 2.4.1	Arquitectura del Sistema	10
Fig. 2.10.1	Hueco en un sistema trifásico	15
Fig. 2.12.1	Hueco en un sistema trifásico	17
Fig. 2.13.1	Sobretensiones	19
Fig. 2.19.1	Registro de un hueco de tensión	23
Fig. 2.22.1	Programa PowerConfig SW	27
Fig 2.32.1	Tiempos del ciclo del bus	39
Fig 2.33.1	Sistema Monomaestro	40
Fig. 2.40.1	Direccionamiento de red	49

CAPITULO 4

Fig 4.1.1	Diagrama del diseño del diseño gerencial	60
Fig 4.1.2	Sentron Pac3200	61
Fig 4.1.3	Placa de Motor	61
Fig 4.1.4	Instalación de TC	62
Fig 4.1.5	Instalación de TC	62
Fig 4.1.6	Conexion de TC con Sentron Pac 3200	63
Fig 4.1.7	Conexion de TC con Sentron Pac 3200	63
Fig. 4.1.8	Conexión de TC con Sentron Pac 3200	64
Fig. 4.1.9	Programación de Sentron Pac 3200	64
Fig. 4.1.10	Arranque de motor para medir corriente	65

Fig 4.1.11 Medición de corriente con Sentron Pac 3200	65
Fig 4.1.12 Medición de voltaje de línea a línea con Sentron Pac 3200	66
Fig 4.1.13 Medición de voltaje de línea a neutro con Sentron Pac 3200	66
Fig 4.1.14 Medición de corriente de arranque del motor	67
Fig 4.1.15 Medición de potencia activa del motor	67
Fig 4.1.16 Medición de potencia reactiva del motor	68
Fig. 4.1.17 Medición de sumatorias de potencia del motor	68
Fig. 4.1.18 Medición del FP por línea del motor con Sentron Pac 3200	69
Fig. 4.1.19 Medición del FP Total del motor con Sentron Pac 3200	69
Fig. 4.1.20 Medición de la frecuencia del motor con Sentron Pac 3200	70
Fig. 4.1.21 Conexión de equipos	70
Fig. 4.1.22 Estudiante programando el sistema	71
Fig. 4.1.23 Configuración de IP	71
Fig. 4.1.24 Configuración de variables eléctricas	72
Fig. 4.1.25 Configuración ajustes avanzada	73
Fig. 4.1.26 Medición de variables eléctricas	73
Fig. 4.1.27 Medición de variables eléctricas de energía	74
Fig. 4.1.28 Información del Sentron Pac 3200	74
Fig. 4.1.29 Valores Seleccionados	75
Fig. 4.1.30 Valores de Corriente	75
Fig. 4.1.31 Valores de Potencia	76

Fig. 4.1.32 Valores de THD	77
Fig. 4.1.33 Valores de Energía	77
Fig. 4.1.34 Tendencias	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	

Anexos I Manual de operación SentronPac3200 SIEMENS 84

Anexos II Manual de SENTRON POWERMANAGER

INTRODUCCIÓN

En la actualidad no existe un concepto unificado sobre calidad de la energía a nivel mundial. Muchas organizaciones le han dado interpretaciones. Para definir la Calidad de la energía primero debemos comenzar con el nivel superior que es la calidad de servicio eléctrico. Esta es la totalidad de las características técnicas y administrativas relacionadas a la distribución, transmisión y generación de la energía eléctrica que le otorgan su aptitud para satisfacer las necesidades de los usuarios.

La buena calidad de la energía no es fácil de obtener ni de definir, porque su medida depende de las necesidades del equipo que se está alimentado; una calidad de energía que es buena para el motor de un refrigerador puede no ser suficientemente buena para una computadora personal. Por ejemplo, una salida o interrupción momentánea no causará un efecto considerable en motores y cargas de alumbrado, pero sí puede causar mayores problemas a relojes digitales o computadoras.

El uso ascendente de dispositivos electrónicos y equipos digitales en aplicaciones domésticas e industriales se ha estado incrementado dramáticamente en los últimos años y estos dispositivos han sido los culpables y víctimas simultáneamente de la degradación de la Calidad de energía eléctrica.

El concepto de Calidad de la energía eléctrica no es absoluto debido a que depende de las necesidades del usuario. Un alto nivel de Calidad de la energía eléctrica generalmente se puede entender como un bajo nivel de Perturbaciones.

CAPITULO 1 – EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema:

¿Ante la mala administración de la energía eléctrica de las diferentes empresas industriales es necesario buscar una solución para lograr administrar de forma adecuada y eficaz el consumo eléctrico?

1.2 Ubicación del Problema en un contexto

Surge la necesidad de diseñar un sistema gerencial en la Universidad Católica que nos permita monitorear el consumo eléctrico y sus variables a través de una interface que recopile esta información y la almacene de tal forma que pueda ser visualizada en cualquier momento para realizar un estudio del consumo eléctrico durante un periodo determinado.

1.3 Situación Conflicto

El sistema para la administración de la energía deberá utilizar el Sentron PAC3200 para obtener las lecturas de las variables del consumo eléctrico y que estas sean enviadas como señal hacia un computador vía Ethernet.

Las señales recibidas por el computador deberán ser analizadas e interpretadas por el software SENTRON Powermanager, el cual permitirá visualizar estas lecturas obtenidas las mismas que serán objeto de estudio y análisis para determinar el correcto uso y administración de la energía eléctrica.

1.4 Causas y consecuencias del Problema

El principal problema son las perturbaciones que normalmente coexisten en la energía eléctrica que consumen nuestras instalaciones, y cuya presencia tendremos que detectar.

La causa de dichas perturbaciones: en la onda suministrada por la empresa eléctrica pública, en la propia instalación o en las cargas conectadas a dicha instalación.

Programar el analizador para que detecte las perturbaciones en el sistema detectarlas, registrarlas y dónde instalarlo exactamente para hacer la medición.

Interpretar los datos registrados por el equipo. Determinación y localización del origen de las perturbaciones. Aplicación práctica de soluciones.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Crear un sistema gerencial para la administración y manejo de energía eléctrica utilizando los Sentron PAC 3200 del laboratorio de la Facultad Técnica Para El Desarrollo que permita adquirir información de las variables eléctricas que serán administradas y registradas a través del Software SENTRON Power Manager.

1.5.2 Objetivos Específicos

- ✓ Fortalecer los conocimientos de diagnóstico de administración y manejo de energía eléctrica en las instalaciones de diferentes empresas industriales, para lo cual cuenta con equipos Pac3200 de los laboratorios de última generación y apropiados para este tipo de trabajo con los cuales se evalúan los niveles de tensión y

perturbaciones (armónicas y flicker), los estudiantes de la carrera de eléctrico-mecánica de la Facultad Técnica Para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil pondrán realizar prácticas y demostrar sus conocimientos teórico-práctico, a fin de realizar un aprendizaje experimental que direcciona al estudiante a obtener sus propias conclusiones.

- ✓ Realizar el programa de simulación de la administración y manejo de energía eléctrica utilizando los Sentron PAC 3200, dicho sistema será objeto didáctico para los estudiantes.

1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.6.1 Utilidad práctica de la investigación

Resulta evidente que se deben realizar mediciones periódicas para determinar si una instalación recibe y consume una señal eléctrica adecuada y para determinar las causas y soluciones a los posibles problemas que se puedan dar en determinadas máquinas o sistemas debidos a una señal deficiente. Permitirá poner en práctica los conocimientos de configuración de sistemas eléctricos que han adquirido los estudiantes de la carrera de Eléctrico – Mecánica de la Facultad Técnica Para El Desarrollo en las materias donde se realizan mediciones eléctricas, los conocimientos teóricos van a ser reforzados con la programación y uso de SENTRON Powermanager como programa de control, supervisión y administración de la energía eléctrica.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio.

Los sistemas de generación de Energía Eléctrica, originados a partir del descubrimiento de Michael Faraday el 28 de octubre de 1831, sobre el fenómeno de la Inducción Electromagnética con un generador elemental, desencadenó primero lentamente y después con gran dinamismo, el uso creciente de la energía eléctrica, que en nuestros días se ha convertido en la fuente de energía utilizada preferentemente en todas las aplicaciones más comunes, como por ejemplo iluminación, calefacción y fuerza motriz. Después de la invención del generador eléctrico de Corriente Continua (CC), más conocido como dínamo, debido a Gramme en 1870, surgió la idea de emplear esta energía para reemplazar la antigua Iluminación a gas, que solamente existía en algunas ciudades de importancia y sirviendo únicamente a algunas calles principales.

En Inglaterra, St. George Lane Fox y Tomás Alva Edison en Estados Unidos, propusieron planes para el suministro de energía eléctrica para iluminación a varios usuarios en forma simultánea y coordinada. Así, en forma casi coincidente, en Londres y Nueva York, en enero y septiembre de 1882 comenzaron a operar las centrales térmicas de Holborn y de la Calle Pearl, suministrando un servicio muy limitado en extensión. Esta última central tenía 4 calderas con una potencia de 250 HP, que suministraban vapor a un grupo de 6 dínamos. La distribución ideada por Edison, era subterránea, con conductores de cobre aislados que operaban a una tensión de 110 Volts. La baja tensión del sistema, limitaba en forma severa el área de servicio atendida por la Central y, como consecuencia de esta restricción, las centrales proliferaron en las grandes ciudades. Inicialmente la energía eléctrica se utilizaba en iluminación por medio de

lámparas incandescentes de filamento de carbón; y, como otro hito destacado, en 1884 se empezaron a utilizar motores de corriente continua.

Por otra parte, la baja tensión limitaba la distancia de transmisión de la energía con una regulación de tensión aceptable. Por tanto, para transmitir mayores bloques de energía a un costo razonable, fue necesario disminuir las pérdidas por efecto Joule, así como los costos de los equipos y/o elementos del sistema. Se encontró que al elevar la tensión, el peso del conductor necesario para transmitir una potencia dada, manteniendo constante las pérdidas, se reducía significativamente. Si a ello se suma que en el año 1881 Marcel Deprez anunció en la academia de Ciencias en París, que elevando el nivel de tensión se puede transmitir energía eléctrica de cualquier potencia a una gran distancia con pérdidas mínimas, la interconexión de sistemas distantes era ya prácticamente una realidad. Por este hecho, a Marcel Deprez se le considera como el precursor de la transmisión de energía eléctrica en alta tensión. En 1882 realizó el experimento para transmitir una potencia de 1,5 kW, a una distancia de 57 km, con una tensión de 2.000 Volts en CC.

Paralelamente al desarrollo de los sistemas de 2 y tres hilos para la distribución de la energía eléctrica en CC. Se comenzó a investigar la distribución en Corriente Alterna (CA). En 1881, Gaulard y Gibbs, patentaron un sistema de distribución serie en CA y éstos mismos ingleses, en 1883, desarrollaron el transformador que permitió elevar la tensión, con lo que las limitaciones de distancia, debido a las fuertes caídas de voltaje y pérdidas de energía asociadas que afectaban a la generación y distribución en CC, dejaron de tener relevancia y permitieron atender a una mayor cantidad de usuarios en forma simultánea. A ello se suma la invención en 1885 del generador de CA de potencial constante.

A partir de esa fecha, el empleo de la energía eléctrica, su generación, transmisión y distribución, inicialmente en forma monofásica y posteriormente a partir de 1891 en forma trifásica, permitieron su propagación por el mundo hasta llegar a ser hoy día la forma más frecuente de uso de la energía final. Por esta razón, el sistema de corriente alterna en generación y transmisión desplazó al de corriente continua, permitiendo transmitir grandes bloques de energía a distancias significativas. La superioridad de los motores de corriente continua con respecto a los de corriente alterna en la tracción, han permitido que aún se mantengan sistemas de tracción de corriente continua, con tensiones de hasta 3.000 Volts. Hasta hace pocos años se mantenían en ciertos sectores de algunas ciudades, sistemas de distribución en corriente continua. Actualmente, cuando se requiere de corriente continua se prefiere hacer la conversión de alterna a continua, en el mismo punto de utilización de ésta.

Los primeros sistemas de corriente alterna fueron monofásicos. En el año 1884 Gaulard transmitió en CA monofásica, en Turín (Italia), a través de una línea de 40 km de longitud. En el año 1886 W. Stanley en Great Barrington, Massachussets, instaló en los EE.UU. el primer sistema de distribución monofásico práctico, usando transformadores de 500/100 Volts. En 1887 entró en servicio un sistema de transmisión y distribución con corriente alterna en la ciudad de Lucerna (Suiza) y en 1888 en Londres. En 1883 Tesla inventó las corrientes polifásicas; en 1886 construyó un motor polifásico de inducción y en 1887 patentó en EEUU un sistema de transmisión trifásico. En 1891 se construyó en Alemania la primera línea de transmisión trifásica, con una longitud de 180 km a 12 kV. Los sistemas trifásicos se desarrollaron rápidamente y actualmente son de uso general por las ventajas sobre los sistemas monofásicos que tienen, algunas de las cuales se enumeran a continuación:

- ✓ En un sistema trifásico equilibrado la potencia instantánea es constante, en cambio, en un sistema monofásico es pulsante.
- ✓ Para una misma potencia, un generador o motor trifásico es más pequeño (menor costo) que su correspondiente monofásico.
- ✓ El peso total de los conductores de un sistema trifásico, en relación a uno monofásico, por el cual se transmite la misma potencia a igual distancia, resulta sustantivamente menor que en el caso del sistema monofásico.

Otra de las características de la evolución que han sufrido los sistemas de distribución de energía, lo constituye la frecuencia del sistema. Inicialmente se usaron frecuencias bajas para disminuir las reactancias inductivas de las líneas y las pérdidas debido a las corrientes parásitas en las máquinas eléctricas. Posteriormente se fue incrementando la frecuencia y actualmente en los sistemas eléctricos de potencia se utilizan frecuencias de 50 Hz y 60 Hz, debido a que una frecuencia mayor permite utilizar circuitos magnéticos de menor sección para una misma potencia dada, lo que da como resultado aparatos de menor tamaño y menor costo. (Inele, 2012)

2.2 SENTRON Powermanager

Es un software de monitorización de la energía y a la gama de aparatos SENTRON, ofrece una solución de administración de la energía para edificios no residenciales o plantas industriales de pequeño y medio tamaño, que facilita la reducción de costos de energía y aumenta la disponibilidad energética, requiere una inversión mínima inicial y ofrece la máxima capacidad de ampliación.

SENTRON Power Manager detecta los valores de energía y potencia, así como las características eléctricas, como por ejemplo la corriente, la tensión y el factor de potencia. Los valores no sólo se muestran, sino que también se pueden vigilar y archivar para su evaluación posterior. Para optimizar los valores medios de potencia, los datos se pueden visualizar y comparar en curvas de carga. Las evaluaciones de consumo se pueden plasmar rápidamente en informes estándar del centro de costos o en informes personalizados de fácil configuración, según los requisitos individuales.

2.2.1 Resumen de beneficios

- ✓ Mínimo gasto en ingeniería gracias a pre ajustes completos de software.
- ✓ Alta eficiencia incluso con sistemas pequeños con bajo costo inicial.
- ✓ Acceso directo vía web (opcional).
- ✓ Funciones completas, como creación de informes estándar, incluidas en el paquete básico.
- ✓ Posibilidad de obtener aplicaciones personalizadas en cualquier momento con paquetes de opciones.
- ✓ Identificación de posibilidades de optimización y ahorro al revelar el consumo.
- ✓ Bloque importante para sistemas de gestión de la energía, por ejemplo con un diseño según la nueva norma EN 16001.

2.2.2 Funciones de software

- ✓ Detección y visualización de valores de potencia medidos.
- ✓ Vigilancia de valores límite con alarmas configurables.
- ✓ Visualización del perfil de carga o cualquier valor medido como curva característica.

- ✓ Informes predefinidos para asignación del consumo y los costos resultantes a centros de costos de libre elección
- ✓ Informes configurables a partir de Excel.
- ✓ Vigilancia de estados de maniobra.
- ✓ Ajustes de plantillas de proyecto para un inicio fácil.(Inele, 2012)

2.2.3 Arquitectura del Sistema

Integración es fácilmente con plantillas de dispositivos predefinidos para los medidores SENTRON PAC y SENTRON 3WL e interruptores de circuito 3VL. Ver Fig. 2.4.1

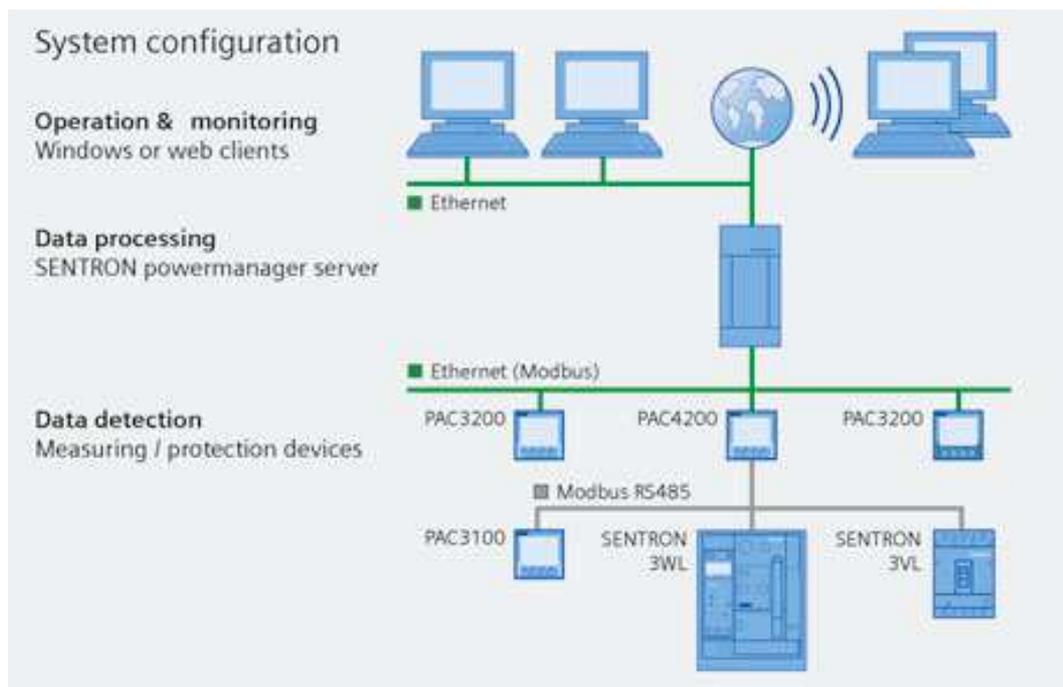


Fig. 2.4.1 Arquitectura del Sistema

Fuente: <http://w3.siemens.com/powerdistribution/low-voltage/EN/product-portfolio/software/software-sentron/powermanager/system-architecture/Pages/default.aspx>

- ✓ Fácil integración de dispositivos compatibles con Modbus-communicating
- ✓ La comunicación a través de Ethernet estándar
- ✓ La integración de los dispositivos con interfaz RS485 (Modbus RTU) Modbus a través de puerta de enlace, ejemplo - SENTRON PAC4200. (Siemens P. , 2012)

2.2.4 Calidad de la Energía Eléctrica

La Calidad Eléctrica es un indicador del nivel de adecuación de la instalación para soportar y garantizar un buen funcionamiento de sus cargas. Una perturbación eléctrica puede afectar a la tensión, a la corriente o a la frecuencia. Dichas perturbaciones eléctricas pueden originarse en las instalaciones del usuario, las cargas del usuario o la compañía eléctrica(Fluke, 2012).

La corriente alterna que recibimos en el hogar o la industria responde a una forma y características determinadas que la definen. Cuando se empezó a utilizar la energía eléctrica, prácticamente se utilizaban receptores lineales y las compañías suministradoras se preocupaban solo de la continuidad del servicio, pero actualmente dada la utilización de receptores electrónicos que consumen corrientes no lineales produce en las ondas de corriente o de tensión distorsiones que nos pueden afectar en mayor o menor medida, tanto a consumidores como suministradores de energía eléctrica, por tanto, no solo es necesaria la continuidad del servicio sino también la calidad de la onda que debe cumplir unas características básicas.

Antes de mencionar los distintos tipos de perturbaciones que podemos encontrar en las redes eléctricas pasamos a definir las características básicas de una onda de corriente o tensión alterna.

La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Cuatro parámetros pueden servir como referencia para clasificar los disturbios de acuerdo a su impacto en la calidad de la energía:

- ✓ Variaciones de frecuencia que raramente ocurren en sistemas alimentados por las compañías suministradoras, siendo más común que se encuentren en sistemas aislados de motor-generator en los que las variaciones de carga provocan variaciones de frecuencia.
- ✓ Variaciones de amplitud pueden ocurrir en diferentes formas y rangos de duración que van desde transitorios de muy corta duración hasta condiciones de estado estable.
- ✓ Variaciones en la forma de ondas de voltajes o corrientes producidas por cargas no lineales, denominada distorsión armónica, siendo una condición de estado estable.
- ✓ Desbalance entre las fases de un sistema polifásico causado principalmente por la operación de cargas monofásicas desiguales que afectan principalmente a máquinas rotatorias y circuitos rectificadores trifásicos.(Watergy, 2012)

2.2.5 Perturbaciones

Desde un punto de vista teórico, una calidad de suministro “perfecta” implica la existencia de un sistema trifásico de tensiones:

- ✓ Permanentes en el tiempo
- ✓ Totalmente equilibradas
- ✓ Perfectamente senoidales
- ✓ De amplitud igual a su valor nominal
- ✓ De frecuencia 60Hz.

En el punto de conexión entre el usuario final y la compañía eléctrica. Cualquier alteración transitoria de alguna de estas características se denomina perturbación de red. De esta idea surge la necesidad de definir los cuatro parámetros fundamentales que determinan la calidad de la onda de tensión:

- ✓ Frecuencia
- ✓ Amplitud
- ✓ Forma
- ✓ Simetría

Para asegurar que la onda tiene la calidad suficiente tendremos que prestar atención a estos cuatro parámetros en todas las fases desde la generación al consumo. Pasamos a describir brevemente las alteraciones de dichos parámetros fundamentales:

2.2.6 Variaciones de Frecuencia

En el Sistema Eléctrico Nacional todos los generadores están interconectados, salvo en muy contadas excepciones, y en general la frecuencia de la red es muy estable. Se produce una variación de frecuencia en un sistema eléctrico de corriente alterna cuando existe una alteración del equilibrio entre carga y generación. La frecuencia está directamente

relacionada con la velocidad de giro, es decir, con el número de revoluciones por minuto de los alternadores.

Para hacernos una idea dimensional de una variación de frecuencia, hace falta un cambio de carga de 1.200 MW para que se produzca una variación de frecuencia de 0,1 Hz. En general, las variaciones de frecuencia afectan directamente sobre la velocidad de las máquinas rotativas, relojes sincronizados a red y en general sobre cualquier equipo de regulación electrónica que utilicen la frecuencia como referencia de tiempo.

2.2.7 Variaciones Lentas de Tensión

Se produce una variación de tensión cuando hay una alteración en la amplitud y, por tanto, en el valor eficaz de la onda de tensión. Profundidad y duración son los parámetros característicos de una variación de tensión. Se considera una variación lenta de tensión a aquélla cuya duración es superior a 10 segundos.

Las causas de las variaciones lentas son muy variadas, desde fallos en el suministro en su mayoría debido a fenómenos atmosféricos hasta la impedancia del receptor, en concreto de las cargas conectadas, consumos no constantes de energía, distribución desigual por zonas, etc. Los efectos son a su vez muy variados, pudiendo llegar a ser realmente negativos, en función del porcentaje de reducción y el tiempo de duración.

2.2.8 Variaciones Rápidas de Tensión

Una variación rápida de tensión es un cambio rápido en una tensión U_{rms} (1/2) entre dos condiciones estables, originado en la mayoría de los casos por la conexión y la desconexión de una gran carga.

Vistas de forma individual no son excesivamente nocivas, pero sí pueden llegar a crear serios problemas en caso de producirse de forma sistemática.

2.2.9 Huecos de Tensión (Dips, Sags)

Los huecos de tensión son breves caídas de tensión que aparecen en nuestros sistemas de potencia de forma ocasional. Su duración comprende desde $\frac{1}{2}$ ciclo a 10 segundos. Su profundidad va desde el 10% y el 100% de la tensión nominal. A partir del 90% se denomina micro-corte, según algunas nomenclaturas. La siguiente figura ilustra la forma típica de un hueco en un sistema trifásico. Ver Fig. 2.10.1

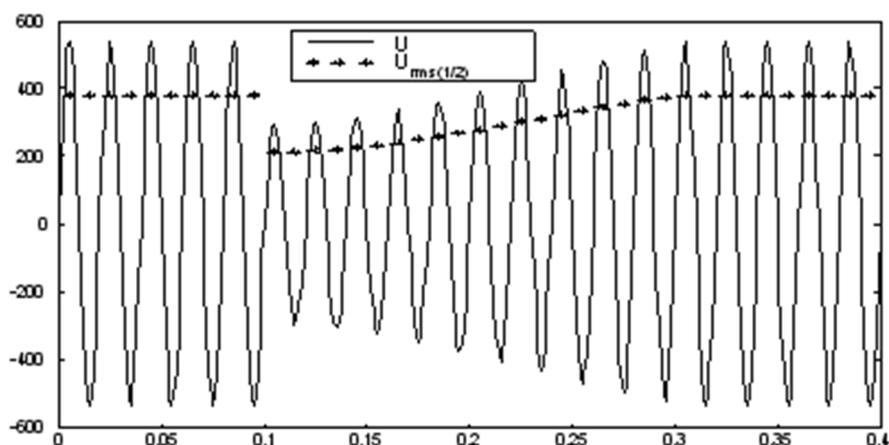


Fig. 2.10.1 Hueco en un sistema trifásico

Fuente: <http://www.voltimum.es/news/607/cm/analisis-de-la-calidad-de-la-energia-electrica-en-sistemas-trifasicos-de-distribucion.html>

La causas más frecuente de huecos y micro-cortes son, por un lado los fallos (cortocircuitos, averías en general) producidos en puntos del sistema de potencia en su fase de transporte y distribución. Por otro lado, la conexión repentina de grandes cargas a la línea. También pueden ser producidos por un cableado o conexiones defectuosas dentro de la instalación.

En general, los huecos suelen atender a fenómenos producidos en puntos lejanos de la red, mientras que los micro-cortes son originados en la propia línea de la instalación del cliente. De todos los parámetros que influyen en la calidad de la onda de suministro, los huecos y micro-cortes son, sin duda, los responsables de la mayor parte de los problemas y averías sufridos por la industria hoy en día.

2.2.10 Subidas de Tensión.

Las subidas de tensión representan el fenómeno opuesto a los huecos, y responden además a la causa opuesta, es decir, a la desconexión repentina de grandes máquinas o motores de la red. También pueden ser causados por la conexión de grandes condensadores. En general, son fenómenos menos frecuentes que los huecos y micro cortes.

2.2.11 Fluctuaciones de Tensión y Flicker

Se dice que hay fluctuaciones de tensión cuando se producen series de variaciones periódicas o series de cambios aleatorios en la tensión de la red eléctrica, es decir, variaciones periódicas del valor eficaz o valor de pico de tensión entre dos niveles consecutivos que se mantienen durante un tiempo finito no especificado. Su efecto más perceptible es el parpadeo de la luminosidad en las lámparas. Este fenómeno se denomina "Flicker".

Su duración va desde varios milésimas de segundo Hasta unos 10 segundos y con una amplitud que no supere el +/- 10% del valor nominal. El fenómeno se debe a la excesiva caída de tensión de las reactancias del sistema de alimentación (líneas y transformadores) al circular por ellas corrientes de bajo factor de potencia en intervalos de tiempo muy cortos.

Estas corrientes las producen una serie de cargas conectadas al sistema, hornos de arco, equipos de soldadura, motores de gran potencia, generadores eólicos, convertidores de frecuencia, bombas, compresores, grúas y otros equipos de cargas cíclicas. También pueden ser producidos por cargas monofásicas: hornos microondas, impresoras láser, lámparas de descarga y cualquier electrodoméstico con regulación automática. Resumiendo el proceso tendríamos que el elemento perturbador produce la fluctuación de tensión. Ver Fig. 2.12.1

La fluctuación produce una variación del flujo luminoso (flicker), el cual es percibido por el ojo humano.

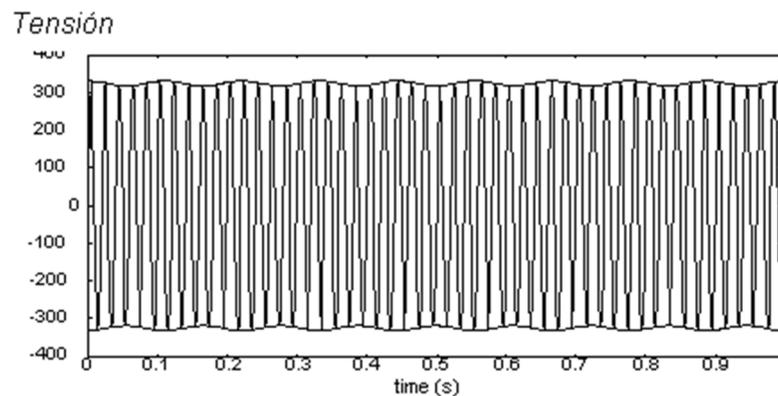


Fig. 2.12.1 Hueco en un sistema trifásico

Fuente: <http://www.voltimum.es/news/607/cm/analisis-de-la-calidad-de-la-energia-electrica-en-sistemas-trifasicos-de-distribucion.html>

2.2.12 Sobretensiones Transitorias

Son variaciones bruscas del valor instantáneo de la amplitud de la tensión, que pueden a veces llegar a ser varias veces superior al valor nominal de ésta, y cuya duración oscila entre algunos microsegundos y 10 milésimas de segundo, lo que equivale a medio ciclo de la onda senoidal. Son, en general, fenómenos aleatorios que se producen por descargas atmosféricas o maniobras y en la red, que se auto-amortiguan al cabo de

unos ciclos. En general pueden afectar a todos los elementos del sistema eléctrico, dependiendo de la magnitud de la propia sobretensión.

Algunos receptores, que incluyen dispositivos electrónicos fabricados a base de dispositivos semiconductores, presentan un bajo nivel de inmunidad, entre los que se encuentran rectificadores con diodos, controladores de velocidad mediante tiristores y triacs, y en general todo tipo de sistemas digitales de control, instrumentación, alarmas y sistemas de disparo, etc.

Existen dos tipos de sobretensiones transitorias:

- ✓ Sobretensiones impulsivas
- ✓ Sobretensiones oscilatorias

Las sobretensiones transitorias impulsivas son perturbaciones unidireccionales causadas por descargas eléctricas, y tienen una mayor magnitud pero una baja energía. Su escala de frecuencia está por encima de 5kHz, con una duración de 30-200 microsegundos. Las sobretensiones transitorias oscilatorias son originadas por malas conexiones, ferro resonancias, o pueden surgir como respuesta de un sistema a sobretensiones impulsivas.

Las sobretensiones por conexiones defectuosas tienen una mayor energía, y son clasificadas como sobretensiones transitorias de baja (<5kHz), media (5kH<500KHZ) y alta frecuencia (>500kHz).Ver Fig. 2.13.1



Fig. 2.13.1 Sobretensiones

Fuente: <http://www.voltimum.es/news/607/cm/analisis-de-la-calidad-de-la-energia-electrica-en-sistemas-trifasicos-de-distribucion.html>

2.2.13 Desequilibrios

El desequilibrio en un sistema monofásico viene dado por una diferente magnitud de la parte positiva y la negativa de una señal eléctrica y tampoco representa un efecto clave en las redes eléctricas.

También se puede hablar de desequilibrios trifásicos, que suponen un desigual reparto de las cargas entre las tres ramas de una distribución trifásica y originan alteraciones en el sistema, afectando, por tanto, a los usuarios. Pueden ser tanto de tensión como de corriente. El sistema sinusoidal trifásico se representa por tres vectores de igual módulo y desfasados 120° . Cuando los tres vectores tienen diferente magnitud, o cuando los tres ángulos son distintos, se dice que existe desequilibrio.

2.2.14 Armónicos. Distorsión Armónica

Una perturbación armónica es una deformación de la onda respecto de la onda senoidal pura. Los armónicos son tensiones o corrientes de frecuencia múltiplo entero de la frecuencia fundamental (ejemplo: 180 Hz en nuestra red de 60Hz). Se llaman interarmónicos a señales que no son múltiplos enteros (ejemplo: 180 Hz en nuestra red de 60Hz). Son en general poco frecuente.

Se dice que existe distorsión armónica cuando debido a la presencia de armónicos en la señal, prácticamente pura, que generan las centrales eléctricas, ésta sufre deformaciones serias que afectan a su forma. Aunque la señal sea de 60Hz, ésta contiene componentes de alta frecuencia. Esta distorsión armónica depende de los armónicos presentes, de sus magnitudes y de las fases en las que se encuentren. Las ondas de tensión y corriente de la figura a continuación muestran un alto nivel de distorsión a la salida de un convertidor de tensión simple:

En relación con los armónicos, se han definido tasas que no deben ser sobrepasadas (niveles CEM), en el tiempo, en un determinado porcentaje, que expresamos en función de lo que se llama el factor de distorsión armónica total (THD), que nos indica el nivel porcentual de distorsión armónica con respecto de la señal principal.

La tasa de distorsión total (THD%) admitida es del 3% para Alta Tensión y del 8% para Media y Baja Tensión, entendiendo como Alta Tensión a voltajes superiores a 30kV, Media Tensión las comprendidas entre 1 y 30kV, y Baja Tensión a tensiones inferiores a 1kV.

2.2.15 Clasificación de los Armónicos

Los armónicos se clasifican por su orden y secuencia. El orden nos dice por qué número entero debemos multiplicar la frecuencia nominal de 60Hz. Un armónico de orden 7 sería, por tanto, una señal de 420Hz. Los armónicos impares son los que se encuentran en las instalaciones eléctricas, industriales y edificios comerciales. Los armónicos pares sólo existen cuando se produce asimetría en la señal debido a la componente continua. En general son de escasa consideración en las instalaciones eléctricas, salvo casos particulares.

La secuencia puede ser positiva, negativa o nula, provocando aceleración o deceleración de motores en los dos primeros casos, o en el caso de los de secuencia nula, también llamados homopolares no presentan efectos sobre el giro del motor, pero se suman en el cable de neutro. También se conocen como armónicos TRIPLE-N, por ser múltiplos enteros de 3. Éstos son de suma importancia, tanto por su alta presencia como por sus efectos.

En los circuitos trifásicos con conductor neutro las tres corrientes de fase R, S y T no se cancelan en el neutro, sino que, de forma contraria, se suman algebraicamente, originando una elevada corriente que, en ocasiones, puede llegar a ser incluso superior a las corrientes de fase.

En las instalaciones eléctricas con gran número de equipos electrónicos en general, sobre todo equipos informáticos, existe una gran proporción de armónicos TRIPLE-N, especialmente el tercero y el noveno. En estas instalaciones la sobrecarga de corriente en el neutro puede ser muy seria, pudiéndose alcanzar intensidades incluso de 1,5 a 2 veces la intensidad de cada fase.

Tradicionalmente se utilizaban secciones inferiores para el conductor de neutro, incluso la mitad algunas veces. Esto supone un ahorro, pero cada vez es menos recomendable por el motivo recién visto. En caso de instalaciones trifásicas sin neutro, no existen armónicos TRIPLE-N en las fases. Sin embargo el espectro final tendrá mayor contenido en el resto de armónicos. (Voltimum, 2012)

2.2.16 Medición de los Armónicos

El término armónico se utiliza normalmente para el valor rms (eficaz) de una onda armónica. La presencia de armónicos es evaluada a través de la distorsión armónica total (THD). Los armónicos de tensión son declarados como THDU. THDU es una relación del valor rms (eficaz) del armónico de tensión con el valor rms del fundamental y se expresa normalmente como valor porcentual, aunque también puede ser expresado con su amplitud (ck) ó valores rms.

Para las mediciones de calidad de energía, el análisis de armónicos es reducido al 50º armónico, es decir, a 3000 Hz para una red de 60 Hz. El ángulo de fase entre los armónicos de tensión y el fundamental no se considera un asunto relevante para la calidad de energía. No obstante, el desfase entre armónicos de tensión y de corriente del mismo orden puede ser utilizado para localizar el origen de la perturbación armónica.

Todo lo que ha sido presentado para los armónicos de tensión es también válido para los armónicos de corriente y THDI.

2.2.17 Origen de los Armónicos

Las cargas no lineales (cargas contaminantes) consumen corriente con una alta THDI (forma de onda no sinusoidal). Los armónicos de corriente generados originan una caída de tensión no sinusoidal en la impedancia de los transformadores, provocando una deformación en la onda de tensión de realimentación, causando además saturación y sobrecalentamiento en los núcleos de dichos transformadores.

En la actualidad los instaladores eléctricos se enfrentan continuamente a nuevos y “misteriosos” problemas y situaciones:

- ✓ Las corrientes de fase están perfectamente equilibradas, pero la corriente de neutro es más elevada que la de fase.
- ✓ Los transformadores de potencia se calientan excesivamente con cargas inferiores a la nominal.
- ✓ Las baterías de condensadores para compensar reactiva no se pueden instalar, pues un excesivo calentamiento destruye los condensadores.
- ✓ Magneto térmicos y fusibles que saltan/funden a corrientes inferiores a los valores nominales. Disparos eventuales de los interruptores diferenciales.
- ✓ Tensiones neutro-tierra distintas de cero.

Todas estas situaciones tienen siempre la misma explicación: los armónicos. La siguiente figura Fig. 2.19.1 muestra el registro de un hueco de tensión en una onda con alto nivel de distorsión, tanto en corriente como en tensión.

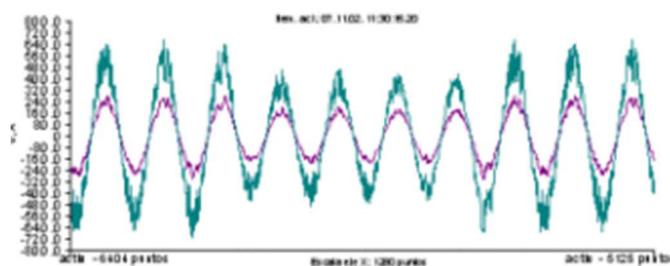


Fig. 2.19.1 Registro de un hueco de tensión

Fuente: <http://www.voltimum.es/news/607/cm/analisis-de-la-calidad-de-la-energia-electrica-en-sistemas-trifasicos-de-distribucion.html>

En el año 2.020 se estima que más del 85% de la energía eléctrica será consumida por cargas electrónicas. Los efectos de los armónicos, si no se controlan, pueden llegar a ser realmente preocupantes y peligrosos

2.2.18 Tensión Neutro – Tierra

La mayoría de las cargas informáticas presentan gran sensibilidad a posibles tensiones entre el neutro y el conductor de protección. Estas tensiones son inexistentes en el transformador, dado que en ese punto neutro y tierra están conectados.

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

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

- ✓ Escasa sección del hilo de neutro y conexiones defectuosas. Este es un apartado muy común y poco observado: conexiones mal hechas y poco apretadas conllevan altas caídas de tensión en esos circuitos, que pueden causar huecos de tensión, además de chispazos que generan transitorios de tipo oscilatorio.

- ✓ Alto contenido de armónicos de 3^o orden circulando por el hilo de neutro

- ✓ Conexiones entre neutro y tierra dentro de la instalación. En su mayoría desconocidas y sin localizar. Este fenómeno, además de ser peligroso desde el punto de vista de la seguridad, provoca que parte de la corriente de retorno fluya por el conductor de protección en vez del neutro. Si la resistencia de tierra no es el más adecuado (alto valor) la caída de tensión será demasiado elevada y provocará la aparición de tensiones N-PE peligrosas, al mismo tiempo que conllevará una operación errática de la electrónica de control.(Voltipum, 2012)

2.3 Multímetro Sentron PAC 3200 Siemens

El multimedidor SENTRON PAC3200 puede aplicarse en todos aquellos puntos donde se consume energía eléctrica. Capta diferentes valores de medición y los representa en un display LCD gráfico. La conexión del instrumento SENTRON PAC3200 con los sistemas de automatización y gestión de energía de nivel superior es extremadamente sencilla. Estos sistemas podrán procesar los valores de medición que le suministra el instrumento según esté programado. El multimedidor SENTRON PAC3200 permite medir energía activa, reactiva y aparente. Los valores de energía podrán determinarse tanto para la tarifa alta como para la baja. El instrumento SENTRON PAC3200 mide los valores de la potencia y energía en los cuatro cuadrantes, es decir, capta por separado cuando el sistema toma energía y cuando la entrega.

Además, el equipo posibilita el registro de los valores medios de la potencia activa y reactiva en un periodo de medición. Luego, estos valores podrán procesarse en un sistema de gestión de la energía eléctrica para obtener la evolución de la(s) carga(s). Para esto, en condiciones típicas, se utilizan los valores de periodos de 15 minutos. El SENTRON PAC3200 capta

más de 50 magnitudes eléctricas, tales como tensiones, intensidades de la(s) corriente(s), potencias, valores de la energía eléctrica, frecuencia, factor de potencia, simetría y THD. (ThirdHarmonicDistortion / distorsión de tercera armónica). Para las magnitudes de medición no sólo capta el valor de medición actual sino también el mínimo y el máximo (función agujas de arrastre). El multimedidor SENTRON PAC3200 se conecta en redes monofásicas o polifásicas con y sin conductor del centro estrella. Una particularidad importante es permitir medir en forma directa tensiones de fase de hasta 830 V. Por lo tanto, el instrumento SENTRON PAC3200 se puede utilizar sin problemas en redes de 690 V. Además, podrán realizarse mediciones por medio de transformadores de tensión requiriendo sólo el ajuste correspondiente a la relación de transformación. Las entradas para corrientes fueron diseñadas para mediciones con transformadores de intensidad de /1 A ó /5A.(Siemens A. S., 2012)

2.4 Software Powerconfig Siemens

Se utilizó este programa para hacer una configuración y monitoreo remoto del Sentron PAC 3200 Siemens. Mediante el software de programación, se puede ajustar el equipo desde una PC, pudiéndose configurar más de un equipo gracias al uso de un *Switch/Hub*. La última versión, *Sentron Powerconfig 2.1* (Ver Fig. 2.22.1), permite visualizar las variables medidas según el dispositivo que se tenga. En conjunto con la visualización, permite la descarga de las variables medidas, bajo el formato de planilla Excel, indicando la fecha y hora. Esto representa un valor agregado importante.(Siemens P. , 2012)



Fig.2.22.1 Programa PowerConfig SW
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

2.5 Gestión de la Energía

El equipo presenta módulos opcionales de ampliación, SENTRON PAC PROFIBUS DP o SENTRON PAC RS 485, permiten integrar en forma sencilla el instrumento de medición multifunción en cualquier sistema de gestión de energía eléctrica o de automatización. A través de esta comunicación el multimedidor SENTRON PAC3200 suministra valores de medición a los sistemas de nivel superior. En estos sistemas los datos podrán procesarse luego para conformar indicaciones o funciones de control.

2.6 Profibus

Es un estándar de comunicaciones para buses de campo. Deriva de las palabras *PROcessField BUS*. Fue un Estándar desarrollado entre los años 1987-1990 por BMBF (German Department of Education and Research), y por otras como ABB, AEG, Honeywell, Siemens, Landis&Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus y Schleicher. En 1989 la norma alemana DIN19245 adoptó el estándar, partes 1 y 2 (la parte 3, Profibus-DP

no fue definida hasta 1993). Profibus fue confirmada como norma europea en 1996 como EN50170.

Profibus se desarrolló bajo un proyecto financiado por el gobierno alemán. Está normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como ABB, AEG, Siemens, Klöckner-Moeller. Está controlado por la PNO (*Profibus User Organisation*) y la PTO (*Profibus Trade Organisation*). (Siemens P. , 2012)

Existen tres perfiles:

- ✓ Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.
- ✓ Profibus PA (*Process Automation*). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 1 15 8-2, seguridad intrínseca).
- ✓ Profibus FMS (*Fieldbus Message Specification*). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. La evolución de Profibus hacia la utilización de protocolos TCP/IP para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo importancia.

Utiliza diferentes capas físicas, la más importante, en PROFIBUS DP, está basada en EIA RS-485. Profibus PA utiliza la norma IEC 11158-2 (norma de comunicación síncrona entre sensores de campo que utiliza modulación sobre la propia línea de alimentación de los dispositivos y puede utilizar los antiguos cableados de instrumentación 4-20 mA) y para el nivel de proceso se tiende a la utilización de Ethernet. También se contempla la utilización de enlaces de fibra óptica. Existen puentes para enlace entre diferentes medios, además de gateways que permiten el enlace entre perfiles con otros protocolos.

Se distingue entre dispositivos tipo maestro y dispositivos esclavo. El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico. Se pueden configurar sistemas multimaestro o sistemas más simples maestro-esclavo. En Profibus DP se distingue entre: maestro clase 1 (estaciones de monitorización y diagnóstico), maestro clase 2 (elementos centralizadores de información como PLCs, PCs, etc.), esclavo (sensores, actuadores). El transporte en Profibus-DP se realiza por medio de tramas según IEC 870-5-1. La comunicación se realiza por medio de datagramas en modo *broadcast* o *multicast*. Se utiliza comunicación serie asíncrona por lo que es utilizable una UART genérica.

Profibus DP prescinde de los niveles ISO 3 a 6 y la capa de aplicación ofrece una amplia gama de servicios de diagnóstico, seguridad, protecciones etc. Es una capa de aplicación relativamente compleja debido a la necesidad de mantener la integridad en el proceso de paso de testigo (un y sólo un testigo). Profibus FMS es una compleja capa de aplicación que permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células con posibilidad de acceso a objetos, ejecución remota de procesos etc. Los dispositivos se definen como dispositivos de campo virtuales, cada uno incluye un diccionario de objetos que enumera los objetos de comunicación. Los servicios disponibles son un subconjunto de los definidos en MMS (ISO 9506).

Las plataformas hardware utilizadas para soportar Profibus se basan en microprocesadores de 16 bits más procesadores de comunicaciones especializados o circuitos ASIC (**application-specific integrated circuit**) como el LSPM2 (**Lean Siemens Profibus Multiplexer**) de Siemens. La PNO se encarga de comprobar y certificar el cumplimiento de las

especificaciones PROFIBUS. Entre sus perspectivas de futuro se encuentra la integración sobre la base de redes Ethernet al nivel de planta y la utilización de conceptos de tiempo real y filosofía productor-consumidor en la comunicación entre dispositivos de campo. Las distancias potenciales de bus van de 100 m a 24 Km (con repetidores y fibra óptica). La velocidad de comunicación puede ir de 9600 bps a 12 Mbps. Utiliza mensajes de hasta 244 bytes de datos.

Profibus se ha difundido ampliamente en Europa y también tiene un mercado importante en América y Asia. El conjunto Profibus DP- Profibus PA cubre la automatización de plantas de proceso discontinuo y proceso continuo cubriendo normas de seguridad intrínseca. La versión más utilizada es Profibus DP (*Periferia Distribuida; Decentralized Peripherals*), y fue desarrollada en 1993.

2.6.1 Versiones de Profibus

Profibus tiene tres versiones o variantes:

- ✓ DP-V0. Provee las funcionalidades básicas incluyendo transferencia cíclica de datos, diagnóstico de estaciones, módulos y canales, y soporte de interrupciones

- ✓ DP-V1. Agrega comunicación acíclica de datos, orientada a transferencia de parámetros, operación y visualización

- ✓ DP-V2. Permite comunicaciones entre esclavos. Está orientada a tecnología de drives, permitiendo alta velocidad para sincronización entre ejes en aplicaciones complejas.

2.7 Conexiones Físicas

Profibus tiene, conforme al estándar, cinco diferentes tecnologías de transmisión, que son identificadas como:

- ✓ RS-485. Utiliza un par de cobre trenzado apantallado, y permite velocidades entre 9.6 kbps y 12 Mbps. Hasta 32 estaciones, o más si se utilizan repetidores.
- ✓ MBP. *Manchester Coding y Bus Powered*, es transmisión sincrónica con una velocidad fija de 31.25 Kbps.
- ✓ RS-485 IS. Las versiones IS son intrínsecamente seguras, utilizadas en zonas peligrosas (explosivas).
- ✓ MBP IS
- ✓ Fibra óptica. Incluye versiones de fibra de vidrio multimodo y monomodo, fibra plástica y fibra HCS.

2.8 Comunicaciones

Desde el punto de vista del control de las comunicaciones, el protocolo Profibus es maestro esclavo, pero permite:

- ✓ Aplicaciones mono maestro. Un sólo maestro está activo en el bus, usualmente un PLC. Los demás dispositivos son esclavos. Este esquema es el que permite los ciclos de lectura más cortos.
- ✓ Aplicaciones multi maestro. Permite más de un maestro. Pueden ser aplicaciones de sistemas independientes, en que cada maestro tenga

sus propios esclavos. U otro tipo de configuraciones con dispositivos de diagnóstico y otros

En un ambiente multimaestro, puede haber dos tipos de maestros:

- ✓ DPM1. DP *Master Class 1*. Es un controlador central que intercambia información con sus esclavos en forma cíclica. Típicamente un PLC.
- ✓ DPM2. DP *Master Class 2*. Son estaciones de operación, configuración o ingeniería. Tienen acceso activo al bus pero su conexión no es necesariamente permanente

Junto con las especificaciones de otros buses de campo se recoge en las normas internacionales IEC61158 e IEC61784.

2.9 Características:

- ✓ Velocidades de transmisión: 9.6, 19.2, 93.75, 187.5, 500, 1500, 3000, 6000 y 12000 Kbps.
- ✓ Número máximo de estaciones: 127 (32 sin utilizar repetidores).
- ✓ Distancias máximas alcanzables (cable de 0.22 mm de diámetro):
hasta 93.75 KBaudios: 1200 metros 187.5 KBaudios: 600 metros 500 KBaudios: 200 metros.
- ✓ Estaciones pueden ser activas (maestros) o pasivas (esclavos).
- ✓ Conexiones de tipo bidireccionales, multicast o broadcast.

2.10 Terminadores de bus

La instalación de un cableado para una red Profibus DP requiere de un terminador en cada extremo del bus. Según la norma este terminador debe ser activo. Esto es, no basta una resistencia terminal, sino que se trata de un arreglo de resistencias que están energizadas. El objetivo de estos terminadores es garantizar un voltaje de referencia en estado inactivo del bus, es decir sin mensajes y minimizar las reflexiones de línea. Generalmente uno de los extremos de la red es el maestro Profibus DP, y en ese caso proporcionará uno de los terminadores activos.

El otro extremo del bus tiene dos alternativas. Que el terminador activo sea provisto por el último nodo de la red o que sea provisto por un terminador externo. La primera opción es muy simple, pero tiene el inconveniente de que si se requiere desenergizar el nodo, se perderá la función del terminador activo, comprometiendo con ello la integridad de toda la red. Por ello, puede ser preferible tener la resistencia activa en forma separada, de tal modo de mantenerla siempre energizada, generalmente desde una UPS. En el caso de Profibus PA los terminadores de bus son pasivos, es decir, sólo resistencia.

2.11 Profibus DP

Profibus especifica las características técnicas y funcionales de un sistema basado en un bus de campo serie en el que controladores digitales descentralizados pueden ser conectados entre sí desde el nivel de campo al nivel de control. Se distinguen dos tipos de dispositivos, dispositivos maestros, que determinan la comunicación de datos sobre el bus. Un maestro puede enviar mensajes sin una petición externa cuando posee el control de acceso al bus (el testigo). Los maestros también se denominan

estaciones activas en el protocolo Profibus. Como segundo tipo están los dispositivos esclavos, que son dispositivos periféricos. Los esclavos son normalmente dispositivos de E/S, válvulas, actuadores y transmisores de señal. No tienen el control de acceso al bus y sólo pueden recibir mensajes o enviar mensajes al maestro cuando es autorizado para ello. Los esclavos también son denominados estaciones pasivas, por lo que sólo necesitan una parte del protocolo del bus.

También es posible trabajar en profibus en modo multimaestro en el cual todos los dispositivos pueden actuar cuando les llega el testigo, como maestros del bus. El Profibus DP es el más utilizado para solucionar las necesidades de interconexión de los posibles perfiles Profibus. Está optimizado en velocidad, eficiencia y bajo costos de conexión, orientado especialmente para la comunicación entre sistemas automáticos y los periféricos distribuidos en el nivel de campo. Cuando se selecciona un medio de transmisión se deben considerar las largas distancias, la velocidad de transmisión y los requerimientos del sistema a automatizar, tales como la operatividad en áreas peligrosas y la transmisión en un único cable de los datos y la energía.

El intercambio de datos es principalmente cíclico, utilizándose determinadas funciones de comunicación eventualmente regladas según EN 50170 a parte de las habituales básicas funciones exclusivas para dicho intercambio. Aunque DP también ofrece servicio en comunicaciones acíclicas más complejas para la parametrización, la monitorización y el manejo de alarmas en los dispositivos de campos inteligentes.

2.12 Funciones básicas

El controlador central, maestro, cíclicamente lee la información de las entradas de los esclavos y acíclicamente actualiza la información de salida de los esclavos. El tiempo de ciclo del bus debe ser menor que el tiempo de ciclo de programa del sistema central de automatización, en caso de ser un PLC el ciclo de scan, que normalmente suele ser 10 ms aproximadamente. A parte de la transmisión cíclica de datos de los esclavos, DP proporciona otras poderosas funciones para el diagnóstico y para poner en servicio activo los dispositivos. La siguiente información muestra las funciones básicas de DP.

2.13 Acceso al bus:

- ✓ Procedimiento de pase de *token*, testigo, entre dispositivos maestros y comunicación.
- ✓ Maestro-esclavo entre maestros y esclavos.
- ✓ Sistemas mono-maestro y multi-maestro.
- ✓ 126 dispositivos maestros y esclavos como máximo.

2.14 Comunicación:

- ✓ Comunicación para obtención de información uno a uno con comandos de control.
- ✓ Comunicación maestro-esclavo cíclica.

2.15 Estados de operación:

- ✓ Funcionamiento. Cíclica transmisión de datos de entrada y salida.
- ✓ Borrado. Las entradas son leídas y las salidas se pasan al estado de seguridad.
- ✓ Parado. Diagnóstico y parametrización, no se transmiten datos de E/S.

2.16 Sincronización:

- ✓ Los comandos de control permiten la sincronización de entradas y salidas.
- ✓ Modo de sincronización, las salidas son sincronizadas.
- ✓ Modo de congelación, las entradas son sincronizadas.

2.17 Funciones:

- ✓ Transferencia de datos cíclica entre el maestro y esclavos.
- ✓ Activación y desactivación dinámica de los esclavos de forma individual.
- ✓ Chequeo de la configuración del esclavo.
- ✓ Funciones de diagnóstico, 3 niveles jerárquicos de mensajes de diagnóstico.

- ✓ Sincronismo de entradas y salidas.
- ✓ Posibilidad de asignación de dirección remota a través del bus para los esclavos que lo soporten.
- ✓ Zona de entrada y salida de 244 bytes máximo por cada esclavo.

2.17.1 Funciones de protección:

- ✓ Todos los mensajes son transmitidos con distancia *hamming*, HD=4.
- ✓ Detección de errores en la comunicación con maestro desde esclavo.
- ✓ Protección del acceso a las entradas y salidas de los esclavos.
- ✓ Detección de errores en la comunicación con esclavo desde maestro mediante el control del tiempo de respuesta.

2.18 Tipos de dispositivos:

- ✓ DP maestro clase 2 (DPM2), monitor del correcto funcionamiento del protocolo del bus. Ej.: controlador específico.
- ✓ DP maestro clase 1 (DPM1), controlador central que intercambia datos con los esclavos. Ej.: PLC.
- ✓ DP esclavo. Ej.: dispositivos con E/S digitales y analógicas, convertidores de frecuencia.

2.19 Características Generales

En el uso de un bus las principales claves de éxito son: alta tasa de transferencia, fácil manipulación, buena capacidad de diagnóstico y

protección contra interferencia. Profibus-DP presenta la óptima combinación de todas ellas.

2.19.1 Velocidad

Profibus-DP requiere sólo de 1 ms a 12 Mbit/s para transmitir 512 bits de datos de entrada y 512 bits de datos de salida entre 32 estaciones distribuidas. Gracias a que en un único ciclo de mensaje con DP se pueden transmitir datos de entrada y salida incrementa su velocidad en comparación con FMS. En DP los datos de E/S son transmitidos usando el servicio de SRD de la capa 2. Las extensas funciones de diagnóstico posibilitan una rápida localización de errores. Los mensajes de diagnóstico son transmitidos en el bus y recopilados por el maestro. Estos mensajes de diagnóstico se clasifican en tres niveles:

- ✓ Diagnóstico de estación. Estos mensajes conciernen al estado de operación de la estación. Ej.: sobre temperatura del dispositivo, bajo voltaje.

- ✓ Diagnóstico de módulo. Estos mensajes indican el rango de valores de trabajo de las variables de la estación. Ej.: E/ de 16 bits, m 2 /S de 8bits.

- ✓ Diagnóstico relacionado con el canal. En este caso la posible causa del error es la disfunción de uno de los elementos de los que dependen de la estación.

La siguiente figura revela los tiempos del ciclo del bus (Ver Fig. 2.32.1) en función del número de esclavos y de la tasa de transferencia.

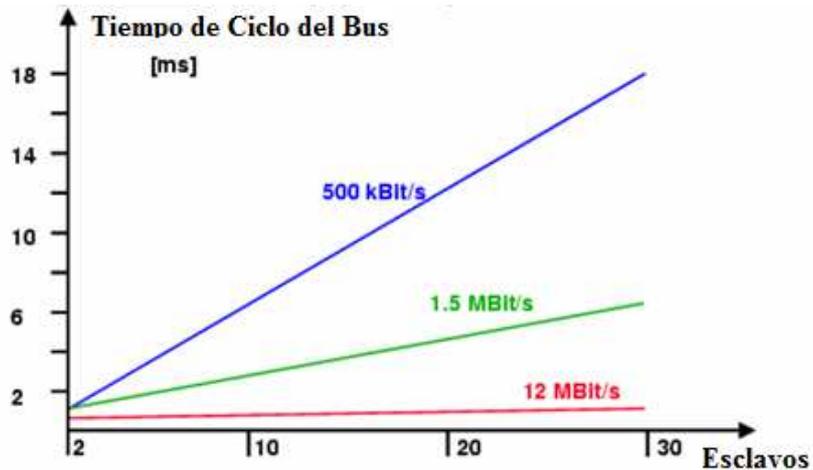


Fig 2.32.1 Tiempos del ciclo del bus

Fuente:<http://grupos.emagister.com/ficheros/vcruzada?fdwn=1&idGrupo=1543&idFichero=580227>

2.20 Configuración del sistema

Profibus-DP permite sistemas mono-maestro y multi-maestro. Esto proporciona un alto grado de flexibilidad durante la configuración del sistema. Un máximo de 126 dispositivos, maestros o esclavos, pueden ser conectados a un bus con repetidores. Las especificaciones de la configuración del sistema definen el número de estaciones, asigna direcciones a cada estación de E/S, da consistencia a los datos de E/S, forma el sistema de mensajes de diagnóstico y establece los parámetros a utilizar por el bus. Cada sistema DP consiste en diferentes tipos de dispositivos, pero hay que hacer una distinción entre los tres tipos de dispositivos posibles:

- ✓ DP maestro clase 1 (DPM1). Este es un controlador central que intercambia datos de forma cíclica con las estaciones distribuidas usando un determinado mensaje cíclico.
- ✓ DP maestro clase 2 (DPM). Los dispositivos de esta clase se encargan de poner en marcha, mantener y hacer el diagnóstico de

posibles errores del bus; así como de configurar los dispositivos conectados si fuera necesario, evaluar los datos adquiridos por las E/ y los parámetros de las estaciones, como de monitorizar el estado de estos.

- ✓ Esclavos. Un esclavo es un dispositivo periférico, tal como: E/S convertidores de frecuencia de motores, válvulas, transductores, etc.; pudiendo haber dispositivos que proporcionan o sólo E/ o sólo /S. La información de E/S que pueden suministrar depende del tipo de dispositivos que son, pudiendo proveer un máximo de 246 bytes de E/ y otros 246 bytes de /S.(Ver Fig. 2.33.1)

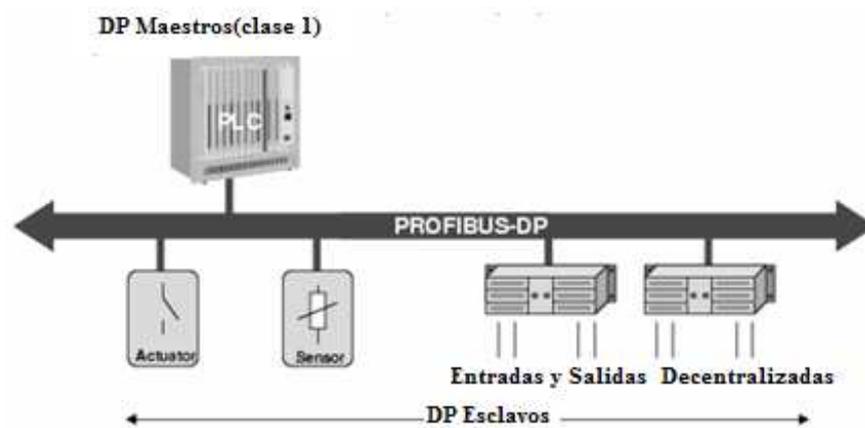


Fig 2.33.1 Sistema Monomaestro

Fuente:<http://grupos.emagister.com/ficheros/vcruzada?fdwn=1&idGrupo=1543&idFichero=580227>.

En sistemas mono-maestro, sólo un maestro está activo en el bus durante el periodo de operación del bus. El controlador programable es el componente central. En la figura anterior, que nos muestra una configuración de mono-maestro, los esclavos descentralizados, están enlazados con el PLC mediante el medio de transmisión. Esta configuración reduce el tiempo del ciclo del bus, al simplificar la comunicación. En sistemas multi-maestro se deben configurar varios maestros conectados a un mismo bus. Esos

maestros representan cada uno un subsistema independiente, cada uno consiste en un DPM1 al que se le asigna unos determinados esclavos y unos dispositivos de diagnóstico. Todos los maestros del bus pueden leer la imagen de las E/S de todos esclavos, pero sólo pueden acceder a los esclavos que les hayan sido asignados en el periodo de configuración.(Emagister, 2012)

2.21 Interfaz Ethernet

Es un estándar de redes de área local para computadoras con acceso al medio por contienda CSMA/CD. CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI. La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Ambas se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

2.21.1 Historia de Ethernet

En 1970 mientras Abramson montaba la red ALOHA en Hawái, un estudiante recién graduado en el MIT llamado Robert Metcalfe se encontraba realizando sus estudios de doctorado en la Universidad de Harvard trabajando para ARPANET, que era el tema de investigación candente en aquellos días. En un viaje a Washington, Metcalfe estuvo en casa de Steve Crocker (el inventor de los RFCs de Internet) donde éste lo dejó dormir en el sofá. Para poder conciliar el sueño Metcalfe empezó a leer una revista científica donde encontró un artículo de Norm Abramson acerca

de la red Aloha. Metcalfe pensó cómo se podía mejorar el protocolo utilizado por Abramson, y escribió un artículo describiendo un protocolo que mejoraba sustancialmente el rendimiento de Aloha. Ese artículo se convertiría en su tesis doctoral, que presentó en 1973. La idea básica era muy simple: las estaciones antes de transmitir deberían detectar si el canal ya estaba en uso (es decir si ya había 'portadora'), en cuyo caso esperarían a que la estación activa terminara. Además, cada estación mientras transmitiera estaría continuamente vigilando el medio físico por si se producía alguna colisión, en cuyo caso se pararía y retransmitiría más tarde. Este protocolo MAC recibiría más tarde la denominación Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones, o más brevemente CSMA/CD.

En 1972 Metcalfe se mudó a California para trabajar en el Centro de Investigación de Xerox en Palo Alto llamado Xerox PARC. Allí se estaba diseñando lo que se consideraba la 'oficina del futuro' y Metcalfe encontró un ambiente perfecto para desarrollar sus inquietudes. Se estaban probando unas computadoras denominadas Alto, que ya disponían de capacidades gráficas y ratón y fueron consideradas los primeros ordenadores personales. También se estaban fabricando las primeras impresoras láser. Se quería conectar las computadoras entre sí para compartir ficheros y las impresoras. La comunicación tenía que ser de muy alta velocidad, del orden de megabits por segundo, ya que la cantidad de información a enviar a las impresoras era enorme (tenían una resolución y velocidad comparables a una impresora láser actual). Estas ideas que hoy parecen obvias eran completamente revolucionarias en 1973. A Metcalfe el especialista en comunicaciones del equipo con 27 años de edad, se le encomendó la tarea de diseñar y construir la red que uniera todo aquello. Contaba para ello con la ayuda de un estudiante de doctorado de Stanford llamado David Boggs. Fueron mejorando gradualmente el prototipo hasta que el 22 de mayo de 1973 Metcalfe escribió un memorándum interno en el que informaba de la nueva

red. Para evitar que se pudiera pensar que sólo servía para conectar computadoras Alto cambió el nombre de la red por el de Ethernet, que hacía referencia a la teoría de la física hoy ya abandonada según la cual las ondas electromagnéticas viajaban por un fluido denominado éter que se suponía llenaba todo el espacio (para Metcalfe el 'éter' era el cable coaxial por el que iba la señal). Las dos computadoras Alto utilizadas para las primeras pruebas de Ethernet fueron rebautizadas con los nombres Michelson y Morley, en alusión a los dos físicos que demostraron en 1887 la inexistencia del éter mediante el famoso experimento que lleva su nombre.

Ethernet es probablemente el estándar más popular para las redes de área local (LANs). De acuerdo con el grupo IDC, a fines de 1996 más del 80% de las redes instaladas en el mundo eran Ethernet. Esto representaba unos 120 millones de PCs interconectados. En una configuración Ethernet, los equipos están conectados mediante cable coaxial o de par trenzado y compiten por acceso a la red utilizando un modelo denominado CSMA/CD. Inicialmente podía manejar información a 10 Mb/s, aunque actualmente se han desarrollado estándares mucho más veloces. Fue desarrollado inicialmente en 1973 por el Dr. Robert M. Metcalfe de la compañía Xerox, como un sistema de red denominado Ethernet Experimental. El objetivo era conseguir un medio de comunicación entre computadoras, a medio camino entre las lentas redes telefónicas de larga distancia que ya existían, y las de alta velocidad que se instalaban en las salas de computadoras para unir entre sí sus distintos elementos. Estos primeros trabajos del PARC contribuyeron substancialmente a la definición de la norma IEEE 802.3, que define el método de acceso CSMA/CD. En 1980 se propuso un estándar Ethernet a 10 Mbps (también conocido como 10Base). Por esta razón las primeras Ethernet eran denominadas DIX también "Libro azul", por el color de la primera edición. Los primeros productos comenzaron a comercializarse en 1981.

La red de 1973 ya tenía todas las características esenciales de la Ethernet actual. Empleaba CSMA/CD para minimizar la probabilidad de colisión, y en caso de que ésta se produjera se ponía en marcha un mecanismo denominado retroceso exponencial binario para reducir gradualmente la 'agresividad' del emisor, con lo que éste se adaptaba a situaciones de muy diverso nivel de tráfico. Tenía topología de bus y funcionaba a 2,94 Mb/s sobre un segmento de cable coaxial de 1,6 km de longitud. Las direcciones eran de 8 bits y el CRC de las tramas de 16 bits. El protocolo utilizado al nivel de red era el PUP que luego evolucionaría hasta convertirse en el que luego fue XNS, antecesor a su vez de IPX. En vez de utilizar el cable coaxial de 75 ohms de las redes de televisión por cable se optó por emplear cable de 50 ohms que producía menos reflexiones de la señal, a las cuales Ethernet era muy sensible por transmitir la señal en banda base (es decir sin modulación). Cada empalme del cable y cada 'pincho' vampiro (transceiver) instalado producía la reflexión de una parte de la señal transmitida. En la práctica el número máximo de 'pinchos' vampiro, y por tanto el número máximo de estaciones en un segmento de cable coaxial, venía limitado por la máxima intensidad de señal reflejada tolerable.

La primera versión fue un intento de estandarizar ethernet aunque hubo un campo de la cabecera que se definió de forma diferente, posteriormente ha habido ampliaciones sucesivas al estándar que cubrieron las ampliaciones de velocidad (Veloz Ethernet, Gigabit Ethernet y el de 10 Gigabits), redes virtuales, hubs, conmutadores y distintos tipos de medios, tanto de fibra óptica como de cables de cobre (tanto par trenzado como coaxial). Los estándares de este grupo no reflejan necesariamente lo que se usa en la práctica, aunque a diferencia de otros grupos este suele estar cerca de la realidad. A partir de 1982, Ethernet fue gradualmente adoptada por la mayoría de los organismos de estandarización:

ECMA *European Computer Manufacturers Association*

IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

NIST *National Institute of Standards and Technology*

ANSI *American National Standards Institute*

ISO *International Standards Organization*

Desde entonces Ethernet se ha convertido en la tecnología LAN más popular. Existen millones y millones de conexiones en el mundo. Aunque comenzó a utilizarse en ambientes de ingeniería y de fabricación, se expandió rápidamente a los mercados comercial y gubernamental. La segunda generación de Ethernet que se usa actualmente es Ethernet II, aunque este nombre se usa raramente. Otros organismos que tienen gran influencia en el establecimiento de normas para la industria de redes y telecomunicaciones son:

EIA Asociación de Industrial Electrónicas

TIA Asociación de las industrias de telecomunicaciones.

Estas dos asociaciones editan normas de forma conjunta, que se conocen como normas TIA/EIA; son las de mayor influencia en el diseño e instalación de redes.

2.21.2 Tecnología Ethernet

Los estándares Ethernet no necesitan especificar todos los aspectos y funciones necesarios en un Sistema Operativo de Red NOS. Como ocurre

con otros estándares de red, la especificación Ethernet se refiere solamente a las dos primeras capas del modelo OSI. Estas son la capa física (el cableado y las interfaces físicas), y la de enlace, que proporciona direccionamiento local; detección de errores, y controla el acceso a la capa física. Una vez conocidas estas especificaciones el fabricante del adaptador está en condiciones de que su producto se integre en una red sin problemas. También es de su incumbencia proporcionar los controladores de bajo nivel adecuados para cada Sistema Operativo que debe utilizar el adaptador.

2.21.3 La capa física

Los elementos que constituyen la capa física de Ethernet son de dos tipos: Activos y Pasivos. Los primeros generan y/o modifican señales, los segundos simplemente la transmiten. Son los siguientes:

2.21.4 Pasivos:

- ✓ Cables

- ✓ Jacks / Conectores

- ✓ Patch panels

2.21.5 Activos:

- ✓ Transceptores

- ✓ Repetidores

- ✓ Repetidores multipuerto (*Hubs*).

2.22 Arquitectura (estructura lógica)

La arquitectura Ethernet puede definirse como una red de conmutación de paquetes de acceso múltiple (medio compartido) y difusión amplia ("*Broadcast*"), que utiliza un medio pasivo y sin ningún control central. Proporciona detección de errores, pero no corrección. El acceso al medio (de transmisión) está gobernado desde las propias estaciones mediante un esquema de arbitraje estadístico. Los paquetes de datos transmitidos alcanzan a todas las estaciones (difusión amplia), siendo cada estación responsable de reconocer la dirección contenida en cada paquete y aceptar los que sean dirigidos a ella.

Ethernet realiza varias funciones que incluyen empaquetado y desempaquetado de los datagramas; manejo del enlace; codificación y decodificación de datos, y acceso al canal. El manejador del enlace es responsable de vigilar el mecanismo de colisiones, escuchando hasta que el medio de transmisión está libre antes de iniciar una transmisión (solo un usuario utiliza la transmisión cada vez -Banda base-). El manejo de colisiones se realiza deteniendo la transmisión y esperando un cierto tiempo antes de intentarla de nuevo. Existe un mecanismo por el que se envían paquetes a intervalos no estándar, lo que evita que otras estaciones puedan comunicar. Es lo que se denomina captura del canal.

2.23 Principios de Operación de Ethernet

Cada dispositivo equipado con Ethernet opera en forma independiente del resto de los dispositivos de la red, las redes Ethernet no hacen uso de un dispositivo central de control. Todos los dispositivos son conectados a un canal de comunicaciones de señales compartidas. Las señales Ethernet son transmitidas en serie, se transmite un bit a la vez. Las transmisiones se

realizan a través del canal de señales compartidas donde todos los dispositivos conectados pueden escuchar la transmisión.

Antes de comenzar una transmisión, un dispositivo escucha el canal de transmisión para ver si se encuentra libre de transmisiones. Si el canal se encuentra libre, el dispositivo puede transmitir sus datos en la forma de una trama Ethernet.

Después de que es transmitida una trama, todos los dispositivos de la red compiten por la siguiente oportunidad de transmitir una trama. La disputa por la oportunidad de transmitir entre los dispositivos es pareja, para asegurar que el acceso al canal de comunicaciones sea justo, ningún dispositivo puede bloquear a otros dispositivos. El acceso al canal de comunicaciones compartido es determinado por la subcapa MAC. Este control de acceso al medio es conocido como CSMA/CS.

2.24 Direccionamiento de Ethernet

Los campos de direcciones en una trama Ethernet llevan direcciones de 48 bits, tanto para la dirección de destino como la de origen. El estándar IEEE administra parte del campo de las direcciones mediante el control de la asignación un identificador de 24 bits conocido como *OUI (Organizationally Unique Identifier, identificador único de organización)*. A cada organización que desee construir interfaces de red (NIC) Ethernet, se le asigna un OUI de 24 bits único, el cual es utilizado como los primeros 24 bits de la dirección de 48 bits del NIC. La dirección de 48 bits es referida como dirección física, dirección de hardware, o dirección MAC.

El uso de direcciones únicas pre-asignadas, simplifica el montaje y crecimiento de una red Ethernet (Ver Fig. 2.40.1). La topología lógica de una red determina como las señales son transferidas en la red. La topología lógica de una red Ethernet provee un único canal de comunicaciones que

transporta señales de todos los dispositivos conectados. Esta topología lógica puede ser diferente de la topología física o de la disposición real del medio. Por ejemplo, si los segmentos del medio de una red Ethernet se encuentran conectados físicamente siguiendo una topología estrella, la topología lógica continua siendo la de un único canal de comunicaciones que transporta señales de todos los dispositivos conectados. Múltiples segmentos Ethernet pueden ser interconectados utilizando repetidores para formar una red LAN más grande. Cada segmento de medio es parte del sistema de señales completo. Este sistema de segmentos interconectados nunca es conectado en forma de bucle, es decir, cada segmento debe tener dos extremos.

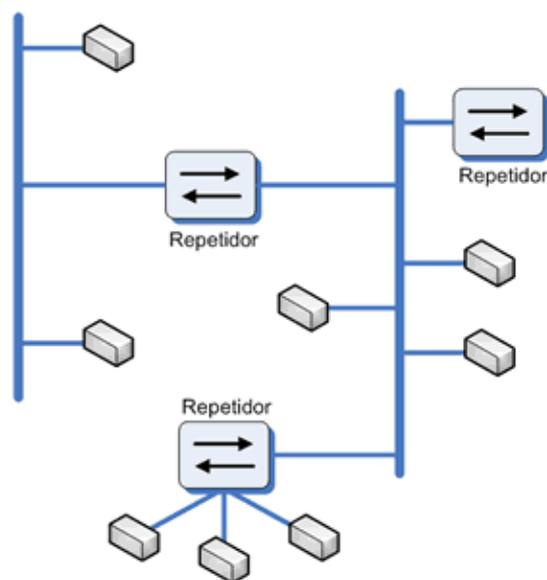


Fig. 2.40.1 Direccionamiento de red

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/redes/ethernet/principios-operacion-ethernet>

La señal generada por un dispositivo es puesta en el segmento de medio al cual está conectado. La señal es repetida en todos los otros segmentos conectado de forma que sea escuchada por todas las demás estaciones. Sin importar cual sea topología física, solo existe un canal de señales para

entregar tramas a través de todos los segmentos a todos los dispositivos conectados.

2.25 Tiempos de Señales de Interfaces Ethernet

Para que el método de control de acceso al medio funcione correctamente, todas las interfaces de red Ethernet deben poder responder a las señales dentro de una cantidad de tiempo especificada. El tiempo de la señal está basado en la cantidad de tiempo que le toma a una señal ir de un extremo de la red al otro y regresar (*Round Trip Time*).

El límite del *Round Trip Time* debe alcanzar a pesar de que combinación de segmentos de medio se utilicen en la construcción de la red. Las pautas de configuración proveen las reglas para la combinación de segmentos con repetidores de forma que el tiempo de las señales se mantenga. Si estas reglas no son seguidas, las estaciones podrían no llegar a escuchar las transmisiones a tiempo y las señales de estas estaciones podrían interferirse entre sí, causando colisiones tardías y congestión en la red.

Los segmentos del medio deben ser construidos de acuerdo a las pautas de configuración para el tipo de medio elegido y la velocidad de transmisión de la red (las redes de mayor velocidad exigen un tamaño de red de menor). Las redes locales Ethernet construidas por múltiples tipos de medios deben ser diseñadas siguiendo las pautas para configuraciones multisegmento del estándar Ethernet. (Textos Científicos, 2012)

2.26 Componentes de Ethernet a 10 Mb/s

La especificación original IEEE 802.3 era para Ethernet a 10Mb/s sobre cable coaxial grueso. Hoy en día hay cuatro tipos de Ethernet operando a

10Mb/s, cada uno operando sobre un medio distinto. Estos se resumen a continuación:

- ✓ 10BASE-5 Cable coaxial grueso
- ✓ 10BASE-2 Cable coaxial delgado
- ✓ 10BASE-T Cable par trenzado
- ✓ 10BASE-F Cable de fibra óptica

2.27 Topologías Ethernet

Las redes ethernet a menudo están formadas por múltiples segmentos individuales interconectados por repetidores. Los segmentos están interconectados entre sí siguiendo lo que se denomina un patrón de árbol sin raíz. Cada segmento Ethernet es una rama individual de la red completa. Se considera sin raíz ya que los segmentos interconectados pueden crecer en cualquier dirección. Los segmentos Ethernet individuales pueden utilizar diferentes medios. Históricamente cada tipo de medio requiere de una disposición de física de cable diferente. Actualmente la topología física recomendada para las instalaciones es la topología estrella como se especifica en ANSI/TIA/EIA-568-A. La utilización de una topología estrella ha hecho permitido limitar las interrupciones en la red causadas por problemas de cableado.

2.28 Topología Bus

Cuando se utiliza cable coaxial delgado, la topología física de la red puede ser únicamente una topología bus. En este diseño, todos los

dispositivos son conectados a un único tramo de cable. Este cable provee un camino para las señales eléctricas que es común para todos los dispositivos conectados y transporta todas las transmisiones entre los dispositivos. Un problema asociado con el diseño bus de cableado es que una falla en cualquier parte del cable coaxial delgado va a interrumpir el camino eléctrico. Como resultado, la operación de todos los dispositivos conectados será interrumpida. Los dispositivos conectados a un segmento de cable coaxial delgado siguen una topología conocida como cadena tipo margarita. En esta topología, un cable coaxial delgado conectado a un conector T BNC en un dispositivo es conectado a otro conector T en el siguiente dispositivo y así sucesivamente. Los conectores T que se encuentran en los extremos opuestos del segmento son terminales.

En una topología cadena tipo margarita, si cualquier cable coaxial delgado es removido incorrectamente del conector T, todo el segmento queda no funcional para todos los dispositivos conectados. Si el conector T es removido de la interfaz de red Ethernet, el segmento continúa funcionando, ya que la continuidad del cable coaxial no ha sido interrumpida. También es posible tener segmentos punto a punto en un ambiente de cable coaxial delgado. Utilizando un repetidor multipuerto se puede conectar un segmento en forma directa a un dispositivo. Esto limita el número de dispositivos que pueden ser afectados por el daño a un cable específico.

2.29 Topología Estrella

Los segmentos de par trenzado y de fibra óptica son dispuestos en una topología física estrella. En esta topología, los dispositivos individuales son conectados a un concentrador o hub central, formando un segmento. Las señales de cada dispositivo conectado son enviadas al hub y luego difundidas a todos los otros dispositivos conectados. Este diseño permite a

Ethernet operar lógicamente como un bus, pero físicamente el bus solo existe en el hub. Una topología estrella simplifica la administración de la red y la resolución de problemas ya que cada tramo de cable conecta solo dos dispositivos, uno a cada extremo del cable. Si un dispositivo no puede comunicarse exitosamente con en la red, puede ser movido físicamente a otra ubicación para establecer si la falla reside en el cableado o en el dispositivo. Este tipo de aislamiento es mucho más difícil en las topologías bus o cadena tipo margarita. (Textos Científicos, 2012)

2.30 Interruptores automáticos

La utilización de este término puede variar en distintas regiones para referirse a interruptores automáticos accionados por sobrecargas de un circuito o para interruptores automáticos accionados por pérdidas de energía fuera del circuito. Para este último caso ver: Interruptor diferencial.

Un disyuntor, interruptor automático (España), breaker o pastilla (México) es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática. Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios.

2.30.1 Características

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- ✓ Calibre o corriente nominal: Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo. Existen desde 5 A hasta 10000 A.
- ✓ Tensión de trabajo: Tensión para la cual está diseñado el disyuntor. Existen monofásico (220 V) o trifásico (380 V).
- ✓ Poder de corte: Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arco voltaico, fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.
- ✓ Poder de cierre: Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo en el momento de cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- ✓ Número de polos: Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático. Existen de uno, dos, tres y cuatro polos.

2.30.2 Tipos

Los disyuntores más comúnmente utilizados son los que trabajan con corrientes alternas, aunque existen también para corrientes continuas.

Los tipos más habituales de disyuntores son:

- ✓ Disyuntor magneto-térmico.
- ✓ Disyuntor magnético.

- ✓ Disyuntor térmico.

✓ Guardamotor.

También es usada con relativa frecuencia, aunque no de forma completamente correcta, la palabra relé para referirse a estos dispositivos, en especial a los dispositivos térmicos. Coloquialmente se da el nombre de "automáticos", "fusibles", "tacos" o incluso "plomos" a los disyuntores magneto-térmicos y al diferencial instalados en las viviendas.

2.30.3 Dispositivo térmico

Presente en los disyuntores térmicos y magnetotérmicos. Está compuesto por un bimetálico calibrado por el que circula la corriente que alimenta la carga. Cuando ésta es superior a la intensidad para la que está construido el aparato, se calienta, se va dilatando y provoca que el bimetálico se arquee, con lo que se consigue que el interruptor se abra automáticamente. Detecta las fallas por sobrecarga.

Está conformado de un electroimán, cuya fuerza de atracción aumenta con la intensidad de la corriente. Los contactos del interruptor se mantienen en contacto eléctrico por medio de un pestillo, y, cuando la corriente supera el rango permitido por el aparato, el solenoide libera el pestillo, separando los contactos por medio de un resorte. Algunos tipos de interruptores incluyen un sistema hidráulico de retardo, sumergiendo el núcleo del solenoide en un tubo relleno con un líquido viscoso. El núcleo se encuentra sujeto con un resorte que lo mantiene desplazado con respecto al solenoide mientras la corriente circulante se mantenga por debajo del valor nominal del interruptor. Durante una sobrecarga, el solenoide atrae al núcleo a través del fluido para así cerrar el circuito magnético, aplicando fuerza suficiente como para liberar el pestillo. Este retardo permite breves alzas de corriente más allá del valor nominal del aparato, sin llegar a abrir el circuito, en situaciones como por ejemplo, partidas de motores. Las corrientes de

cortocircuito suministran la suficiente fuerza al solenoide para liberar el pestillo independientemente de la posición del núcleo, evitando, de este modo la apertura con retardo. La temperatura ambiente puede afectar en el tiempo de retardo, pero no afecta el rango de corte de un interruptor.

2.30.4 Dispositivo magnético

Presente en los disyuntores magnéticos y magneto térmicos, lo forma una bobina, un núcleo y una parte móvil. La intensidad que alimenta la carga atraviesa dicha bobina, y en el caso de que ésta sea muy superior a la intensidad nominal del aparato, se crea un campo magnético que es capaz de arrastrar a la parte móvil y provocar la apertura del circuito de forma casi instantánea. Detecta las fallas por cortocircuito que pueda haber en el circuito eléctrico.

Bajo condiciones de cortocircuito, circula una corriente muchísimo mayor que la corriente nominal; cuando un contacto eléctrico abre un circuito en donde hay gran flujo de corriente, generalmente se produce un arco eléctrico entre dichos contactos ya abiertos, el que permite que la corriente siga circulando; por esto, los interruptores incorporan características para dividir y extinguir el arco eléctrico. En pequeños interruptores se implementa una cámara de extinción del arco, la cual consiste en varias placas metálicas o crestas de material cerámico, las que ayudan a bajar la temperatura del arco. El arco es desplazado hasta esta cámara por la influencia de una bobina de soplado magnético. En interruptores de mayor tamaño, como los utilizados en subestaciones eléctricas se usa el vacío, gases inertes como el hexafluoruro de azufre o aceite para hacer más débil el arco.

La capacidad de ruptura o poder de corte de un interruptor es la máxima corriente de cortocircuito que es capaz de interrumpir con éxito sin sufrir daños mayores. Si la corriente de cortocircuito se establece a un valor superior al poder de corte de un interruptor, éste no podrá interrumpirla, y se

destruirá. Los interruptores de tamaño pequeño pueden ser instalados directamente junto al equipo a proteger, aunque generalmente se disponen en un tablero diseñado para tal fin. Los interruptores de potencia se emplazan en gabinetes o armarios eléctricos, mientras que los de alta tensión se pueden ubicar al aire libre.(LAGUNAS, 2012)

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la Investigación

El estudio fue desarrollado directamente en el laboratorio de automatización de la Facultad Técnica de Desarrollo de la Universidad Católica de Guayaquil.

Se utilizó los Sentron PAC 3200 del laboratorio de la Facultad. Los Sentron pac3200 fueron conectados a las líneas de tensión de la carga a la cual queremos monitorear, para la medición de la corriente utilizamos transformadores de corriente con una relación de 50Amp-5Amp.

El enlace de comunicación entre los Sentron Pac3200 y el computador que servirá de monitor, se realiza a través de un switch o router utilizando los puertos Ethernet de cada equipo.

Una vez enlazados los equipos, el software SENTRON powermanager previamente instalado en el computador automáticamente detecta los Sentron pac3200 y se encuentra listo el enlace para la recepción de datos correspondientes a las lecturas de las variables del consumo eléctrico.

Este software te da la oportunidad de guardar los datos en Excel, o imprimir reportes diarios, quincenales, mensuales, y poder archivar esta información de forma digital.

3.2 Tipo de la Investigación

Se desarrolló mediante una investigación experimental (se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular).

3.3 Recolección de la información

Se utilizó una computadora con el Software SENTRON POWER MANAGER, ya que éste es el receptor de la información medida por el Sentron pac3200

3.4 Materiales Utilizados:

Los equipos y materiales utilizados en este tema de tesis fueron los siguientes:

- ✓ 2 Medidor Sentron Pac3200.
- ✓ Computador de escritorio.
- ✓ Cables de conexión profibus.
- ✓ Software PowerManager Siemens.
- ✓ 3 transformadores de corriente (relación 50Amp-5Amp)
- ✓ Arrancador SIRIUS SIEMENS
- ✓ Motor eléctrico SIEMENS de 7.5HP

CAPITULO 4 – DESARROLLO DEL SISTEMA GERENCIAL

4.1 Implementación de un sistema

Este es un ejemplo de un diseño completo de un sistema gerencial, lo que podría ser una pequeña industria. (Ver Fig. 4.1.1).

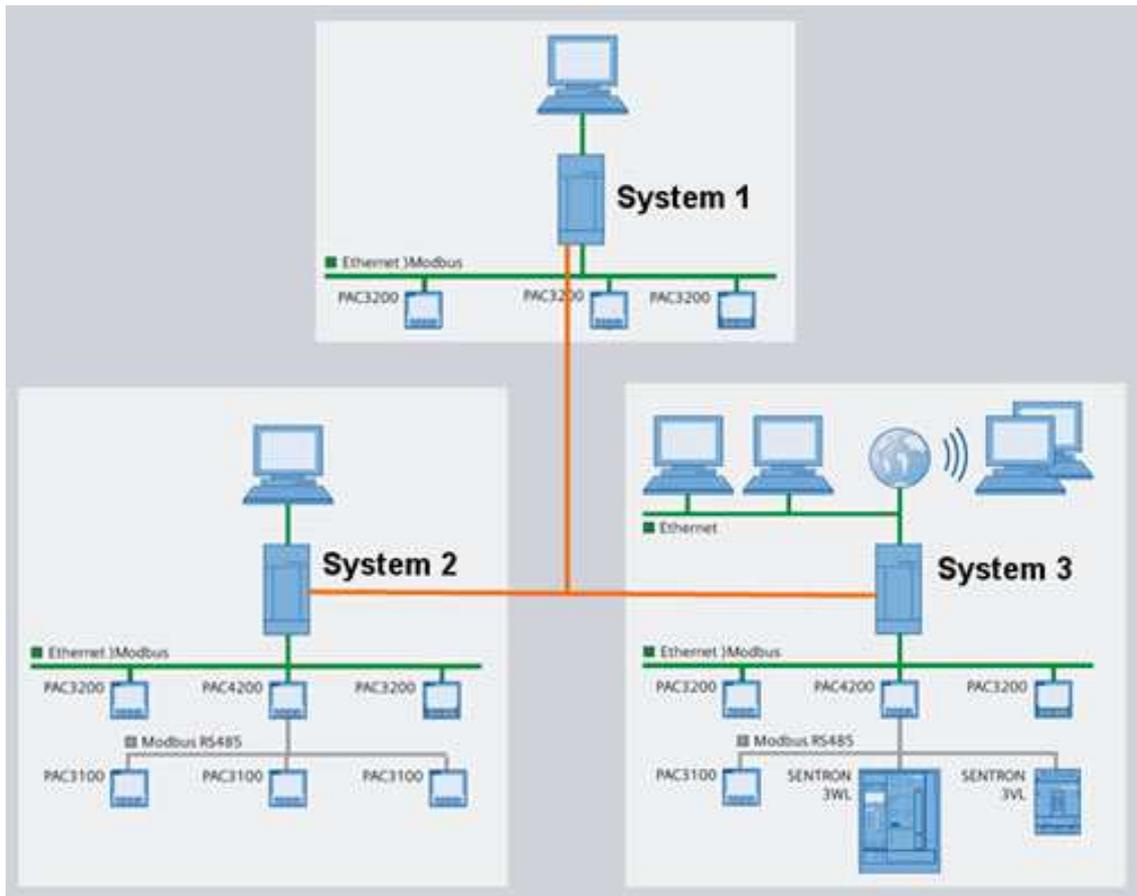


Fig. 4.4.1 Diagrama del diseño del sistema gerencial
Fuente: <http://www.pronit.com.tr/Project/images/SPMLayout.jpg>

Se procede a la creación de un sistema gerencial de equipos utilizando 2Sentron Pac 3200 ver Fig 4.1.2



Fig 4.1.2 Sentron Pac3200
Fuente: Autores

Placa del motor para simular la carga para las pruebas ver Fig 4.1.3

SIEMENS		3~Motor 1LA7 114-2YA60		
		7.5 HP	To -15/40°C	IMB3
S1	IP55	220YY / 440Y V	F51.15	
	FP 0.87	21.8 / 10.9 A	Aisl. F	
60Hz	η 77.4	la 5.8ln	112M	33.4kg
IEC34	1000msnm	Tn/To 15.4/30.8Nm	3460 rpm	

Fig 4.1.3 Placa de Motor
Fuente: Autores

Instalación de los 3 transformadores de corriente para medir la corriente eléctrica en las 3 fases ver Fig 4.1.4 y Fig 4.1.5



Fig 4.1.4 Instalación de TC
Fuente: Autores



Fig 4.1.5 Instalación de TC
Fuente: Autores

Conexión eléctrica de los 3 transformadores de corriente con los SentronPac 3200 ver Fig 4.1.6, Fig 4.1.7 y Fig 4.1.8



Fig 4.1.6 Conexión de TC con SentronPac 3200
Fuente: Autores

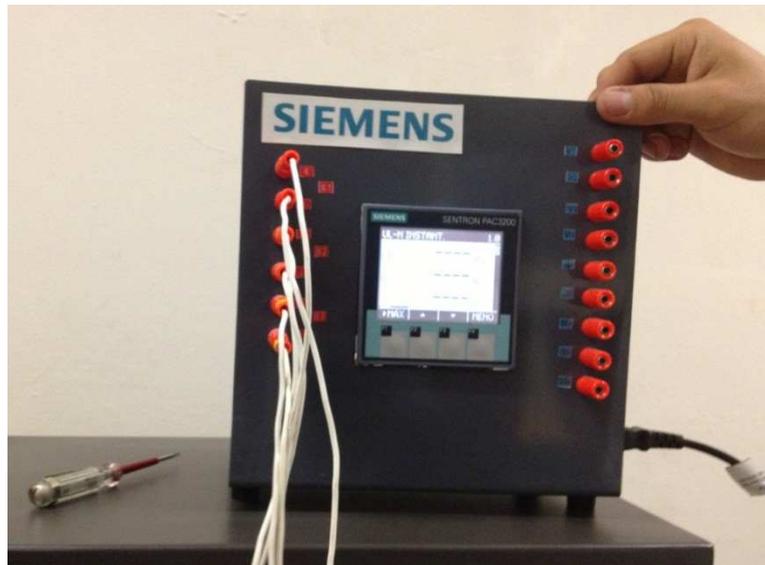


Fig 4.1.7 Conexión de TC con SentronPac 3200
Fuente: Autores



Fig. 4.1.8 Conexión de TC con SentronPac 3200
Fuente: Autores

Programamos el Sentron Pac3200 para medir una conexión trifásica tipo estrella ver Fig. 4.1.9 y luego prendemos el motor ver Fig. 4.1.10 para comparar la corriente entre el arrancador suave del laboratorio y el SentronPac 3200.



Fig. 4.1.9 Programación de SentronPac 3200
Fuente: Autores



Fig. 4.1.10 Arranque de motor para medir corriente
Fuente: Autores

Medición de corriente y comparación entre SentronPac 3200 y el arrancador suave del laboratorio ver Fig. 4.1.11



Fig 4.1.11 Medición de corriente con SentronPac 3200
Fuente: Autores

Medición de voltaje de línea a línea con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.12

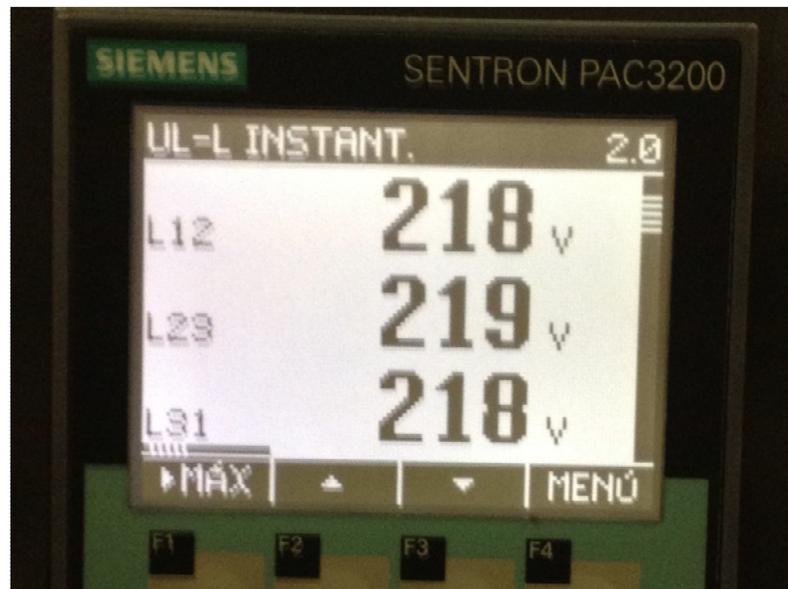


Fig 4.1.12 Medición de voltaje de línea a línea con SentronPac 3200
Fuente: Autores

Medición de voltaje de línea a neutro con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.13

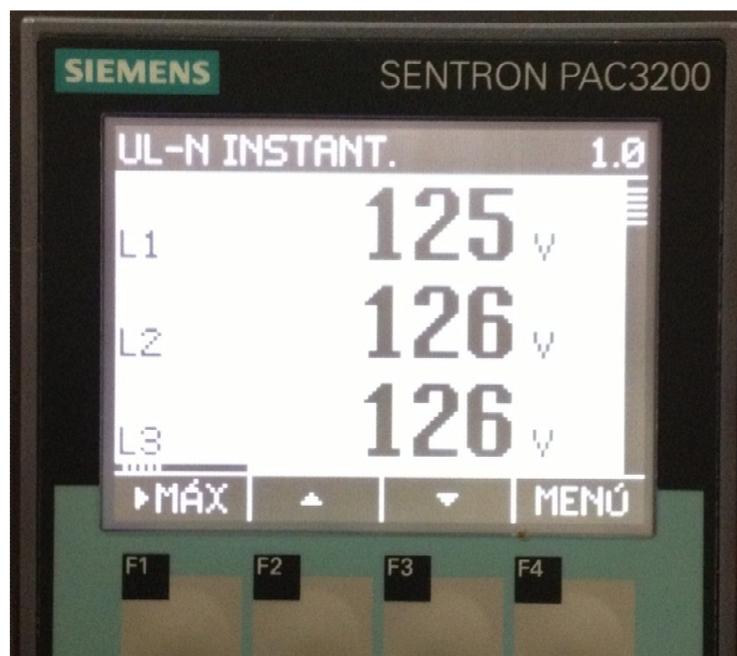


Fig 4.1.13 Medición de voltaje de línea a neutro con SentronPac 3200
Fuente: Autores

Medición de corriente de arranque del motor con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.14



Fig 4.1.14 Medición de corriente de arranque del motor
Fuente: Autores

Medición de potencia activa del motor con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.15



Fig 4.1.15 Medición de potencia activa del motor
Fuente: Autores

Medición de potencia reactiva del motor con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.16



Fig 4.1.16 Medición de potencia reactiva del motor
Fuente: Autores

Medición de sumatorias de potencias instantáneas del motor con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.17



Fig. 4.1.17 Medición de sumatorias de potencia del motor
Fuente: Autores

Medición del factor de potencia por líneas del motor con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.18



Fig. 4.1.18 Medición del FP por línea del motor con SentronPac 3200

Fuente: Autores

Medición del factor de potencia total del motor con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.19



Fig. 4.1.19 Medición del FP Total del motor con SentronPac 3200

Fuente: Autores

Medición de la frecuencia del motor con el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.20



Fig. 4.1.20 Medición de la frecuencia del motor con SentronPac 3200
Fuente: Autores

Se procede a las conexiones de equipos formando una red a través de protocolo Ethernet conectado 2 SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.21

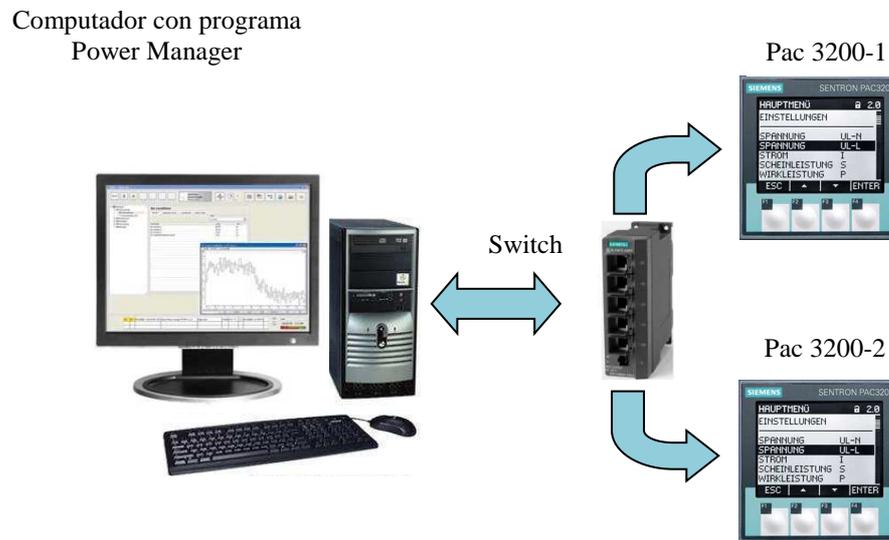


Fig. 4.1.21 Conexión de equipos
Fuente: Autores

Programación del sistema de gerenciamiento utilizando el programa Power Manager diseñado por la empresa Siemens S.A 3200 ver Fig. 4.1.22

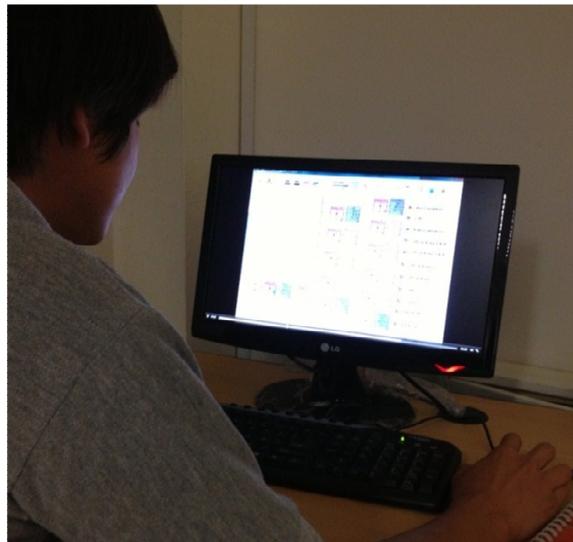


Fig. 4.1.22 Estudiante programando el sistema
Fuente: Autores

Se ingresa al programa de gerenciamiento utilizando el programa Power Manager se procede a crear una empresa en nuestro caso de demostración llamaremos Laboratorio, el mismo que puede contener en varios grupos que se llamará Sector 1 y a su vez conectaran 2 SentronPac 3200, se configura las dirección IP del computador y los 2 SentronPac 3200 igual como se configura una red normal con protocolo ethernet ver Fig. 4.1.23

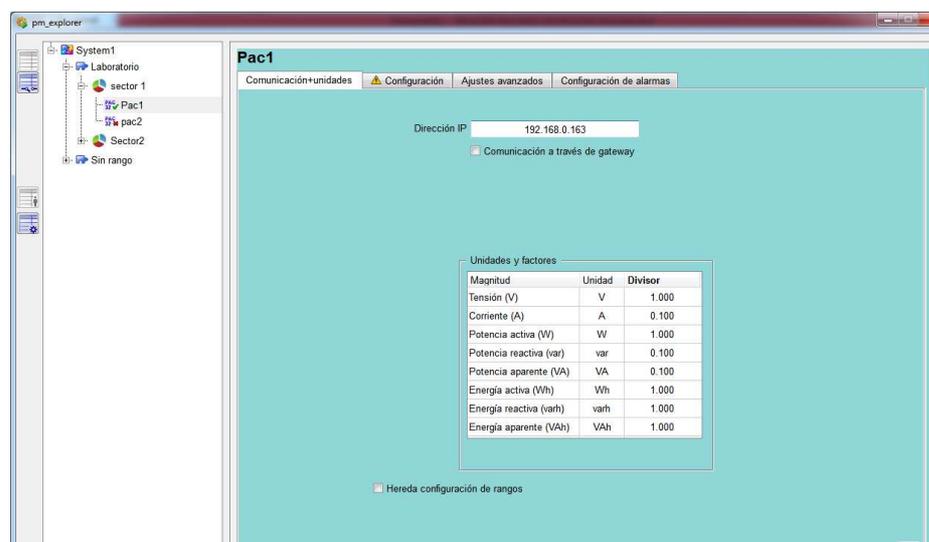


Fig. 4.1.23 Configuración de IP
Fuente: Autores

Configuración de variables eléctricas que se van a medir, alarmas y mensaje a alerta. Ver Fig. 4.1.24

Grupo	Elemento	Indicación	Dirección	Archivado	Alarma	Alarma de	Alarma de	Alert class	Unidad
Tensión	Pac1 Desbalance de amplitudes en	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	%
Tensión	Pac1 Tensión trifásica promedio L-1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión trifásica promedio L-2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión trifásica promedio L-3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión trifásica promedio m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión máxima L1-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión máxima L2-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión máxima L3-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión máxima L1-L2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión máxima L2-L3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión máxima L3-L1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión trifásica promedio m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión trifásica promedio m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión mínima L1-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión mínima L2-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión mínima L3-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión mínima L1-L2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión mínima L2-L3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión mínima L3-L1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión L1-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión L2-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión L3-N	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión L1-L2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión L2-L3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Tensión	Pac1 Tensión L3-L1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	V
Valores de corrie	Pac1 Desbalance de amplitudes en	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	%
Valores de corrie	Pac1 Corriente trifásica media	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	A
Valores de corrie	Pac1 Corriente L1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	A
Valores de corrie	Pac1 Corriente L2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1000.00	-1000.00	warning	A

Fig. 4.1.24 Configuración de variables eléctricas
Fuente: Autores

Configuración de ajustes avanzados nos ayuda a configurar el idioma y donde se guardarán los datos en nuestro computador ver Fig. 4.1.25

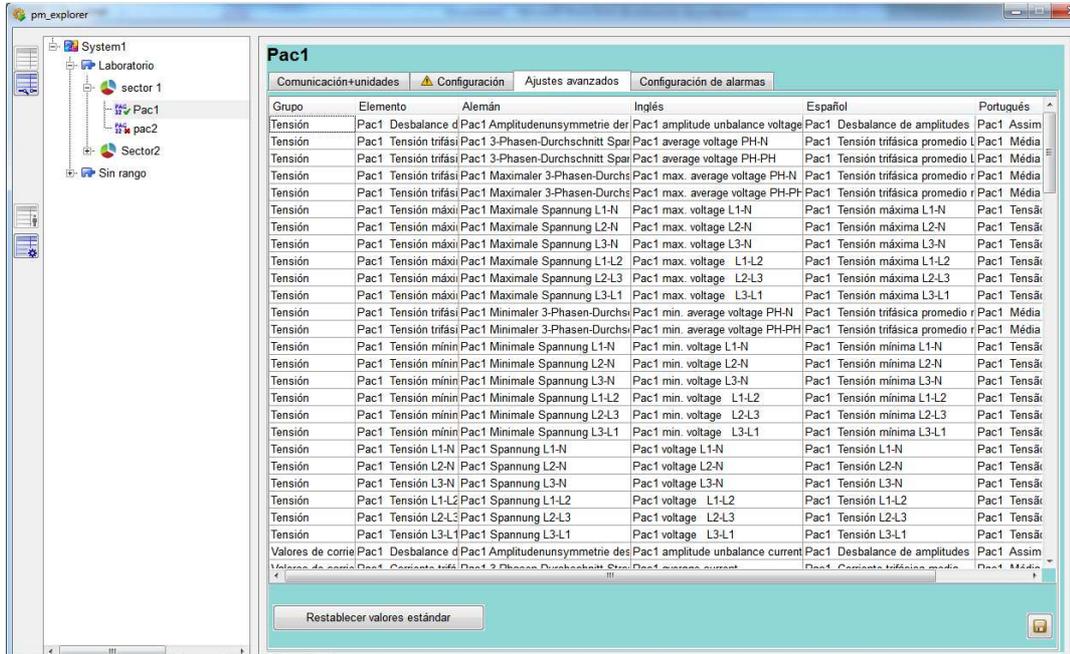


Fig. 4.1.25 Configuración ajustes avanzada
Fuente: Autores

Damos 1 click en el SentronPac 1 y podemos observar las variables eléctricas de la calidad de la red eléctrica que está midiendo en tiempo real ver Fig. 4.1.26

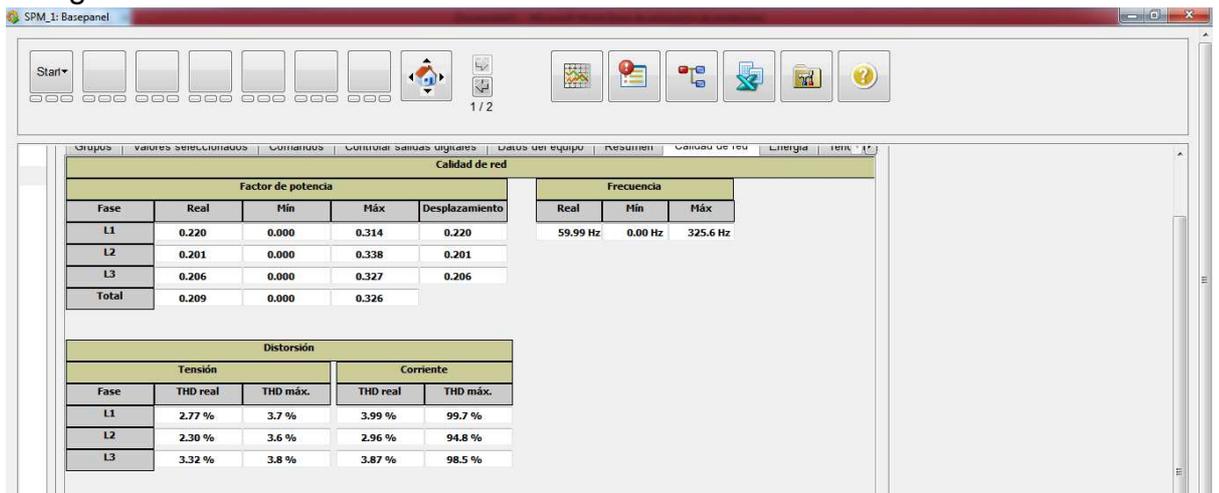


Fig. 4.1.26 Medición de variables eléctricas
Fuente: Autores

Dando click a las diferentes pestañas del Software observamos todas las variables eléctricas de energía que mide el SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.27

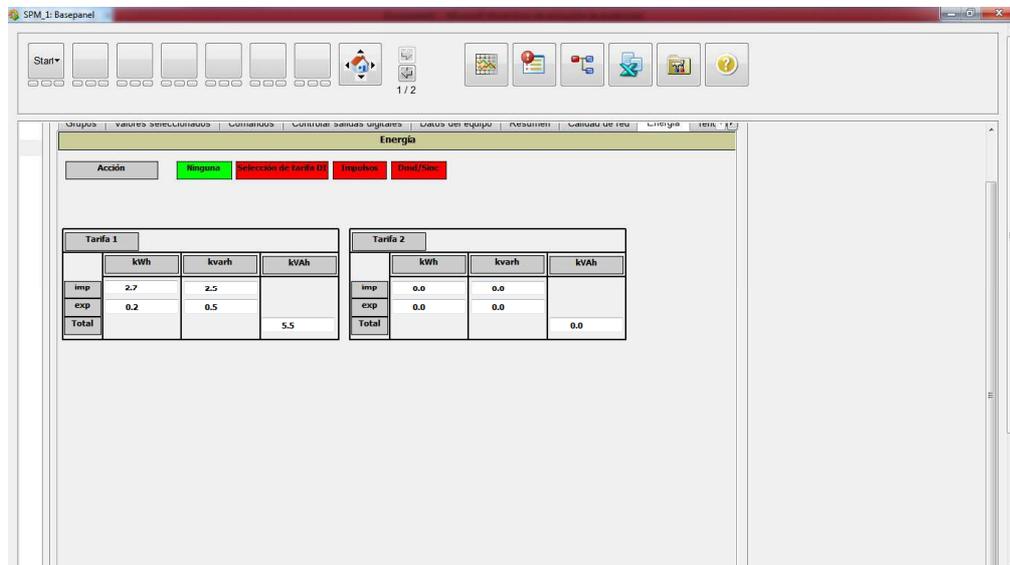


Fig. 4.1.27 Medición de variables eléctricas de energía
Fuente: Autores

Dando click a las diferentes pestañas del Software observamos toda la información del SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.28

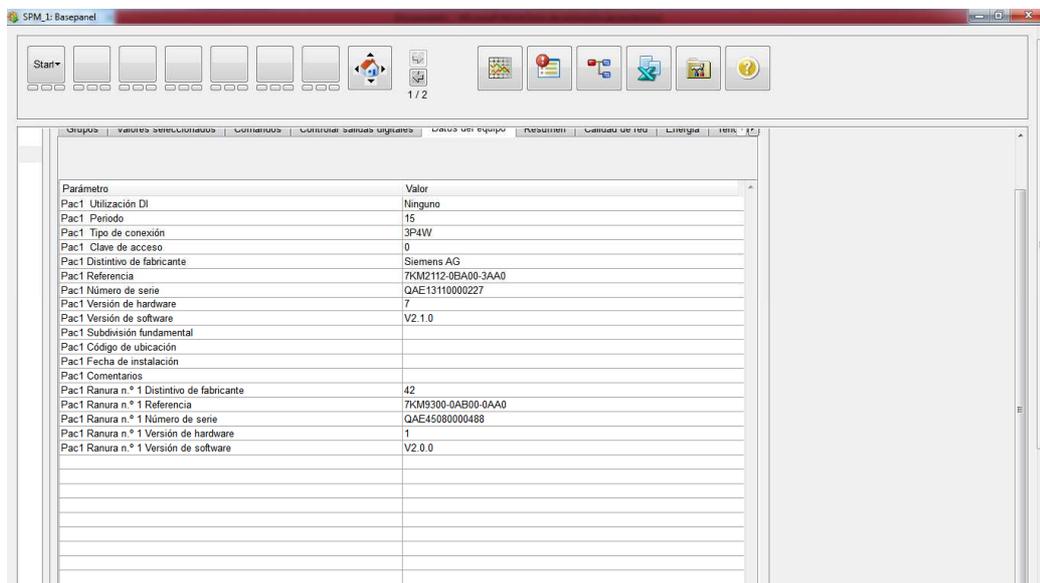


Fig. 4.1.28 Información del SentronPac 3200
Fuente: Autores

Dando click a las diferentes pestañas del Software observamos los valores seleccionados del SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.29

Descripción	Valor	Unidad
Pac1 Corriente L1	6.65	A
Pac1 Corriente L2	7.23	A
Pac1 Corriente L3	7.69	A
Pac1 Tensión L1-L2	215.3	V
Pac1 Tensión L2-L3	212.8	V
Pac1 Tensión L3-L1	210.7	V
Pac1 Tensión L1-N	124.9	V
Pac1 Tensión L2-N	124.8	V
Pac1 Tensión L3-N	119.7	V
Pac1 Potencia activa acumulada importada	41.2	W
Pac1 Potencia reactiva acumulada importada	1886.0	var
Pac1 Potencia activa total	56.2	W
Pac1 Potencia reactiva total (VARn)	2580.6	var
Pac1 Potencia aparente total	2649.5	VA
Pac1 Factor total de potencia	0.212	
Pac1 Frecuencia de red	60.01	Hz
Pac1 Energía activa importada, tarifa 1	2707.7	Wh
Pac1 Energía reactiva importada, tarifa 1	2535.8	varh

Fig. 4.1.29 Valores Seleccionados

Fuente: Autores

Dando click a las diferentes pestañas del Software observamos los Grupos seleccionados donde puedo filtrar los valores de corriente del SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.30

Descripción	Valor	Unidad
Pac1 Corriente L1	6.57	A
Pac1 Corriente L2	7.14	A
Pac1 Corriente L3	7.57	A
Pac1 Desbalance de amplitudes en corriente	7.43	%

Fig. 4.1.30 Valores de Corriente

Fuente: Autores

Dando click a las diferentes pestañas del Software observamos los Grupos seleccionados donde puedo filtrar los valores de potencia del SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.31

System1 - Pac1

Grupos: Valores seleccionados | Comandos | Controlar salidas digitales | Datos del equipo | Resumen | Calidad de red | Energía | Tenc

Filtros: Valores de potencia

Descripción	Valor	Unidad
Pac1 Potencia activa total	55.8	W
Pac1 Potencia activa L1	18.5	W
Pac1 Potencia activa L2	18.1	W
Pac1 Potencia activa L3	19.3	W
Pac1 Potencia reactiva total (VARn)	2598.3	var
Pac1 Potencia reactiva L1 (VARn)	812.7	var
Pac1 Potencia reactiva L2 (VARn)	883.3	var
Pac1 Potencia reactiva L3 (VARn)	902.3	var
Pac1 Potencia aparente total	2664.9	VA
Pac1 Potencia aparente L1	836.0	VA
Pac1 Potencia aparente L2	904.5	VA
Pac1 Potencia aparente L3	924.4	VA
Pac1 Potencia activa acumulada importada	41.2	W
Pac1 Potencia activa acumulada exportada	0.1	W
Pac1 Potencia reactiva acumulada importada	1886.0	var
Pac1 Potencia reactiva acumulada exportada	5.7	var

Fig. 4.1.31 Valores de Potencia
Fuente: Autores

Dando click a las diferentes pestañas del Software observamos los Grupos seleccionados donde puedo filtrar los valores de THD del SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.32

Descripción	Valor	Unidad
Pac1 THD/R en tensión L1-N	3.02	%
Pac1 THD/R en tensión L2-N	2.94	%
Pac1 THD/R en tensión L3-N	3.26	%
Pac1 THD/R en corriente L1-N	4.08	%
Pac1 THD/R en corriente L2-N	2.63	%
Pac1 THD/R en corriente L3-N	2.28	%

Fig. 4.1.32 Valores de THD
Fuente: Autores

Dando click a las diferentes pestañas del Software observamos los Grupos seleccionados donde puedo filtrar los valores de Energía del SentronPac 3200 ver Fig. 4.1.33

Descripción	Valor	Unidad
Pac1 Energía activa importada, tarifa 1	2713.0	Wh
Pac1 Energía reactiva importada, tarifa 1	2560.4	varh
Pac1 Energía aparente, tarifa 1	5595.9	VAh
Pac1 Energía activa exportada, tarifa 1	155.5	Wh
Pac1 Energía reactiva exportada, tarifa 1	496.1	varh
Pac1 Energía activa importada, tarifa 2	0.0	Wh
Pac1 Energía reactiva importada, tarifa 2	0.0	varh
Pac1 Energía aparente, tarifa 2	0.0	VAh
Pac1 Energía activa exportada, tarifa 2	0.0	Wh
Pac1 Energía reactiva exportada, tarifa 2	0.0	varh

Fig. 4.1.33Valores de Energía
Fuente: Autores

Dando click a las diferentes pestañas del Software observamos la tendencia donde se gráfica y variables eléctricas seleccionadas donde puede observar el comportamiento de la variable eléctrica y puedo determinar si el comportamiento de la calidad de energía presenta anomalías ver Fig. 4.1.34

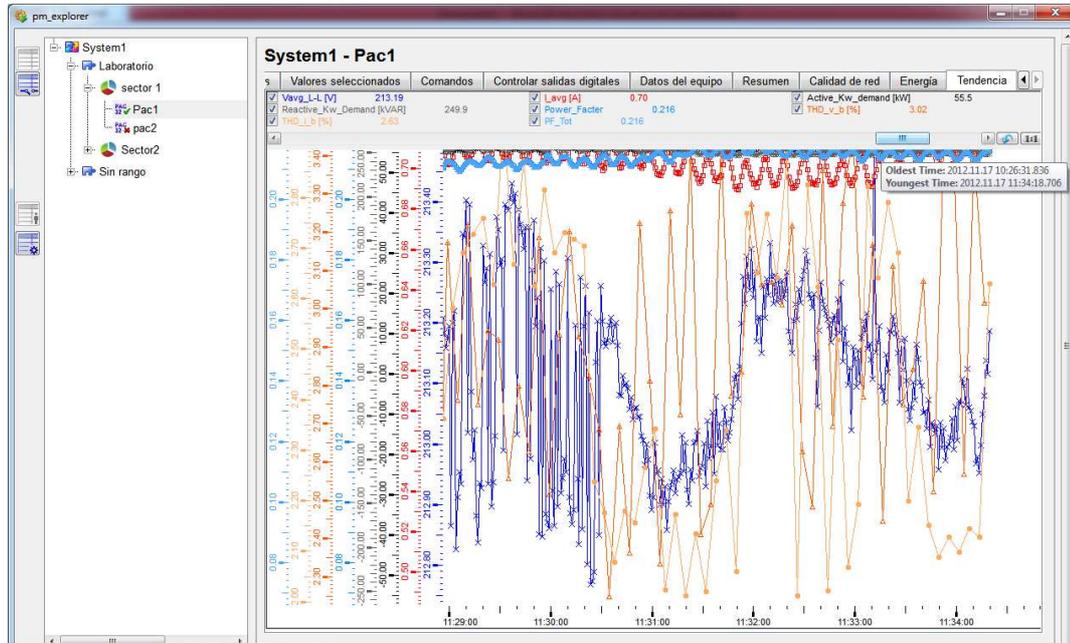


Fig. 4.1.34 Tendencias

Fuente: Autores

A través de este software el estudiante puede diseñar diferentes prácticas, las mediciones de PAC 2 son iguales al PAC 1; debido a que se encuentra instalado a la misma carga con los cual terminamos de configurar este sistema gerencias de energía eléctrica.

CONCLUSIONES

La disminución de los recursos, el aumento de precios, aumento de la sensibilidad ante los impactos ambientales, el uso eficiente de la energía eléctrica son hoy más importante que nunca, especialmente en áreas con alto consumo. Implementar la gestión inteligente de la energía, junto con la eficiencia energética con la ayuda de equipos y componentes es posible optimizar la gestión energética en las plantas de proceso y reducir significativamente los costos de operación.

Con Power Manager se detecta todos los valores medidos para optimizar el consumo de energía y su consecuente reducción de costos. Esto incluye los valores energéticos y las características eléctricas como corriente, tensión y factor de potencia. Los valores no sólo se visualizan sino que además se pueden monitorear y archivar para evaluaciones futuras. Los datos se pueden visualizar y comparar en las curvas de carga para optimizar sus valores energéticos promedio. Las evaluaciones de consumo se generan rápidamente a través de los informes suministrados por el centro de costos o de los informes de configuración libre, según sus requisitos particulares.

Con este software los estudiantes podrán aprender a manejar un sistema gerencial para la administración de energía eléctrica de cualquier empresa, realizar diferentes prácticas donde se simulen varios casos de medición de energía eléctrica donde el estudiante realice un análisis y demostrar sus conocimientos adquiridos en el transcurso de su carrera como estudiante.

Adicionalmente logramos tener un proyecto real de administración y manejo de energía eléctrica utilizando el software Power Manager, que es un

programa que actualmente las empresas en el Ecuador y a nivel mundial están utilizando para el control de energía y poder generar reportes de tendencias de las diferentes variables eléctricas de acuerdo a las necesidades de analizar para bajar costos operativos y administrar de forma adecuada el suministro eléctrico.

RECOMENDACIONES

Que en futuros trabajos de tesis se continúe mejorando el uso del sistema gerencial de manejo de energía eléctrica para empresas utilizando como plataforma el uso de internet para que los valores sean visto en un portal o sitio web desde cualquier lugar del mundo.

Debido a que el laboratorio cuenta con pocos equipos, que se continúe adquiriendo más equipos SentronPac 3200 para formar una mayor red de equipos de medición ya que la cantidad de los equipos determinan el tamaño de la red a controlar.

También es importante construir un tablero de cargas eléctricas, resistivas, inductivas y capacitivas para medir a través de SentronPac 3200, los diferentes comportamientos de la energía eléctrica, para que los estudiantes puedan adquirir conocimientos prácticos que nos acerca a la realidad de la industria, a través de estos conocimientos los estudiantes pueden dar soluciones técnicas en base a experiencias adquiridas lo cual lleva a una buena administración de la energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

Club Ensayos, M. C. (2012). Club Ensayos. Recuperado el 14 de 10 de 2012, de Metodo Cientifico: <http://clubensayos.com/Historia/El-Metodo-Cientifico/355572.html>

Emagister, P. (2012). Grupos Emagister. Recuperado el 1 de 10 de 2012, de Profibus:
<http://grupos.emagister.com/ficheros/vcruzada?fdwn=1&idGrupo=1543&idFichero=580227>

FCAEC, F. U. (2012). Fundación Universitaria Luis Amigo. Recuperado el 5 de 10 de 2012, de Facultad de Ciencias Administrativas Económicas y Contables: <http://www.funlam.edu.co/administracion.modulo/NIVEL-06/TeoriaYMetodologiaDeLaInvestigacion.pdf>

Fluke, C. d. (2012). Fluke. Recuperado el 6 de 10 de 2012, de Calidad de energia electrica: <http://www.fluke.com/fluke/eses/products/calidad-energia-electrica.htm>

Inele, U. d. (2012). Departamento de Ingeniería Eléctrica de Universidad de La Frontera. Recuperado el 4 de 10 de 2012, de Departamento de Ingeniería Eléctrica:
www.inele.ufro.cl/apuntes/Sistemas_de_Potencia.../Capitulo_1.pdf

LAGUNAS, J. P. (2012). Liceo Vicente Pérez Rosales. Recuperado el 2 de 10 de 2012, de Protecciones eléctricas:
<https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:q6FmDPb9zS4J:www.liceovpr.cl/v.7/index.php/2011-11-06-20-46-49/category/48-mantenimiento-y-operacion-de-maquinas-y-equipos-electricos%3Fdownload%3D68:protecciones-elctricas+Presente+en+los+disyuntores+magn%C3%A9t>

- Siemens, A. S. (2012). Automation Siemens. Recuperado el 8 de 10 de 2012, de Sentron Pac 3200: <https://www.automation.siemens.com/cd-static/material/info/e20001-a100-l300-v2-7800.pdf>
- Siemens, P. (2012). Automation Siemens. Recuperado el 11 de 10 de 2012, de Profibus: <http://www.automation.siemens.com/mcms/industrial-communication/es/profibus/pages/profibus.aspx>
- Siemens, P. (2012). Siemens. Recuperado el 6 de 10 de 2012, de Powermanager: <http://w3.siemens.com/powerdistribution/low-voltage/es/portfolio/software/software-sentron/powermanager/pages/powermanager.aspx>
- Siemens, P. (2012). Siemens. Recuperado el 8 de 10 de 2012, de Powerconfig: <http://w3.siemens.com/powerdistribution/low-voltage/en/product-portfolio/software/software-sentron/powerconfig/pages/powerconfig.aspx>
- Textos Cientificos, P. O. (2012). Textos Cientificos. Recuperado el 1 de 10 de 2012, de Principios Operacion Ethernet: <http://www.textoscientificos.com/redes/ethernet/principios-operacion-ethernet>
- Voltimum, A. d. (2012). Voltimum. Recuperado el 7 de 10 de 2012, de Análisis de la calidad de la energía eléctrica en sistemas trifásicos de distribución: <http://www.voltimum.es/news/607/cm/analisis-de-la-calidad-de-la-energia-electrica-en-sistemas-trifasicos-de-distribucion.html>
- Watergy, O. I. (2012). Watergy A.C. Recuperado el 7 de 10 de 2012, de Optimizando la Operación y el Mantenimiento: [http://www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%](http://www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento)

20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Calidad%20de%20la%20
Energia.pdf

ANEXOS I
MANUAL DE OPERACIÓN DEL MEDIDOR SENTRON
PAC 3200 SIEMENS

ANEXOS II
MANUAL DELPOWER MANAGER SIEMENS