



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

TEMA:

“Investigación y Desarrollo un Sistema de Control para el mejoramiento del Factor de potencia en Edificio e Industrias utilizando un Sentron PAC 3200”

Previa la obtención del Título

INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

ELABORADO POR:

JORGE LUIS MENA ALDAZ

MICHAEL ANTONIO NOBOA MORENO

GUAYAQUIL, JULIO 2012



CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los señores Jorge Luis Mena Aldaz y Michael Antonio Noboa Moreno como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Ingeniero Eléctrico-Mecánico en Gestión Empresarial Industrial.

Guayaquil, Julio del año 2012

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Oscar Omar Carrasco Agraces

REVISOR:

Ing. Eduardo Napoleón Zambrano Robayo

REVISOR:

Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Miguel Armando Heras Sanchez



DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Jorge Luis Mena Aldaz y Michael Antonio Noboa Moreno

DECLARAMOS QUE:

La tesis de “Investigación y Desarrollo un Sistema de Control para el mejoramiento del Factor de potencia en Edificio e Industrias utilizando un Sentron PAC 3200”, 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, Julio del año 2012

LOS AUTORES

Sr. Jorge Luis Mena Aldaz

Sr. Michael Antonio Noboa Moreno



AUTORIZACIÓN

Jorge Luis Mena Aldaz y Michael Antonio Noboa Moreno

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución de la Tesis de Grado titulada: “Investigación y Desarrollo un Sistema de Control para el mejoramiento del Factor de potencia en Edificio e Industrias utilizando un Sentron PAC 3200”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Julio del año 2012

LOS AUTORES

Sr. Jorge Luis Mena Aldaz

Sr. Michael Antonio Noboa Moreno

Agradecimientos

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia a mi PADRE, mi MADRE, a familia; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. Por último a mi compañero de tesis porque en esta armonía grupal lo hemos logrado y a mi director de tesis quién nos ayudó en todo momento, Ing. Oscar Carrasco.

Jorge Luis Mena Aldaz

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por esto agradezco a nuestro director de trabajo de graduación, Ing. Oscar Carrasco y compañeros. A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Michael Antonio Noboa Moreno

Dedicatoria

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general. También dedico este proyecto a mi esposa, compañera inseparable de cada jornada. Ella representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

Michael Antonio Noboa Moreno

Dedicatoria

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

Jorge Luis Mena Aldaz

Resumen

Este proyecto es de gran importancia para ayudar a la enseñanza de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrico-Mecánica en Gestión Empresarial Industrial de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, para ver cómo funcionan un sistema automático de control para el mejoramiento del factor de potencia en edificios e industrias, donde los estudiantes podrán realizar diferentes prácticas de corrección de potencia cambiando los números de paso automáticos, los tiempos de entradas y salidas de los bloques de capacitores, cálculo de la banca fija de capacitores a través de las fórmulas escritas en este documento.

Además que es un sistema de automatización que cuenta con simulaciones gráficas donde se puede observar el comportamiento del mejoramiento del factor de potencia visualizando las entradas y salidas de los diferentes bloques de capacitores.

Abstract

This project is of great importance to help teaching students of the School of Electrical Engineering-Mechanical Industrial Business Management from the Catholic University of Santiago de Guayaquil, to see how an automatic control for the improvement factor power and industrial building, where students can perform different practices changing power correction automatic step numbers, times of entry and exit of the block capacitors, fixed calculation of the capacitor bank through formulating written in herein.

Furthermore it automation system that features graphic simulations where you can observe the behavior of the power factor improving displaying the inputs and outputs of different block capacitors.

INDICE

CAPÍTULO 1

| | |
|--------------------------------|---|
| PRESENTACIÓN DEL LA TESIS | 1 |
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Antecedentes | 2 |
| 1.3 Justificación del Problema | 2 |
| 1.4 Definición del Problema. | 3 |
| 1.5 Objetivos | 3 |
| 1.5.1 Objetivo General | 3 |
| 1.5.2 Objetivos Específicos | 4 |
| 1.6 Hipótesis | 4 |
| 1.7 Metodología | 5 |

CAPÍTULO 2

| | |
|---|----|
| MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 Generalidades sobre la corrección del factor de potencia | 7 |
| 2.2 Ventajas técnicas de la corrección del factor de potencia | 9 |
| 2.3 Reducción de las pérdidas | 10 |
| 2.4 Reducción de la caída de tensión | 12 |
| 2.5 Medios de producción de la potencia reactiva | 12 |
| 2.5.1 Alternadores sincrónicos | 13 |
| 2.5.2 Compensadores sincrónicos | 13 |
| 2.5.3 Compensadores estáticos | 14 |
| 2.5.4 Baterías de condensadores estáticos | 15 |

| | | |
|--------|--------------------------------------|----|
| 2.5.5 | Tipos de corrección | 17 |
| 2.5.6 | Corrección distribuida | 18 |
| 2.5.7 | Corrección por grupos | 19 |
| 2.5.8 | Corrección centralizada | 20 |
| 2.5.9 | Corrección mixta | 20 |
| 2.5.10 | Corrección automática | 21 |
| 2.6 | Determinación del factor de potencia | 21 |
| 2.7 | Multímetro Sentron PAC 3200 Siemens | 23 |
| 2.7.1 | Gestión de la Energía | 24 |
| 2.7.2 | Profibus | 24 |
| 2.7.3 | Versiones de Profibus | 26 |
| 2.7.4 | Conexiones Físicas | 27 |
| 2.7.5 | Comunicaciones | 28 |
| 2.7.6 | Características: | 28 |
| 2.7.7 | Terminadores de bus | 29 |
| 2.7.8 | Profibus DP | 29 |
| 2.7.9 | Funciones básicas | 30 |
| 2.7.10 | Características Generales | 33 |
| 2.7.11 | Configuración del sistema | 35 |
| 2.7.12 | Interfaz Ethernet | 36 |
| 2.8 | Historia de Ethernet | 37 |
| 2.8.1 | Tecnología Ethernet | 41 |
| 2.8.2 | La capa física | 41 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.8.3 | Arquitectura (estructura lógica) | 42 |
| 2.8.4 | Principios de Operación de Ethernet | 43 |
| 2.8.5 | Direccionamiento de Ethernet | 43 |
| 2.8.6 | Tiempos de Señales de Interfaces Ethernet | 45 |
| 2.8.7 | Componentes de Ethernet a 10 Mb/s | 45 |
| 2.8.8 | Topologías Ethernet | 46 |
| 2.8.9 | Topología Bus | 46 |
| 2.8.10 | Topología Estrella | 47 |
| 2.9 | Qué es un P.L.C.? | 48 |
| 2.9.1. | Las ventajas en el uso del PLC | 49 |
| 2.9.2. | Aspectos Generales del S7-300 | 50 |
| 2.9.3. | Principales Componentes del P.L.C. | 51 |
| 2.9.4. | Tamaño del S7-300 | 53 |
| 2.9.5. | Descripción de los 5 Módulos Centrales | 53 |
| 2.9.6. | Montaje e Interconexión de los Módulos | 56 |
| 2.9.7. | Prestaciones | 57 |
| 2.9.8. | Tipos de Módulos Disponibles | 58 |
| 2.9.8.1. | Módulos de entradas digitales | 58 |
| 2.9.8.2. | Módulos de salidas digitales | 59 |
| 2.9.8.3. | Módulos de entradas analógicas | 59 |
| 2.9.8.4. | Módulos de salidas analógicas | 59 |
| 2.9.8.5. | Módulos económicos | 59 |
| 2.9.8.6. | Módulos de función para tareas especiales | 60 |

| | |
|--|----|
| 2.9.8.7. Módulo de simulación | 60 |
| 2.9.8.8. Módulo de suministro de energía | 60 |
| 2.9.8.9. Módulos de interconexión o interface | 60 |
| 2.9.9. Prestaciones Especiales del P.L.C. | 60 |
| 2.9.9.1. Contadores de alta velocidad: | 61 |
| 2.9.9.2. Protección con contraseña: | 61 |
| 2.9.9.3. Función de forzado: | 61 |
| 2.9.9.4. Modo Freeport: | 61 |
| 2.9.9.5. Marcas especiales: | 61 |
| 2.9.9.6. Direccionamiento simbólico: | 61 |
| 2.9.9.7. Libre mantenimiento: | 61 |
| 2.9.10. Aplicaciones del S7-300 | 62 |
| 2.9.10.1. Sistemas de transporte: | 62 |
| 2.9.10.2. Controles de entrada y salida: | 62 |
| 2.9.10.3. Sistemas de elevación: | 62 |
| 2.9.10.4. Otras aplicaciones: | 63 |
| 2.9.11. HMI | 63 |
| 2.9.11.1. Tipos de HMI: | 64 |
| 2.9.11.2. Software HMI | 65 |
| 2.9.11.3. Comunicación | 65 |
| 2.9.11.4. Elementos de control del OP 177B (Ver Fig. 2.9.11.4) | 66 |
| 2.9.11.5. Procedimiento para insertar una tarjeta de memoria | 66 |
| 2.9.11.6. Configuración del sistema operativo del OP 177B | 67 |

| | | |
|----------------------|---|----|
| 2.9.12. | SIMATIC WinCC flexible | 68 |
| 2.9.12.1. | SIMATIC WinCC flexible Runtime Software | 69 |
| 2.9.12.2. | Interfaz de usuario sencilla y cómoda | 69 |
| 2.9.12.3. | ¿En qué consiste el software STEP 7? | 70 |
| 2.9.12.4. | El software estándar STEP 7 | 71 |
| 2.9.12.5. | Funciones del software estándar | 71 |
| 2.9.12.6. | Administrador SIMATIC | 72 |
| 2.9.12.7. | Editor de símbolos | 73 |
| 2.9.12.8. | Diagnóstico del hardware | 73 |
| 2.9.12.9. | Lenguajes de programación | 74 |
| 2.9.12.10. | HW-Config: Configuración del hardware | 74 |
| 2.9.12.11. | NetPro | 75 |
| | | |
| CAPÍTULO 3 | | |
| | | |
| MÉTODOS Y MATERIALES | | 77 |
| 3.1 | Justificación de la elección del método | 77 |
| 3.1.1 | Método empírico-analítico | 77 |
| 3.1.2 | Método experimental | 78 |
| 3.1.2.1 | Método hipotético deductivo | 78 |
| 3.1.2.2 | Método de la observación científica | 78 |
| 3.2 | Materiales Utilizados | 78 |
| 3.2.1 | Software Powerconfig Siemens | 79 |
| 3.2.2 | Multímetro Industrial Sentron PAC3200 Siemens | 79 |

CAPÍTULO 4

| | |
|---|----|
| RESULTADOS – DISCUSIÓN | 81 |
| 4.1 Implementación de un Sistema | 81 |
| 4.2 Imágenes de Implementación | 82 |
| 4.3 Diagrama de Conexión al Motor con el Sentron PAC3200 Siemens | 86 |
| 4.4 Tablas de Datos Capturados en el equipo de medición Sentron Pac 3200. | 87 |

CAPÍTULO 5

| | |
|--------------------------------|----|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 90 |
| 5.1 Conclusiones | 90 |
| 5.2 Recomendaciones | 90 |

CAPÍTULO 1

PRESENTACIÓN DEL LA TESIS

1.1 Introducción

En una instalación eléctrica, los elementos que la componen pueden actuar como consumidores, que utilizan la potencia eléctrica (activa) de la red como fuente de energía de alimentación (ordenadores, impresoras, aparatos de diagnóstico, etc.), o como convertidor en otra forma de energía (p. ej., lámparas o estufas eléctricas) o en trabajo útil (p. ej., motores eléctricos). Para que esto ocurra, generalmente es necesario que el elemento de la instalación intercambie con la red (con un consumo neto nulo) energía reactiva principalmente de tipo inductivo. Esta energía, incluso si no se convierte inmediatamente en otras formas, contribuye a incrementar la potencia total que transita la red eléctrica, desde los generadores, a lo largo de todas las líneas eléctricas, hasta los elementos que la utilizan. Para atenuar este efecto negativo es necesaria la corrección del factor de potencia en las instalaciones eléctricas. La corrección, mediante el uso de baterías de condensadores para generar in situ la energía reactiva necesaria para la transferencia de potencia eléctrica útil, permite una gestión técnico-económica mejor y más racional de las instalaciones. Además, la actual difusión de equipos de corriente continua, como circuitos electrónicos y convertidores para accionamientos eléctricos, conlleva la generación de armónicos de corriente que se vierten en la red, con la consiguiente contaminación y distorsión de las formas de onda de otras cargas asociadas. Por ello, el uso de filtros para armónicos, ya sean pasivos o activos, contribuye a mejorar la calidad de potencia total de la red, efectuando también la corrección a la frecuencia de red si dichos filtros se encuentran debidamente dimensionados.

1.2 Antecedentes

El origen del bajo factor de potencia son las cargas de naturaleza inductiva. Las cargas puramente resistivas, tales como calefactores, lámparas incandescentes, etc. no requieren potencia reactiva para su funcionamiento, entonces la potencia reactiva y la potencia total son iguales ($F.P. = 1$). Sin embargo, equipo eléctrico que requiere para su funcionamiento de la corriente de magnetización para la creación del campo magnético, tal como motores, transformadores, balastos, etc. consumen además, potencia reactiva (KVAR) de la red. Esta potencia reactiva (KVAR) para evitar problemas en la instalación deberá generarse con capacitores de potencia. Los sistemas de compensación de reactivos (capacitores principalmente) son una forma práctica y económica de mejorar el factor de potencia, sobre todo en instalaciones existentes. Los capacitores instalados correctamente y con el valor adecuado compensan la energía reactiva necesaria requerida por la instalación elevando el factor de potencia por encima de los valores mínimos exigidos.

1.3 Justificación del Problema

La implementación de un Sistema de Control para el mejoramiento del Factor de potencia en Edificio e Industrias utilizando un Sentron PAC 3200 aportara una herramienta efectiva de fácil entendimiento para el estudiante, para mejorar el bajo factor de potencia para el consumidor de una fábrica, edificio o instalación eléctrica en general de manera, de automática controlada a través de un PLC, un HMI y un medidor de energía. Permitirá poner en práctica conocimientos de programación de los estudiantes de las carreras de Eléctrico - Mecánica y Electrónica en Control y Automatismo en las materias donde se realizan mediciones eléctricas, de tal forma que implementando el laboratorio con estos equipos, los conocimientos teóricos van a ser reforzados con la operación de este sistema de monitoreo.

1.4 Definición del Problema.

El bajo factor de potencia para el consumidor de una fábrica, edificio o instalación eléctrica, produce mayor consumo de corriente, aumento de las pérdidas e incremento de las caídas de tensión en los conductores, sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución (conductores), limita la capacidad de los equipos con el riesgo de incurrir en sobrecargas peligrosas y pérdidas excesivas con un dispendio de energía e incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.

Problemas por bajo factor de potencia a la empresa distribuidora de energía, genera mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional, mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva, elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica. A través de un Sistema de Control para el mejoramiento del Factor de potencia en Edificio e Industrias utilizando un Sentron PAC 3200 se puede corregir el bajo factor de potencia de manera automática.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Implementar y Desarrollo un Sistema de Control para el mejoramiento del Factor de potencia en Edificio e Industrias utilizando un Sentron PAC 3200 que permita corregir el bajo factor potencia en Instalaciones eléctricas en general.

1.5.2 Objetivos Específicos

- ✓ Fortalecer los conocimientos de cálculo para mejorar el factor de potencia en las instalaciones eléctricas en general para los estudiantes en la carrera de eléctrico-mecánica de la Facultad Técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y brindar las bases para el desarrollo teórico-práctico necesario, a fin de realizar un aprendizaje experimental que direcciona al estudiante a obtener sus propias conclusiones.

- ✓ Realizar el diseño del sistema de automático de a través de un PLC, HMI y un Medidor de energía para que este sea objeto didáctico en los estudiantes.

- ✓ Implementar un programa didáctico para la demostración de la corrección del bajo factor de potencia en una fábrica o edificio.

1.6 Hipótesis

En el presente proyecto se implementara un sistema automatizado, que nos permitirá mejorar el bajo Factor de Potencia mediante la aplicación de un equipo multimedidor Siemens SENTRON PAC 3200, desarrollado un modelo para el aprendizaje y realización de prácticas estudiantiles en las aulas de la FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO DE LA “UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL”, logrado mediante un sistema de control automático que permita simular diferentes condiciones de carga e inestabilidad del factor de potencia.

1.7 Metodología

El objetivo fundamental de la investigación experimental es comprobar, mediante un control exhaustivo de las condiciones experimentales, la relación causal entre los fenómenos empíricos. Por este motivo permite estudiar hechos, establecer leyes y comprobar hipótesis.

La 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.

Las Etapas que los estudiantes realizamos para llevar a cabo la investigación experimental.

- ✓ Revisar la literatura relativa al problema. Identificar y definir el problema.
- ✓ Formular la hipótesis explicativa, deducir sus consecuencias en términos observables y definir términos básicos.
- ✓ Elaborar plan experimental.
- ✓ Identificar todos los factores o variables no experimentales que puedan afectar el experimento y determinar cómo controlarlas.
- ✓ Seleccionar el diseño experimental apropiado.
- ✓ Seleccionar una muestra representativa de sujetos, asignarlos a los grupos y a uno de éstos asignarle el tratamiento experimental.
- ✓ Seleccionar o elaborar instrumentos para realizar el experimento y medir sus resultados.

- ✓ Elaborar procedimientos para recoger los datos del experimento.
- ✓ Enunciar la hipótesis nula.
- ✓ Realizar el experimento.
- ✓ Organizar los resultados en forma estadísticamente apropiada, de modo que se pueda apreciar claramente el efecto.
- ✓ Aplicar la prueba de significación estadística apropiada.
- ✓ Informar los resultados por escrito.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades sobre la corrección del factor de potencia

En los circuitos de corriente alterna, la corriente absorbida por una carga puede estar representada por dos componentes. La componente activa I_r en fase con la tensión de alimentación, que está directamente relacionada con el trabajo útil desarrollado (y, por tanto, con la parte proporcional de energía transformada en energía de otro tipo: mecánica, lumínica, térmica). La componente reactiva I_q perpendicular respecto a la tensión, que sirve para producir el flujo necesario para la conversión de las potencias a través del campo eléctrico o magnético y es un índice del intercambio energético entre la alimentación y el elemento de la instalación eléctrica. Sin esta componente no podría haber transferencia neta de potencia, por ejemplo, por intervención del acoplamiento magnético en el núcleo de un transformador o en el entrehierro de un motor.

Por lo general, en presencia de cargas de tipo óhmico-inductivo (Ver Tabla 2.1), la corriente total I se muestra desfasada y retardada respecto a la componente activa I_r . Por lo tanto, en una instalación eléctrica es necesario generar y transportar, además de la potencia activa útil P , una cierta potencia reactiva Q , indispensable para la conversión de la energía eléctrica que no es utilizada por el elemento sino intercambiada con la red. El complejo de la potencia generada y transportada constituye la potencia aparente S .

El factor de potencia $\cos \phi$ (Ver Fig. 2.1) se define como la relación entre la componente activa I_r y el valor total de la corriente I , siendo ϕ el ángulo de fase entre la tensión y la corriente. Con una tensión V dada de fase resulta:

$$\cos\varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S}$$

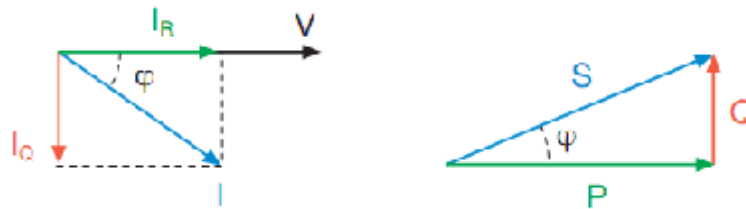


Fig. 2.1.- Factor de Potencia Cos fi
Fuente: www.abb.es/bajatension

| Carga | cosφ factor de potencia |
|---|----------------------------|
| Transformadores en vacío | 0.1÷0.15 |
| Motres | 0.7÷0.85 |
| Dispositivos para el tratamiento del metal: | |
| - soldadoras de arco | 0.35÷0.6 |
| - soldadoras de arco compensadas | 0.7÷0.8 |
| - soldadoras de resistencia | 0.4÷0.6 |
| - hornos de arco | 0.75÷0.9 |
| Lámparas fluorescentes: | |
| - compensadas | 0.8 |
| - no compensadas | 0.4÷0.6 |
| Convertidores de CA - CC | 0.6÷0.95 |
| Accionamientos de CC | 0.4÷0.75 |
| Accionamientos de CA | 0.95÷0.97 |
| Cargas resistivas | 1 |

Tabla 2.1 Factores de potencia típicos de algunos aparatos eléctricos.
Fuente: www.abb.es/bajatension

'Corregir' significa actuar para incrementar el factor de potencia en una sección específica de la instalación, proporcionando localmente la potencia reactiva necesaria para reducir, a igual potencia útil requerida, el valor de la corriente y, por tanto, de la potencia que transita la red aguas arriba. De esta forma, las líneas, los generadores y los transformadores pueden ser dimensionados para un valor de potencia aparente inferior, tal y como se verá en el capítulo siguiente. Desde el punto de vista estrictamente técnico, una instalación correctamente dimensionada puede funcionar con normalidad incluso en presencia de un bajo factor de potencia; por este motivo, no existen normas que indiquen el valor exacto

del factor de potencia que debe tener una instalación eléctrica. No obstante, efectuar la corrección representa una solución que permite obtener ventajas técnicas y económicas; de hecho, gestionar una instalación con un bajo $\cos \phi$ implica un incremento de los costes para el distribuidor de energía eléctrica, que, consecuentemente, aplica un sistema de tarifas que sanciona el uso de la energía con bajos factores de potencia. Las disposiciones legales existentes en los distintos países permiten que las compañías eléctricas nacionales puedan crear un sistema de tarifas más o menos detallado, estructurado de forma que la energía reactiva consumida que sobrepase la correspondiente a un $\cos \phi$ mayor a 0.9 ha de pagarse según determinados importes que dependen de la tensión del suministro (baja, media o alta) y del factor de potencia. A partir del sistema de tarifas aplicado, el usuario puede determinar los importes que conlleva ese incremento y, por tanto, puede evaluar, frente al coste de una instalación de corrección, el ahorro en relación con el coste de las sanciones.

2.2 Ventajas técnicas de la corrección del factor de potencia

Al aplicar la corrección en una instalación, proporcionando localmente la potencia reactiva necesaria, se reduce el valor de la corriente, (a igual potencia útil requerida), y por tanto, la potencia global consumida aguas arriba; esto conlleva numerosas ventajas, entre ellas, un uso optimizado de las máquinas (generadores y transformadores) y de las líneas eléctricas (transmisión y distribución).

En el caso de formas de onda sinusoidales, la potencia reactiva necesaria para pasar de un factor de potencia $\cos \phi_1$ a un factor de potencia $\cos \phi_2$ es expresada por la relación (Ver Fig. 2.1), válida tanto para sistemas trifásicos como monofásicos:

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

Formula 2.1.- Potencia reactiva de corrección

Fuente: www.abb.es/bajatension

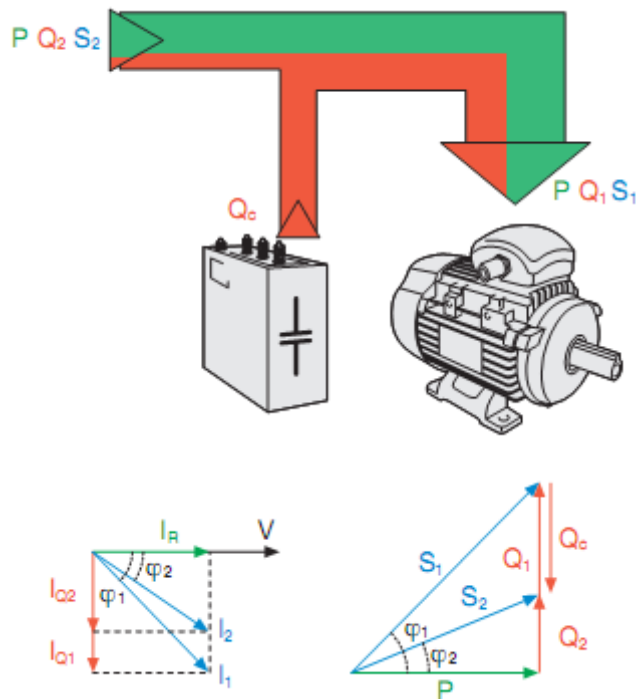


Fig. 2.2.- Potencia Eléctrica
Fuente: www.abb.es/bajatension

Donde:

P es la potencia activa;

Q_1 y φ_1 son la potencia reactiva y el ángulo de desfase antes de la corrección.

Q_2 y φ_2 son la potencia reactiva y el ángulo de desfase tras la corrección.

Q_c es la potencia reactiva de corrección.

2.3 Reducción de las pérdidas

Las pérdidas de potencia en un conductor eléctrico dependen de la resistencia del conductor y del cuadrado de la corriente que lo atraviesa; dado que a igual potencia activa transmitida más alto es el $\cos \varphi$ y más baja es la corriente, al crecer el factor de potencia disminuyen las pérdidas en el conductor ubicado aguas arriba respecto al punto en el que se lleva a cabo la corrección.

En un sistema trifásico, las pérdidas se expresan de la siguiente manera:

$$p = 3 \cdot R \cdot I^2 = R \cdot \frac{(P^2 + Q^2)}{U_n^2}$$

Dado que:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{\sqrt{(P^2 + Q^2)}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \rightarrow 3 \cdot I^2 = \frac{(P^2 + Q^2)}{U_n^2}$$

Donde:

I es la corriente que atraviesa el conductor;

R es la resistencia del conductor;

S es la potencia aparente requerida por la carga;

P es la potencia activa requerida por la carga;

Q es la potencia reactiva requerida por la carga;

U es la tensión nominal de alimentación. La reducción de las pérdidas p , (Ver Formula 2.3) una vez efectuada la n compensación, viene dada por:

$$\Delta p = p_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} \right)^2 \right]$$

$$p_1 = R \cdot \frac{(P^2 + Q^2)}{U_n^2} = \frac{R}{U_n^2} \cdot S^2 = \frac{R}{U_n^2} \cdot \frac{P^2}{(\cos \varphi_1)^2} \quad p_2 = \frac{R}{U_n^2} \cdot \frac{P^2}{(\cos \varphi_2)^2}$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{R}{U_n^2} \cdot \frac{P^2}{(\cos \varphi_1)^2} - \frac{R}{U_n^2} \cdot \frac{P^2}{(\cos \varphi_2)^2} = p_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} \right)^2 \right]$$

Formula 2.3.- La reducción de las pérdidas p

Fuente: www.abb.es/bajatension

Donde:

p_1 son las pérdidas antes de la corrección

$\cos \varphi_1$ es el factor de potencia antes de la corrección

$\cos \varphi_2$ es el factor de potencia tras la corrección

2.4 Reducción de la caída de tensión

La caída de tensión concatenada en una línea trifásica puede expresarse del siguiente modo:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cos\varphi + X \operatorname{sen}\varphi) = \frac{P}{U_n} \cdot (R + X \operatorname{tg}\varphi)$$

Formula 2.4.- Caída de tensión
Fuente: www.abb.es/bajatension

Donde:

R y X son respectivamente la resistencia y la reactancia de la línea;
P es la potencia activa transmitida;
I es la corriente;
Un es la tensión nominal.

A igual potencia activa transmitida, la caída de tensión será menor cuanto mayor sea el factor de potencia. Tal y como puede observarse en las siguientes figuras, en las que aparecen diagramas de la caída de la tensión de fase V , la variación de dicha tensión es menor (a igual componente activa de corriente de carga y, por tanto, de la potencia activa) cuanto menor es el ángulo de desfase entre tensión y corriente; además, esta variación es mínima si no hay algún consumo de potencia reactiva (corriente de fase)

2.5 Medios de producción de la potencia reactiva

Los principales medios para la producción de potencia reactiva son:

- ✓ Alternadores sincrónicos
- ✓ Compensadores sincrónicos
- ✓ Compensadores estáticos
- ✓ Baterías de condensadores estáticos

2.5.1 Alternadores sincrónicos

Los alternadores sincrónicos son las principales máquinas eléctricas utilizadas para la generación de energía eléctrica. Proporcionan potencia eléctrica al usuario final a través de los sistemas de transmisión y de distribución. Por otro lado, dejando de lado los detalles técnicos, se puede actuar sobre la excitación del alternador para variar el valor de la tensión generada y, con ello, regular las aportaciones de potencia reactiva en la red, con objeto de mejorar los perfiles de tensión del sistema y reducir las pérdidas por efecto Joule en las líneas.

2.5.2 Compensadores sincrónicos

Se trata de motores sincrónicos que funcionan en vacío, puestos en sincronismo con la red, cuya única función es absorber la potencia reactiva excedente (funcionamiento en subexcitación) (Ver Fig. 2.5.2.2) o bien proporcionar la potencia que falta (funcionamiento en sobreexcitación). (Ver Fig. 2.5.2.1)

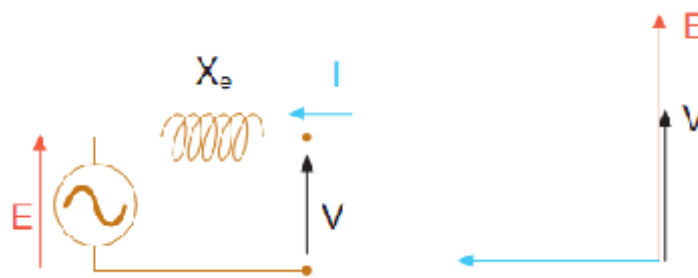


Fig. 2.5.2.1 Compensador sincrónico en sobreexcitación
Fuente: www.abb.es/bajatension

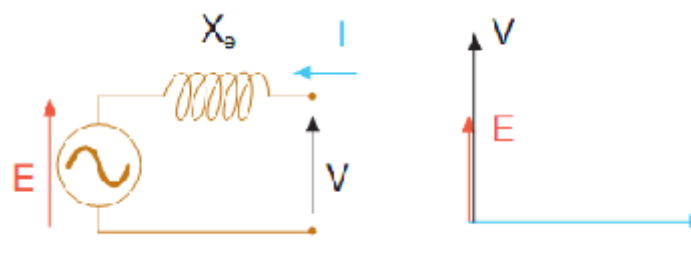


Fig. 2.5.2.2 Compensador sincrónico en subexcitación
Fuente: www.abb.es/bajatension

Donde:

E : f.e.m. inducida en las fases de estátor

V : tensión de fase impuesta por la red a los bornes del alternador

I : corriente del estátor

X_e : reactancia del estator

Principalmente, estos dispositivos son utilizados en determinados nodos de la red de transmisión y subtransmisión para la regulación de la tensión y de los flujos de potencia reactiva. En las redes de distribución no resulta económicamente conveniente el uso de compensadores sincrónicos debido a sus altos costes de instalación y mantenimiento.

2.5.3 Compensadores estáticos

El notable desarrollo de la electrónica de potencia está favoreciendo la sustitución de los compensadores sincrónicos por sistemas estáticos para el control de la potencia reactiva (Ver Fig. 2.5.3) como, por ejemplo, los TSC ("thyristor switched capacitors") y los TCR ("thyristor controlled reactors"), una versión electrónica de los sistemas de compensación de energía reactiva basados en componentes electromecánicos en los que, sin embargo, la inserción de los distintos condensadores no viene dada por la apertura y el cierre de contactores, sino por medio del control ofrecido por parejas de tiristores en antiparalelo.

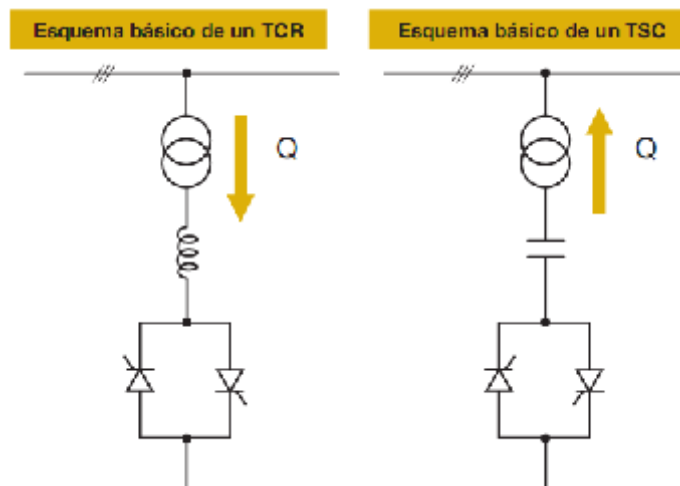


Fig. 2.5.3 Compensador sincrónico en subexcitación

Fuente: www.abb.es/bajatension

Los TSC permiten un control escalonado de la potencia reactiva suministrada por grupos de condensadores, mientras que con los TCR se puede controlar con continuidad la potencia reactiva absorbida por las inductancias. Con la instalación de un TSC y un TCR es posible llevar a cabo una regulación modulada con continuidad de la potencia reactiva producida/absorbida. Desde el punto de vista aplicativo, estos dispositivos se emplean sobre todo en redes de alta y muy alta tensión.

2.5.4 Baterías de condensadores estáticos

El condensador es un bipolo pasivo (Ver Fig. 2.5.4.1) constituido por dos superficies conductoras, llamadas armaduras, entre las cuales se interpone un material dieléctrico.

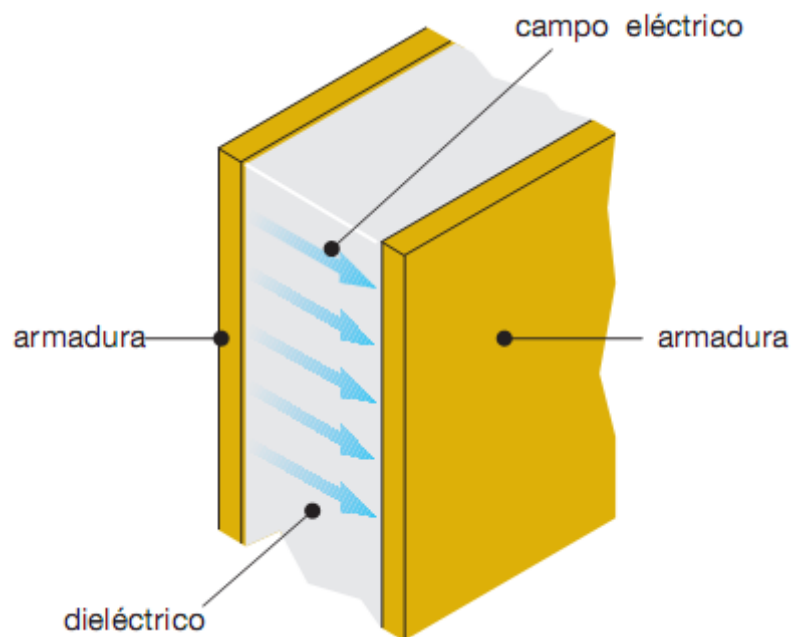


Fig. 2.5.4.1 Baterías de condensadores estáticos
Fuente: www.abb.es/bajatension

Este sistema queda impregnado con una sustancia que impide la penetración de humedad o la formación de burbujas que podrían dar lugar a descargas eléctricas. Los condensadores de última generación son de tipo en seco, los cuales son sometidos a un tratamiento específico que mejora sus propiedades eléctricas. Los condensadores en seco no

presentan riesgos de contaminación por la eventual pérdida de la sustancia impregnante. En función de la geometría de las armaduras metálicas, pueden ser:

- ✓ Condensadores planos
- ✓ Condensadores cilíndricos
- ✓ Condensadores esféricos

Las principales magnitudes que caracterizan a un condensador son:

- ✓ La capacidad nominal C_n : el valor de la capacidad obtenido de los valores nominales de la potencia, de la tensión y de la frecuencia del condensador.
- ✓ La potencia nominal Q_n : la potencia reactiva para la que el condensador ha sido diseñado.
- ✓ La tensión nominal U_n : el valor eficaz de la tensión alterna para la que el condensador ha sido diseñado.
- ✓ La frecuencia nominal f : la frecuencia para la cual el condensador ha sido diseñado.

Aplicando una tensión alterna entre las armaduras, el condensador está sometido a ciclos de carga y descarga durante los cuales acumula energía reactiva (carga del condensador) para luego inyectarla al circuito al que va conectado (descarga del condensador).

Esta energía se expresa con la relación:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

Formula 2.5.4.- Caída de tensión
Fuente: www.abb.es/bajatension

Donde:

C es la capacidad del condensador.

U es la tensión aplicada en los extremos del condensador.

Debido a su capacidad de acumular y suministrar energía, el condensador se utiliza como elemento de base para la realización de las baterías de corrección del factor de potencia (en todos los niveles de tensión) y de los dispositivos estáticos de regulación de la potencia reactiva.

En la práctica, los condensadores absorben potencia activa, si bien es mínima, a causa de la conductividad no nula del dieléctrico interpuesto y a las pérdidas por histéresis dieléctrica. En concreto, los condensadores de corrección utilizados en baja tensión están constituidos por elementos monofásicos realizados con películas de polipropileno metalizado y pueden ser de tipo autorregenerables. En los condensadores de este tipo (Ver Fig. 2.5.4.2), la parte dieléctrica dañada por una descarga es capaz de regenerarse; en tales situaciones, la parte de la película de polipropileno afectada por la descarga se volatiliza por el efecto térmico causado por la misma descarga, restableciendo de este modo la parte dañada.



Fig. 2.5.4.2 Tipo de condensadores
Fuente: www.abb.es/bajatension

2.5.5 Tipos de corrección

A partir de las modalidades de ubicación de los condensadores, los principales métodos de corrección son:

- ✓ Corrección del factor de potencia distribuida

- ✓ Corrección del factor de potencia por grupos
- ✓ Corrección del factor de potencia centralizada
- ✓ Corrección del factor de potencia mixta
- ✓ Corrección del factor de potencia automática

2.5.6 Corrección distribuida

La corrección distribuida se realiza conectando una batería de condensadores debidamente dimensionada directamente a los terminales del dispositivo que necesita la potencia reactiva. La instalación es sencilla y poco costosa: el condensador y la carga pueden beneficiarse de las mismas protecciones contra sobrecorrientes y se insertan o desconectan a la vez. Este tipo de corrección es aconsejable para grandes aparatos con carga y factor de potencia constantes y tiempos de conexión prolongados; por lo general, es utilizado para motores y lámparas fluorescentes.

La figura 2.5.6 presenta los esquemas usuales de conexión para la corrección del factor de potencia de motores. En caso de conexión directa (esquemas 1 y 2) se corre el riesgo de que, tras el corte de la alimentación, el motor, al continuar rotando (energía cinética residual) y autoexcitándose con la energía reactiva suministrada por la batería de condensadores, se transforme en un generador asíncrono. Si esto ocurre, la tensión se mantiene en el lado de carga del dispositivo de maniobra y control, con riesgo de peligrosas sobretensiones (hasta el doble de la tensión nominal). Por medio del esquema 3, la batería de compensación se conecta al motor sólo cuando éste está en marcha y se desconecta del mismo antes de que se produzca el corte de la alimentación del motor. Con este tipo de corrección, toda la red aguas arriba de la carga trabaja con un factor de potencia elevado; por el contrario, esta solución resulta costosa económicamente.

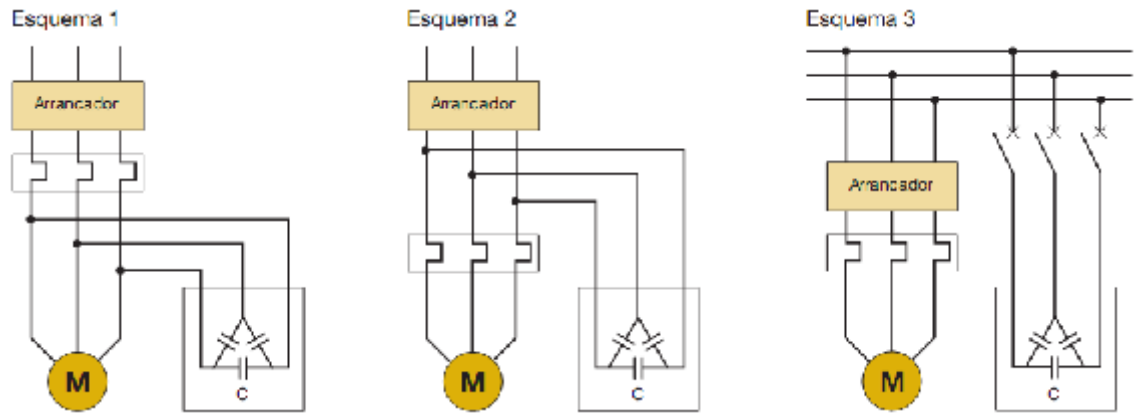


Fig. 2.5.6 Esquema de Conexión de condensadores
Fuente: www.abb.es/bajatension

2.5.7 Corrección por grupos

Consiste en corregir localmente grupos de cargas (Ver Fig. 2.5.7) con características de funcionamiento similares mediante la instalación de una batería de condensadores. Este método se encuentra a medio camino entre la solución económica y el correcto servicio de la instalación, ya que los beneficios de la corrección afectan sólo a las líneas aguas arriba respecto al punto en el que se encuentra instalada la batería de condensadores.

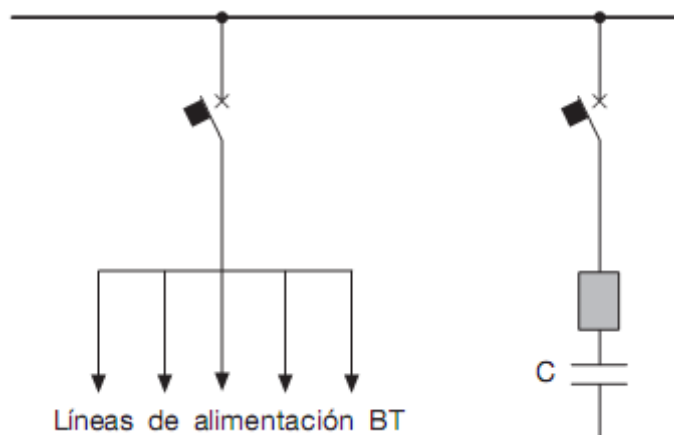


Fig. 2.5.7 Esquema de Corrección por Grupos
Fuente: www.abb.es/bajatension

2.5.8 Corrección centralizada

El comportamiento diario de las cargas tiene una importancia fundamental para la elección del tipo de corrección más conveniente. En instalaciones con muchas cargas, en las que todos sus elementos funcionan de forma simultánea y/o algunos están conectados sólo unas pocas horas al día, es evidente que la solución de la corrección distribuida resulta demasiado costosa, quedando durante largos periodos inutilizados muchos de los condensadores instalados. Por tanto, el uso de un único sistema de corrección en el punto inicial de la instalación permite reducir notablemente la suma de potencias de los condensadores instalados.

La solución centralizada permite optimizar los costes de la batería de condensadores, pero presenta la desventaja de que las líneas de distribución de la instalación aguas abajo del dispositivo de corrección deben estar dimensionadas teniendo en cuenta la totalidad de la potencia reactiva absorbida por las cargas.

2.5.9 Corrección mixta

Esta solución deriva de un compromiso entre las soluciones de corrección distribuida y centralizada, combinando las ventajas de ambos. De esta forma, se utiliza la corrección distribuida para los aparatos eléctricos de mayor potencia, y la centralizada para la parte restante. La corrección mixta se emplea generalmente cuando en una instalación sólo se utilizan con frecuencia los equipos más pesados, de manera que éstos son compensados individualmente mientras que los demás aparatos son compensados de forma centralizada.

2.5.10 Corrección automática

En la mayor parte de las instalaciones no tiene lugar una absorción constante de potencia reactiva, por ejemplo, a causa de ciclos de trabajo en los que se utilizan máquinas con diferentes propiedades eléctricas. En dichas instalaciones se emplean sistemas de corrección automáticos que, por medio de un sistema de detección de tipo varimétrico y de un regulador del factor de potencia, permiten la inserción o la desconexión automática de las diferentes baterías de condensadores, siguiendo de esta forma las variaciones de la potencia reactiva absorbida y manteniendo constante el factor de potencia de la instalación.

Un sistema de corrección automática está compuesto por:

- ✓ Sensores que detectan las señales de corriente y tensión.
- ✓ Una unidad inteligente que compara el factor de potencia medido con el deseado y ejecuta la inserción o la desconexión de las baterías de condensadores en función de la potencia reactiva necesaria (regulador del factor de potencia).
- ✓ Un cuadro eléctrico de potencia, que incluye los dispositivos de protección y maniobra.
- ✓ Baterías de condensadores.

Con objeto de proporcionar una potencia lo más cercana posible a la requerida, la inserción de los condensadores tiene lugar de forma escalonada; la precisión de control será mayor cuanto más escalones haya y cuanto más pequeña sea la diferencia entre ellos.

2.6 Determinación del factor de potencia

Para dimensionar la batería de condensadores a instalar para corregir la instalación, hay que determinar de manera precisa el factor de potencia a partir de los consumos o del ciclo de carga de la instalación; así se evita la inyección de excesiva energía reactiva, condición que normalmente no

está permitida por las compañías eléctricas. Si se desea efectuar una corrección distribuida o por grupos, es necesario determinar el $\cos \phi$ de la carga o del grupo de cargas (reparto); esto puede llevarse a cabo de los siguientes modos:

- ✓ directamente, mediante medida directa por medio de un cosfímetro.
- ✓ indirectamente, a través de la lectura de los contadores de energía activa y reactiva.

El cosfímetro es un instrumento de medida que permite visualizar el factor de potencia $\cos \phi$ con el que la carga está absorbiendo energía. La lectura de dicho instrumento se efectuará en diferentes momentos del ciclo de carga para así poder extraer un factor de potencia medio. Si se dispone de las lecturas de energía activa y reactiva absorbidas en un ciclo de trabajo por la carga o por el conjunto de las cargas que constituyen el reparto, el factor de potencia medio puede ser calculado de la siguiente forma:

$$\cos \phi = \cos \left(\operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{E_{Qf} - E_{Qi}}{E_{Pf} - E_{Pi}} \right) \right)$$

Formula 2.6 Cos ϕ

Fuente: www.abb.es/bajatension

Donde:

E_{Pi} y E_{Qi} son los valores de la energía activa y reactiva leídos al comienzo del ciclo de trabajo.

E_{Pf} y E_{Qf} son los valores de la energía activa y reactiva leídos al término del ciclo de trabajo.

Si se pretende efectuar una compensación centralizada, el factor de potencia medio mensual puede extraerse siguiendo el procedimiento descrito anteriormente o directamente de los recibos de la compañía eléctrica.

2.7 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. (Third Harmonic Distortion / 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 permitirá 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.

2.7.1 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.

2.7.2 Profibus

Es un estándar de comunicaciones para buses de campo. Deriva de las palabras *PROcess FieId 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 com ABB, AEG, Siemens, Klöckner-Moeller. Está controlado por la PNO (*Profibus User Organisation*) y la PTO (*Profibus Trade Organisation*).

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 11158-2, 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 don 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 como el LSPM2 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.

2.7.3 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.

2.7.4 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.

2.7.5 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.

2.7.6 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.

2.7.7 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.

2.7.8 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 son autorizados 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.

2.7.9 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.

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.

Comunicación:

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

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.

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.

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.

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.

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.

2.7.10 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. DP presenta la óptima combinación de todas ellas.

Velocidad

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. 2.7.10) en función del número de esclavos y de la tasa de transferencia.

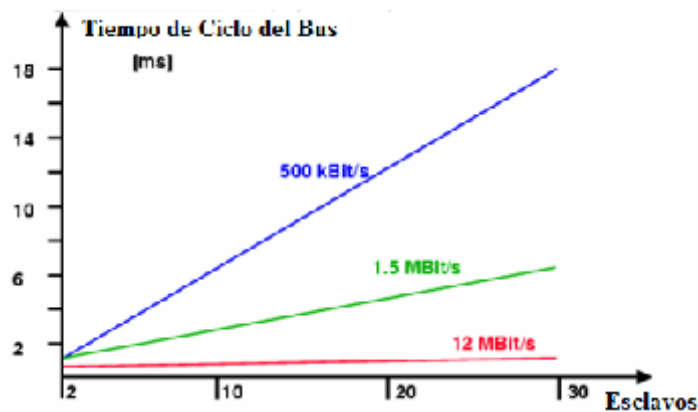


Fig 2.7.10 Tiempos del ciclo del bus

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

2.7.11 Configuración del sistema

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.

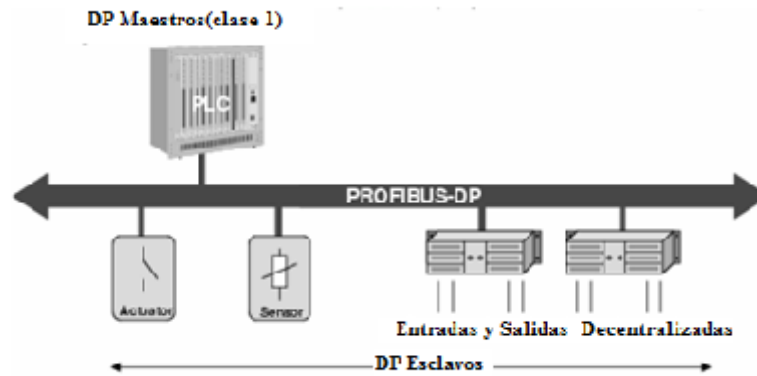


Fig 2.7.11 Sistema Monomaestro

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.

2.7.12 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.

2.8 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.

2.8.1 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.

2.8.2 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:

Pasivos:

- ✓ Cables

- ✓ Jacks / Conectores

- ✓ Patch panels

Activos:

- ✓ Transceptores

- ✓ Repetidores

- ✓ Repetidores multipuerto (*Hubs*).

2.8.3 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.

2.8.4 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.

2.8.5 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 preasignadas, simplifica el montaje y crecimiento de una red Ethernet (Ver Fig. 2.8.5). 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.

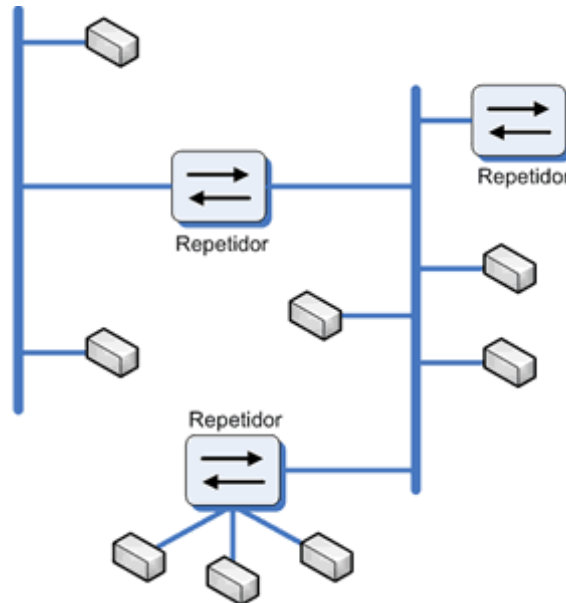


Fig. 2.8.5 Direccionamiento de red

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 todos las demás estaciones. Sin importar cual se ala topología física, solo existe un canal de señales para entregar tramas a través de todos los segmentos a todos los dispositivos conectados.

2.8.6 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 pondrían 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.

2.8.7 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

2.8.8 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.

2.8.9 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.

2.8.10 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, una 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.

2.9 Qué es un P.L.C.?

P.L.C. (Programmable Logic Controller) significa Controlador Lógico Programable. Un PLC es un dispositivo usado para controlar. Este control se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa. Para explicar el funcionamiento del PLC, se pueden distinguir las siguientes partes (Ver Fig 2.9.1):

- ✓ Interfaces de entradas y salidas
- ✓ CPU (Unidad Central de Proceso)
- ✓ Memoria
- ✓ Dispositivos de Programación

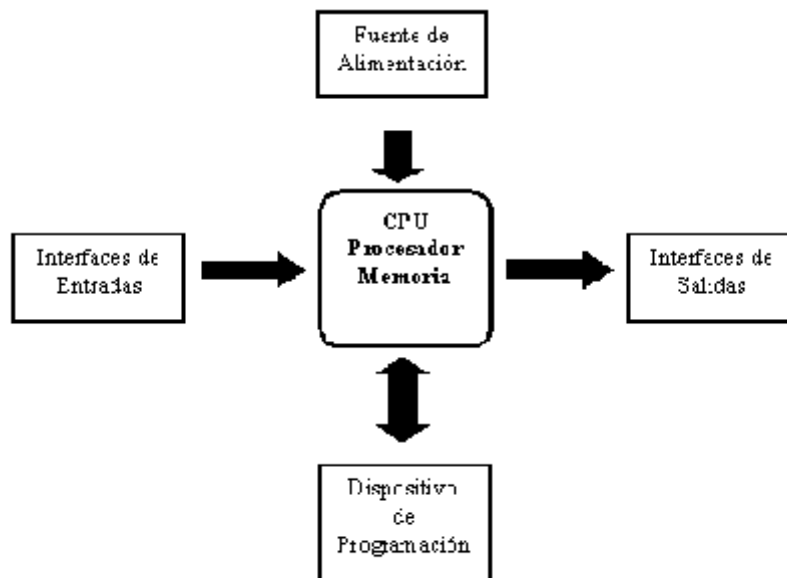


Fig. 2.9.1 Estructura de un Controlador Lógico Programable

Fuente: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

El usuario ingresa el programa a través del dispositivo adecuado (un cargador de programa o PC) y éste es almacenado en la memoria de la CPU. La CPU, que es el "cerebro" del PLC, procesa la información que recibe del exterior a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, activa una salida a través de la correspondiente interfaz de salida. Evidentemente, las interfaces de entrada y salida se encargan de adaptar las señales internas a niveles de la CPU. Por ejemplo, cuando la CPU ordena la activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc.)

Pero, ¿Cómo funciona la CPU? Al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas. A continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación. Al final del ciclo se actualizan las salidas (Ver Fig 2.9.2). El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida.

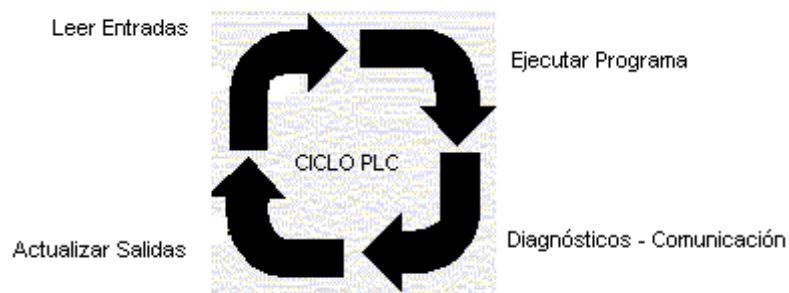


Fig. 2.9.2 Ciclo de un PLC

Fuente: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

2.9.1. Las ventajas en el uso del PLC

Comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

- ✓ Flexibilidad: Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.
- ✓ Tiempo: Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.
- ✓ Cambios: Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Espacio
- ✓ Modularidad
- ✓ Estandarización

2.9.2. Aspectos Generales del S7-300

Este nuevo miniautómata de SIEMENS (Ver Fig 2.9.2.1) ideado especialmente para aumentar la cadencia y disminuir sensiblemente los tiempos ciclo y de respuesta y aumentar la calidad del proceso, opera más allá de los límites de prestaciones anteriores, asegurando la adquisición y tratamiento de señales (analógicas o digitales) a cualquier velocidad y en cualquier forma en que se presenten, de allí que es ideal para usarlo en maquinarias de embalaje y en máquinas herramientas, sector agroalimentario o en industria química o farmacéutica. Posee una CPU cuya velocidad es 100 veces mayor a las convencionales (la más potente de sus 5 CPU no necesita más de 0,3 ms para ejecutar 1024 instrucciones binarias y no mucho más al procesar palabras), una Memoria de programa de 16K instrucciones de capacidad máxima, 1024

entradas/salidas digitales y 32 módulos dentro de un solo sistema (para tareas especiales se ofrecen módulos específicos), alta potencia de cálculo con hasta aritmética de 32 bits en coma flotante e interfaces multipunto o puerto MPI.

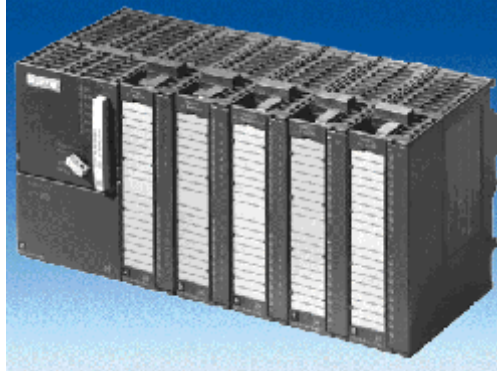


Fig 2.9.2.1 Aspectos Generales

Fuente: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

Pequeño, extremadamente rápido y universal son las características más importantes de éste PLC, además de su modularidad, sus numerosos módulos de extensión, su comunicabilidad por bus, sus funcionalidades integradas de visualización y operación así como su lenguaje de programación bajo entorno Windows 95.

2.9.3. Principales Componentes del P.L.C.

El autómata programable consta de los siguientes componentes (Ver Fig 2.9.3.1):

- ✓ Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.

- ✓ Módulos para señales digitales y analógicas (I/O)

- ✓ Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene

procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.

- ✓ Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.

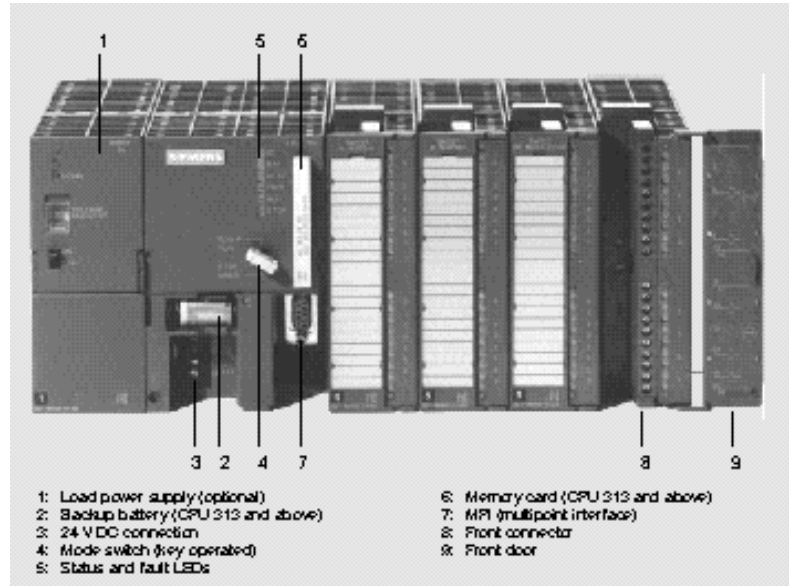


Fig. 2.9.3.1 Componentes del P.L.C.

Fuente: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

Existen otros componentes que se adaptan a los requerimientos de los usuarios:

- ✓ Módulos de suministro de energía.
- ✓ Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera

En los módulos de entrada pueden ser conectados:

- ✓ Sensores inductivos, capacitivos, ópticos
- ✓ Interruptores
- ✓ Pulsadores

- ✓ Llaves

- ✓ Finales de carrera

- ✓ Detectores de proximidad

En los módulos de salida pueden ser conectados:

- ✓ Contactores

- ✓ Electroválvulas

- ✓ Variadores de velocidad

- ✓ Alarmas

2.9.4. Tamaño del S7-300

El tamaño de la CPU (independientemente del modelo) es de 80cm. de largo, 12,5 cm de alto y 13 cm de profundidad. En cuanto a los módulos, sus medidas son 40cm x 12,5cm x 13cm, respectivamente. Además, el S7-300 requiere una alimentación de 24 VDC. Por ésta razón, los módulos (fuentes) de alimentación de carga transforman la tensión de alimentación de 115/230 VAC en una tensión de 24 VDC. Los módulos de alimentación se montan a la izquierda junto a la CPU.

2.9.5. Descripción de los 5 Módulos Centrales

El sistema modular comprende de cinco CPU para distintas exigencias, módulos de entradas y salidas analógicas y digitales, módulos de función de contaje rápido, posicionamiento de lazo abierto y lazo cerrado, así como módulos de comunicación para el acoplamiento a redes

en bus. La CPU más potente puede tratar 1024 instrucciones binarias en menos de 0,3 ms. Pero como las instrucciones puramente binarias constituyen mas bien la excepción, tenemos que mencionar los tiempos de ejecución de las instrucciones mixtas: 65% de instrucciones con bits y un 35% con palabras, el más rápido de los autómatas puede con 1K en sólo 0,8 ms. Otro detalle es la simplicidad de diagnóstico. Los datos de diagnóstico de todo el autómata están fijamente almacenados en la CPU (hasta 100 avisos). Estos datos pueden consultarse centralizadamente en la CPU, ya que todos los módulos relevantes son accesibles vía interfaces MPI de ésta, lo que permite ahorrarse gastos suplementarios y evita molestas manipulaciones de conectores.

En una configuración de PLC en red, el puesto central de mando puede acceder directamente a cualquier CPU y a cualquier módulo de función, a cualquier panel de operador y a cualquier procesador de comunicaciones de la red, todo ello sin hardware ni software adicional. El sistema de diagnóstico inteligente de la CPU se activa al reemplazar un módulo: se encarga de verificar si la configuración del autómata es aún compatible y evita así funcionamientos anómalos en la instalación, incluso la destrucción de módulos. Además realiza automáticamente el registro de la hora y la memorización de los fallos, contribuyendo así a un diagnóstico rápido y puntual a posteriori cuando ya no se manifieste más el defecto o cuando éste sea de naturaleza esporádica. Si nombramos sus características generales, tenemos: Los cinco ofrecen hasta 2048 marcas, 128 temporizadores y 64 contadores. Según el tipo de CPU, una parte de ellos o su totalidad pueden hacerse remanente, es decir, no volátil. La salvaguarda y gestión de datos está asegurada por una memoria especial exenta de mantenimiento y que funciona sin pila (depende del tipo de CPU).

- ✓ CPU 312 IFM.- Este es capaz de procesar 1024 instrucciones binarias en 0,6 ms. Es la solución óptima para aplicaciones que requieren funciones simples como contaje y medición de frecuencias. Para tareas sencillas no hay más que usar la función

Contador con dos canales para contar atrás y adelante (el contador puede contar señales de hasta 10 Khz y tiene un ancho de banda de 32 bits). Puesto que ésta CPU lleva incorporada una memoria para el programa de usuario, (E)EPROM y dispositivos de respaldo sin pilas, no necesita mantenimiento alguno.

- ✓ CPU 313.- Es similar al CPU 312 IMF con la diferencia de que tiene el doble de memoria. Además permite guardar el programa en una Memory Card, con lo cual éste autómata tampoco requiere mantenimiento.
- ✓ CPU 314.- Ejecuta el programa al doble de velocidad, es decir, en 0,3 ms. Por 1K de instrucciones binarias. Tampoco hay peligro de perder datos pues también permite guardar el programa en una Memory Card tipo Flash-EEPROM.
- ✓ CPU 315.- Tiene la misma rapidez que la CPU 314 (1K de instrucciones al bit en 0,3ms.), pero dos veces mas de memoria (48 Kbytes), es decir, para mas de 16.000 instrucciones. También contiene una memoria Flash del tipo EPROM que le permite salvaguardar los datos. Además, el reloj está asociado a un acumulador de energía enchufable dotado de una reserva de marcha de 4 semanas en caso de falla de la red.
- ✓ CPU 315-2DP.- Si configuramos el S7-300 con ésta CPU, es posible extender el autómata a 64 estaciones DP (periferia descentralizada), totalizando más de 1000 entradas/salidas a varios kilómetros de distancia y con puertos abiertos y normalizados. Esta posibilidad que brinda el CPU 315-DP, confiere una flexibilidad total, ya que permite la libertad de direccionamiento de entradas/salidas centralizadas y descentralizadas.

2.9.6. Montaje e Interconexión de los Módulos

El diseño simple permite que el S7-300 sea flexible y fácil de utilizar. Rieles de montaje DIN: Los módulos (Ver Fig 2.9.6) son enganchados de la parte superior del riel, ajustándola hasta el tope y luego atornillando arriba y abajo. En cuanto a la interconexión de módulos se refiere, éstos llevan incorporados el bus posterior (de fondo de panel), lo que significa que no hay mas que enchufar los conectores de bus suministrados en la parte posterior de la carcasa y así, todos los módulos quedarán correctamente interconectados.

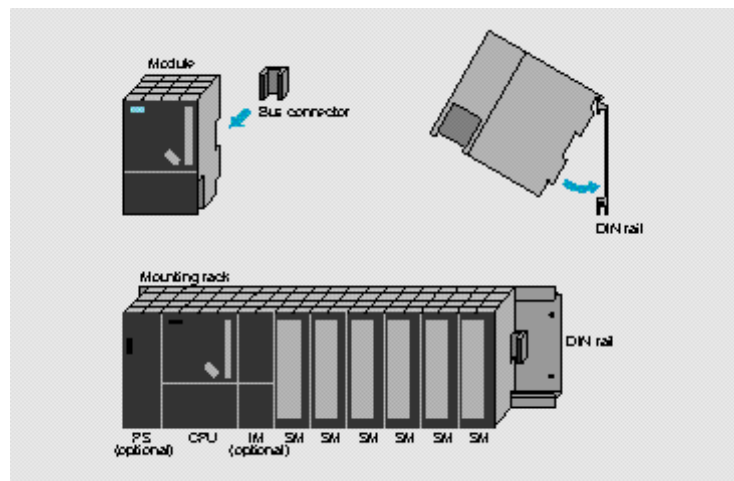


Fig. 2.9.6 Componentes del P.L.C.

Fuente: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

Además, si queremos montar una CPU o cambiar solamente un módulo, oprimiendo un pulsador se suelta el conector frontal, quedando a la vista el esquema de conexiones del módulo; por su parte, los conectores frontales están codificados por lo que resulta imposible enchufarlos accidentalmente en un módulo equivocado (además, el plano de conexiones está situado en la parte interior de la tapa frontal, por lo que siempre estará disponible) y, en posición de montaje, se interrumpe la conexión eléctrica. Otra ventaja que tiene el S7-300 es el sistema de precableado (llamado SITOP) que se compone solamente de elementos pasivos, tales como conectores frontales, cables planos en vaina redonda, bloques de bornes y además el cableado ya viene preparado. Este sistema permite establecer conexiones a 1, 2 ó 3 hilos con toda facilidad y

evitar errores en el cableado. Es especialmente útil cuando los módulos E/S y los sensores y actuadores conectados se encuentran a una distancia de 30 mts. como máximo.

2.9.7. Prestaciones

Si hablamos de las prestaciones (Ver Fig 2.9.7.1), diremos que la CPU permite montar 256 entradas/salidas digitales en un sólo perfil y, si bien es cierto que en la fila central sólo caben 8 módulos de E/S además de la CPU, pueden emplearse otras cuatro filas de éste tipo: por ejemplo, la CPU 314 permite incorporar hasta 32 módulos, repartidos en cuatro filas. Para enlazar las distintas filas basta usar los módulos de interconexión, también llamados interfaces (IM). Estos se encargan por sí solos de comunicar las demás filas, incluso salvando las distancias de hasta 10 mts.

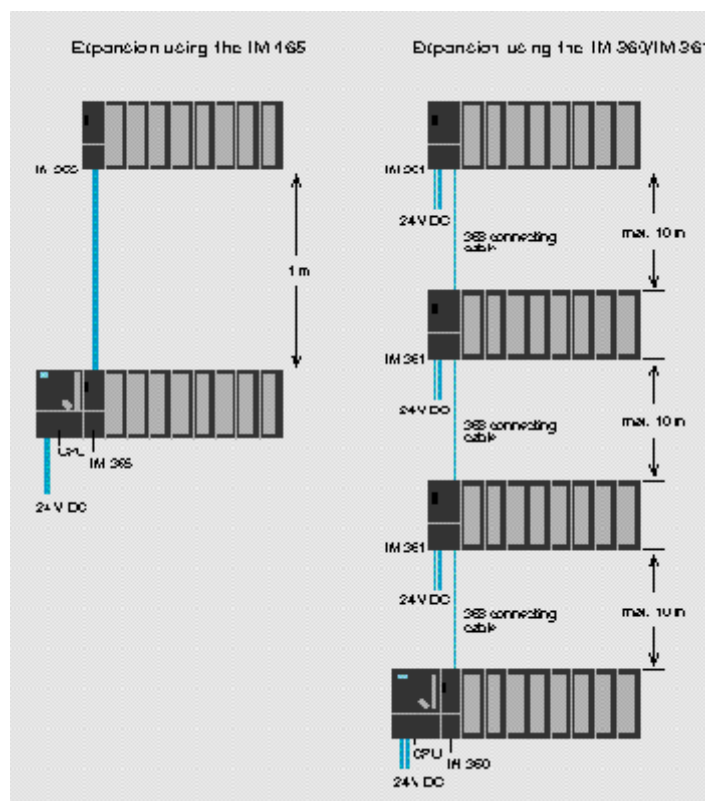


Fig. 2.9.7.1 Prestaciones del P.L.C.

Fuente: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

Los módulos de interconexión son dos :IM360 e IM361. El IM360 se monta en la fila central y por cada fila adicional se coloca un IM361, respectivamente. Si solo necesita una fila adicional, la pareja de módulos IM365 es la más económica (el primero de ellos se coloca en al fila central y el segundo, en la fila adicional). Pueden ser instalados 32 módulos en 4 racks: un total de 3 racks de expansión pueden ser conectados al rack central. Ocho módulos pueden ser conectados en cada rack. Módulos de conexión vía interfaces: cada rack tiene su propio módulo de interfaces. Este es siempre conectado en la ranura adyacente al CPU. Instalación separada: los racks individuales pueden ser instalados también en forma separada. La distancia máxima entre racks es de 10 metros, distribución versátil los racks pueden ser instalados horizontalmente o verticalmente, de manera de obtener la distribución óptima en el espacio del que se dispone.

2.9.8. Tipos de Módulos Disponibles

Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema, a través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de maquinas del proceso. Los módulos son de diferentes tipos pueden ser analógicas o digitales como realizar diferente control de entradas o salidas por lo que explicaremos a continuación los diferentes modulos que existen:

2.9.8.1. Módulos de entradas digitales

Los módulos de entradas digitales convierten las señales digitales externas del proceso al nivel interno del autómeta. Por ejemplo, si se va a utilizar detectores de proximidad o finales de carreras con una tensión de 24 VDC, se debe elegir el modulo de entrada de 24 V., que le ofrece 16/32 entradas y conecta los sensores con separación galvánica y en grupos de 8 entradas con contacto común. Para señales de corriente

alterna de 120 ó 230 V., existe un módulo de 8 canales que se encarga de traducir las señales para que las pueda leer el autómata.

2.9.8.2. Módulos de salidas digitales

Los módulos de salidas digitales convierten las señales internas del S7-300 en señales externas adaptadas al proceso. Por ejemplo, si desea conectar electroválvulas, contactores, pequeños motores, lámparas, etc., entonces necesitará un módulo de éste tipo. En lo que respecta a los actuadores de 24 VDC, como por ejemplo contactores y válvulas, el autómata ofrece varias alternativas como ser: desde módulos de 16/32 canales y 0,5 A. Con separación galvánica hasta módulos de relé de 8 a 16 canales.

2.9.8.3. Módulos de entradas analógicas

Este convierte las señales analógicas en señales digitales que autómata procesa internamente. Se puede conectar sensores y emisores de señal de tipo tensión o intensidad, resistencia, así como termopares y termoresistencias y se puede elegir entre módulos que van de los 2 a 8 canales.

2.9.8.4. Módulos de salidas analógicas

Este módulo convierte las señales digitales del S7-300 en señales analógicas para el proceso, es una herramienta indispensable para convertidores de frecuencias, regulaciones, etc. Además dispone de 2 ó 4 canales y tiene una resolución de 4 bits, con posibilidad de configuración para señales tipo tensión o corriente.

2.9.8.5. Módulos económicos

Este módulo es especial cuando el factor económico es fundamental. Tiene una resolución de 8 bits, convierte señales analógicas en digitales y viceversa, y está dotado de 4 entradas y 2 salidas.

2.9.8.6. Módulos de función para tareas especiales

Son módulos de contaje rápido que superan el ámbito de los 100 kHz y son idóneos para medir frecuencias, procesar los valores medidos, medir revoluciones o longitudes, así como para realizar tareas de posicionamiento. Se ofrecen diversos módulos de posicionamiento para controlar tareas de posicionamiento, motor paso a paso, así como para simular controladores de levas y accionamiento de 2 marchas (lenta/rápida).

2.9.8.7. Módulo de simulación

Este módulo se utiliza para comprobar el programa de aplicación antes de poner el sistema en marcha, o durante su funcionamiento. Este módulo permite simular señales de sensores mediante interruptores y averiguar los estados de señal de las salidas por medio de indicadores LED. Se monta en lugar de un módulo de E/S digitales.

2.9.8.8. Módulo de suministro de energía

Este módulo es la fuente de alimentación del autómata que transforma la tensión externa de suministro en la tensión operativa interna. Las tensiones de alimentación posibles para el S7-300 son: 24 VCC, 115 VCA o 230 VCA.

2.9.8.9. Módulos de interconexión o interface

Estos módulos permiten la comunicación entre los distintos racks. Se encuentran IM360, IM361, IM 365.

2.9.9. Prestaciones Especiales del P.L.C.

El PLC ofrece otras prestaciones de hardware y software que aumentan su flexibilidad. A continuación se describen algunas de estas prestaciones:

2.9.9.1. Contadores de alta velocidad:

Diseñados para contar a mayor velocidad que el autómata programable, son capaces de detectar eventos, pudiendo contar tres trenes de impulsos simultáneamente y cambiar el sentido de cómputo.

2.9.9.2. Protección con contraseña:

Permitiendo el usuario definir su propia contraseña se puede prevenir el acceso no autorizado a las funciones y a la memoria del autómata programable.

2.9.9.3. Función de forzado:

Forzar entradas y salidas aunque no estén presentes en el programa; puede utilizarse en modo RUN o STOP.

2.9.9.4. Modo Freeport:

El usuario puede definir desde el esquema de contactos los parámetros para las interfaces de comunicación, lo que permite ampliar las posibilidades de conexión con otras unidades inteligentes, tales como impresoras, lectores de códigos de barras, balanzas, etc.

2.9.9.5. Marcas especiales:

Se trata de bits de datos internos que ejecutan funciones de estado y control entre el sistema y el programa.

2.9.9.6. Direccionamiento simbólico:

Permite utilizar en el programa un nombre simbólico asignado a un punto de E/S como operando.

2.9.9.7. Libre mantenimiento:

Normalmente el mantenimiento de los PLC, es muy bajo y se puede decir que son equipos libre de mantenimiento, lo recomendado en estos equipos es un mantenimiento preventivo a través de limpieza, debido a que no cuenta con partes móviles y mecánicas, que presentan desgates permanente como el caso de contactores y relé. Esta limpieza es

mediante aire comprimido limpiar perfectamente cada una de sus partes y conectores.

2.9.10. Aplicaciones del S7-300

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc.; las áreas de aplicación del SIMATIC S7-300 incluyen:

2.9.10.1. Sistemas de transporte:

Gracias a su sencillez, permite programar y monitorear rápidamente aplicaciones como por ejemplo cintas transportadoras. La programación basada en "arrastrar y soltar" ayuda a configurar lógica de marcha/paro para motores con mando por pulsador y permite asimismo seleccionar contadores para supervisar el número de piezas producidas.

2.9.10.2. Controles de entrada y salida:

Gracias a su diseño compacto, permite además una integración fácil en dispositivos de espacio reducido, como por ejemplo en barreras de aparcamientos o entradas. Como por ejemplo se puede detectar un vehículo tanto a la entrada como a la salida, abriendo o cerrando la barrera automáticamente, la cantidad de vehículos estacionados resulta fácil de comprobar programando simplemente un contador.

2.9.10.3. Sistemas de elevación:

El potente juego de instrucciones de un PLC, permite que controle una gran variedad de sistemas de elevación de material. La vigilancia de secuencias de control (arriba/abajo) así como la capacidad de tomar

decisiones eficientes en cuanto a tareas de control complejas son algunas de las tareas asistidas por todas las instrucciones residentes en el PLC.

2.9.10.4. Otras aplicaciones:

Además de los ejemplos representados arriba, cabe considerar algunas de tantas otras tareas de automatización, para las que este PLC constituye la solución ideal:

- ✓ Líneas de ensamblaje
- ✓ Sistemas de embalaje
- ✓ Máquinas expendedoras
- ✓ Controles de bombas
- ✓ Mezclador
- ✓ Equipos de tratamiento y manipulación de material
- ✓ Maquinaria para trabajar madera
- ✓ Paletizadoras
- ✓ Máquinas textiles
- ✓ Máquinas herramientas

2.9.11. HMI

HMI significa “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por

indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como mostraremos a continuación.

2.9.11.1. Tipos de HMI:

Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.; paquetes enlatados HMI, son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplo WinCC, descontando el método tradicional, podemos distinguir básicamente dos tipos de HMIs:

- ✓ Terminal de Operador.- Consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touch screen).

- ✓ PC + Software.- Esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, en donde existen los llamados Industriales (para ambientes agresivos), los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador, y en general veremos muchas formas de hacer un PC, pasando por el tradicional PC de escritorio. Respecto a los softwares a instalar en el PC de modo de cumplir la función de HMI hablamos a continuación.

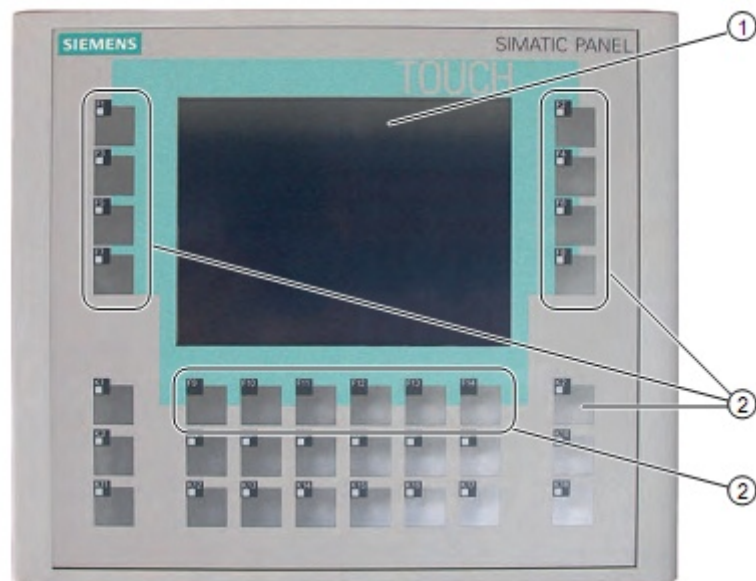
2.9.11.2. Software HMI

Estos softwares permiten entre otras cosas las siguientes funciones: Interfase gráfica de modo de poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. Si bien es cierto sólo con la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas. Al igual que en los terminales de operador, se requiere de una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada, y luego debe quedar corriendo en el PC un software de ejecución (Run Time). Por otro lado, este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación, cual es la tendencia actual.

2.9.11.3. Comunicación

La comunicación con los dispositivos de las máquinas o proceso se realiza mediante comunicación de datos empleando las puertas disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en los PCs. Actualmente para la comunicación se usa un software denominado servidor de comunicaciones, el que se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y el software de aplicación (HMI u otros) los cuales son sus clientes. La técnica estandarizada en estos momentos para esto se llama OPC (Ole for Process Control), por lo que contamos entonces con Servidores y Clientes OPC, sin embargo aún quedan algunas instalaciones donde se usaba DDE para este propósito, como también muchos softwares de aplicación sólo son clientes DDE por lo que lo usual es que los servidores sean OPC y DDE.

2.9.11.4. Elementos de control del OP 177B (Ver Fig. 2.9.11.4)



- ① Display con pantalla táctil
- ② Teclas de función con LED
- ③ Teclas de función sin LED

Fig. 2.9.11.4 OP 177B

Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

- ✓ Pantalla táctil.- La unidad de entrada estándar del panel de operador es la pantalla táctil. Todos los objetos de control necesarios para la operación se representan en la pantalla táctil después de arrancar el panel de operador.
- ✓ Teclas de función.- En el TP 177B 4" se pueden utilizar además de las teclas de función F1 a F4 para realizar entradas. En el OP 177B también pueden realizarse entradas con las teclas de función F1 a F14 y K1 a K18. Durante la configuración se define qué función tendrán las teclas de función. Si no hay ningún proyecto abierto, las teclas de función carecerán de función.

2.9.11.5. Procedimiento para insertar una tarjeta de memoria

Proceda del siguiente modo: 1. Inserte la tarjeta de memoria en la ranura pertinente. Cuando vaya a insertar la tarjeta de memoria, tenga en cuenta que para poder insertarla en la ranura tiene que estar visible la

parte delantera. La figura 2.9.11.5 muestra cómo insertar la tarjeta de memoria con el ejemplo del TP 177B 6".



- 1 Portador de la tarjeta de memoria
- 2 Tarjeta de memoria
- 3 Receptáculo de la tarjeta de memoria

Fig. 2.9.11.5 Ubicación de tarjeta de memoria
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

2.9.11.6. Configuración del sistema operativo del OP 177B

La figura 2.9.11.6 muestra el Loader.



Fig. 2.9.11.6 Loader
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

Los botones del Loader tienen la siguiente función:

- ✓ Con el botón "Transfer" se conmuta el panel de operador al modo de "Transfer". El modo de operación "Transfer" sólo se puede activar si está activado por lo menos un canal de datos para la transferencia.
- ✓ Con el botón "Start" se inicia el proyecto existente en el panel de operador.

- ✓ Con el botón "Control Panel" se inicia el Control Panel del panel de operador. En el Control Panel se configuran diversos ajustes, p. ej. las opciones de transferencia.
- ✓ Mediante el botón "Taskbar" se activa la barra de tareas con el menú Inicio de Windows CE abierto.

En el Control Panel del panel de operador es posible realizar los siguientes ajustes:

- ✓ Comunicación
- ✓ Fecha/hora
- ✓ Protector de pantalla
- ✓ Copia de seguridad y restauración
- ✓ Configuración regional
- ✓ Configuración de la transferencia
- ✓ Tiempo de retardo
- ✓ Contraseña

2.9.12. SIMATIC WinCC flexible

Es el innovador software HMI ejecutable en Windows para todas las aplicaciones a pie de máquina en el ámbito de la construcción de maquinaria, maquinaria de serie e instalaciones. La gama de paneles de mando abarca desde los Micro Panels, que están pensados para aplicaciones con controladores SIMATIC S7-200, hasta soluciones locales con SIMATIC Panel PC o IPC.

2.9.12.1. SIMATIC WinCC flexible Runtime Software

El software de runtime (Ver Fig. 2.9.11.4) está incluido en los paneles de mando SIMATIC HMI y ofrece diferentes funcionalidades HMI y volúmenes, según la composición de hardware del equipo. Existen diferentes variantes de WinCC flexible Runtime para plataformas PC, clasificables de acuerdo con el número de PowerTags utilizados (128, 512, 2 048 ó 4096). Se denominan PowerTags exclusivamente a las variables de proceso que poseen una conexión con el PLC. Además de ellas se dispone de otras variables sin conexión con el proceso, límites constantes de variables y avisos (hasta un máximo de 4 000), que son prestaciones adicionales del sistema.

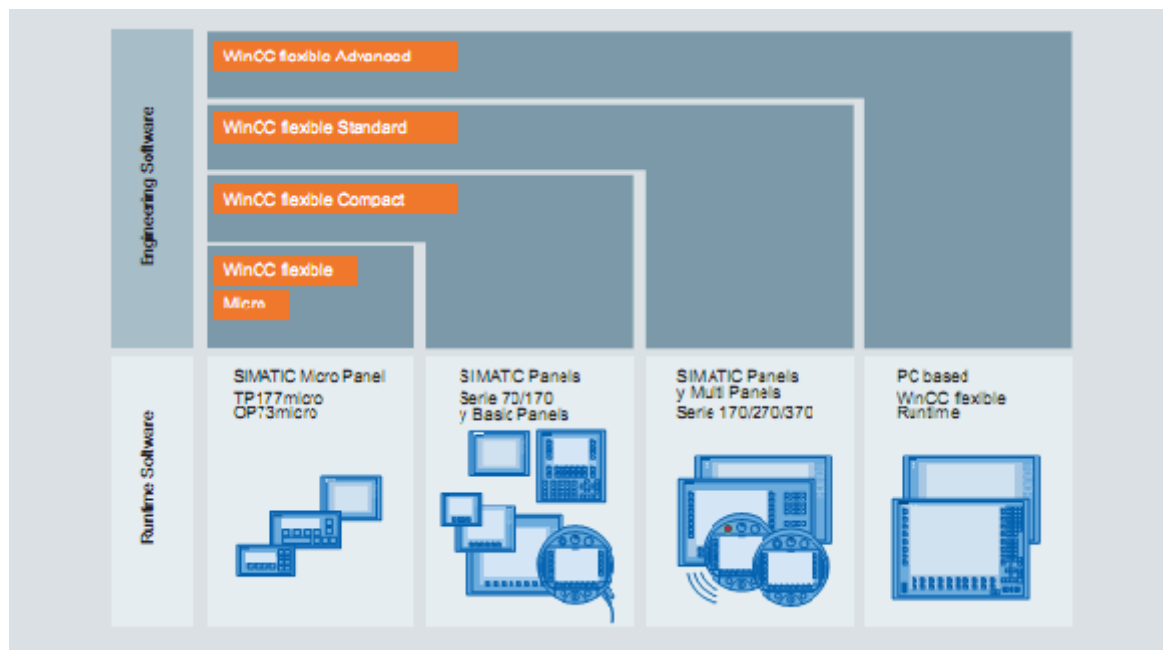


Fig. 2.9.12.1 WinCC flexible software de ingeniería y sistemas de destino
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

2.9.12.2. Interfaz de usuario sencilla y cómoda

El software de ingeniería se basa en la tecnología de software más moderna (p. ej., Microsoft.NET). El software contiene una serie de editores y herramientas para diversas tareas de configuración. Por ejemplo, es posible configurar con técnica de niveles en 32 niveles de pantalla. Para la configuración de imágenes pueden usarse una serie de cómodas funciones, como por ejemplo, ampliar/reducir, rotar y alinear.

WinCC flexible permite adaptar el entorno de trabajo a las necesidades del usuario. En el proceso de ingeniería, aparece en la pantalla del PC de configuración un entorno de trabajo orientado a la tarea concreta de configuración que se desea llevar a cabo. En ella encontrará todo lo que necesita para trabajar con comodidad:

- ✓ La ventana del proyecto, que muestra la estructura del proyecto (árbol del proyecto) y permite administrarlo.
- ✓ La caja de herramientas, que contiene diversos objetos y permite acceder a la librería de objetos.
- ✓ La ventana de objetos, en la que pueden seleccionarse objetos ya creados (p. ej., copiándolos mediante arrastrar y soltar).
- ✓ El área de trabajo, en la que pueden crearse las imágenes (presentación y animación).
- ✓ La ventana de propiedades, para la parametrización de los objetos del área de trabajo.

2.9.12.3. ¿En qué consiste el software STEP 7?

STEP 7 es el software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC. STEP 7 forma parte del software industrial SIMATIC. El software estándar STEP 7 presenta las siguientes variantes:

- ✓ STEP 7-Micro/DOS y STEP 7-Micro/WIN para aplicaciones stand-alone sencillas en sistemas de automatización SIMATIC S7-200.
- ✓ STEP 7 para aplicaciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 y SIMATIC C7 con funciones ampliadas:

2.9.12.4. El software estándar STEP 7

Los lenguajes de programación SIMATIC integrados en STEP 7 cumplen con la norma DIN EN 6.1131-3. El software estándar se ejecuta bajo los sistemas operativos MS Windows XP Professional (en adelante llamado Windows XP), MS Windows Server 2003 y MS Windows 7 Business, Ultimate y Enterprise, estando adaptado a su funcionamiento gráfico y orientado a los objetos.

2.9.12.5. Funciones del software estándar

El software estándar (Ver Fig. 2.9.12.5) le asiste en todas las fases de creación de soluciones de automatización, tales como:

- ✓ Crear y gestionar proyectos

- ✓ Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación

- ✓ Gestionar símbolos

- ✓ Crear programas, p.ej. para sistemas de destino S7

- ✓ Cargar programas en sistemas de destino

- ✓ Comprobar el sistema automatizado

- ✓ Diagnosticar fallos de la instalación El interface de usuario del software STEP 7 está diseñado siguiendo los criterios ergonómicos más avanzados, lo que permite conocer rápidamente sus funciones.

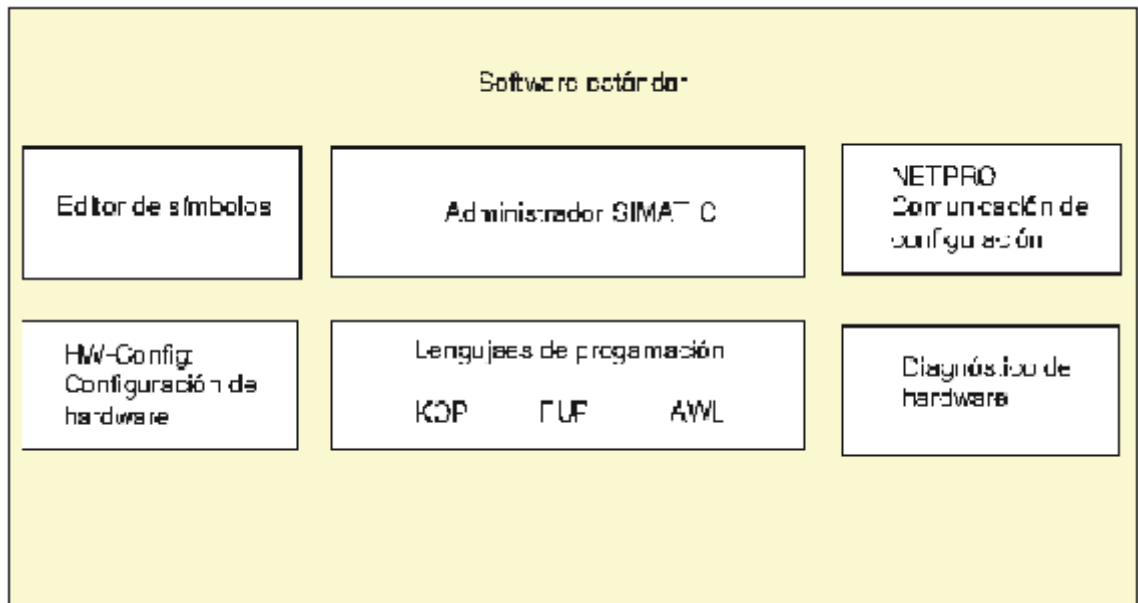


Fig. 2.9.12.5 Software estándar herramientas auxiliares
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

2.9.12.6. Administrador SIMATIC

El Administrador SIMATIC (Ver Fig. 2.9.12.6) gestiona todos los datos pertenecientes al proyecto de automatización, independientemente del sistema de destino (S7/M7/C7) donde se encuentren. El Administrador SIMATIC arranca automáticamente las herramientas necesarias para tratar los datos seleccionados.

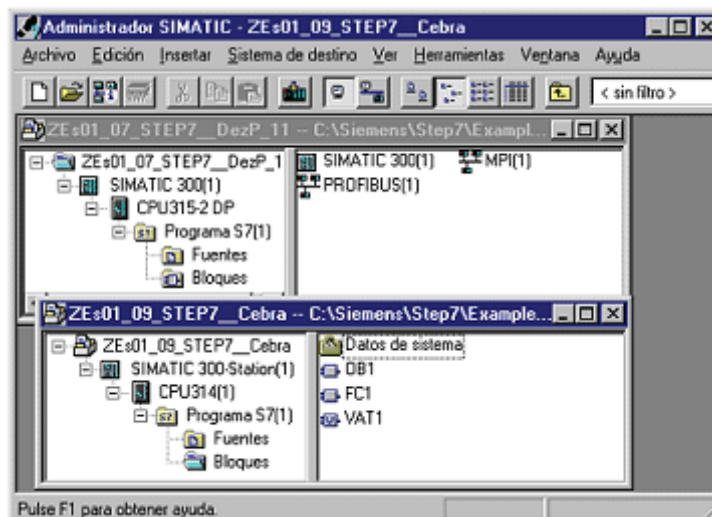


Fig. 2.9.12.6 Pantalla de Administrador SIMATIC
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

2.9.12.7. Editor de símbolos

Con el editor de símbolos se gestionan todas las variables globales. Se dispone de las siguientes funciones:

- ✓ Definir nombres simbólicos y comentarios para las señales del proceso (entradas y salidas), las marcas y los bloques.
- ✓ Funciones de ordenación.
- ✓ Importación/exportación de/hacia otros programas de Windows.

Todas las herramientas pueden acceder a la tabla de símbolos creada. Por consiguiente, detectan automáticamente si se ha modificado un parámetro de un símbolo.

2.9.12.8. Diagnóstico del hardware

El diagnóstico del hardware permite visualizar el estado del sistema de automatización, mostrando una vista general en la que aparece un símbolo cuando alguno de los módulos presenta un fallo o no. Con un doble clic en el módulo averiado se visualizan información detallada sobre el error. El volumen de información disponible depende del módulo en cuestión:

- ✓ Visualización de informaciones generales sobre el módulo (p.ej. número de referencia, versión, denominación) y sobre su estado (p.ej. fallo).
- ✓ Visualización de los fallos del módulo (p.ej. errores de canal) de la periferia centralizada y de los esclavos DP.
- ✓ Visualización de los avisos del búfer de diagnóstico. En el caso de las CPUs se visualizan además las siguientes informaciones: causas de una ejecución errónea del programa de usuario, duración del ciclo (máximo, mínimo y último), características y

grado de utilización de la comunicación MPI, datos característicos (cantidad de entradas y salidas, marcas, contadores, temporizadores y bloques posibles).

2.9.12.9. Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación KOP, AWL y FUP para S7-300/400 son parte integrante del software estándar.

- ✓ KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. La sintaxis de las instrucciones es similar a la de un esquema de circuitos. KOP permite observar la circulación de la corriente a través de contactos, elementos complejos y bobinas.
- ✓ AWL (lista de instrucciones) es un lenguaje de programación textual orientado a la máquina. En un programa creado en AWL, las instrucciones equivalen en gran medida a los pasos con los que la CPU ejecuta el programa. Para facilitar la programación, AWL se ha ampliado con estructuras de lenguajes de alto nivel (tales como accesos estructurados a datos y parámetros de bloques).
- ✓ FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación gráfico que utiliza los cuadros del álgebra booleana para representar la lógica. Asimismo, permite representar funciones complejas (p.ej. funciones matemáticas) mediante cuadros lógicos.

2.9.12.10. HW-Config: Configuración del hardware

Esta herramienta se utiliza para configurar y parametrizar el hardware de un proyecto de automatización. Se dispone de las siguientes funciones:

- ✓ Para configurar el sistema de automatización, se eligen primero los bastidores (racks) de un catálogo electrónico y luego se asignan los módulos seleccionados a los slots de los bastidores.

- ✓ La configuración de la periferia descentralizada se efectúa del mismo modo que la de la periferia centralizada.
- ✓ Al parametrizar la CPU se pueden ajustar mediante menús propiedades tales como el comportamiento en el arranque y la vigilancia del tiempo de ciclo. Se asiste el modo multiprocesador. Los datos introducidos se depositan en bloques de datos del sistema.
- ✓ Al configurar los módulos, todos los datos se pueden ajustar en cuadros de diálogo. No es preciso efectuar ajustes mediante los interruptores DIP. La parametrización de los módulos se efectúa automáticamente durante el arranque de la CPU. Por consiguiente se puede p.ej. sustituir un módulo sin necesidad de repetir la parametrización.
- ✓ La parametrización de módulos de función (FMs) y de procesadores de comunicaciones (CPs) se efectúa con la misma herramienta de configuración del hardware de forma idéntica a como se parametrizan los demás módulos. Para los FM y CP se dispone de cuadros de diálogo específicos de los módulos (que forman parte del volumen de suministro del paquete de funciones FM/CP). El sistema impide que se efectúen entradas incorrectas, ya que los cuadros de diálogo sólo ofrecen las entradas admisibles.

2.9.12.11. NetPro

Con NetPro, los datos se pueden transferir de forma cíclica y temporizada a través de MPI, permitiendo

- ✓ Seleccionar las estaciones que intervienen en la comunicación e introducir la fuente y el destino de los datos en una tabla. La creación de todos los bloques a cargar (SDB) y su transferencia completa a todas las CPUs se efectúa de forma automática.

Además, existe la posibilidad de transferir los datos de forma controlada por eventos, pudiéndose: definir los enlaces de comunicación, seleccionar los bloques de comunicación o de función de la librería de bloques integrada, parametrizar en el lenguaje de programación habitual los bloques de comunicación o de función seleccionados.

CAPÍTULO 3

MÉTODOS Y MATERIALES

3.1 Justificación de la elección del método

Estos métodos fueron considerados por las siguientes razones: Es un método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias. Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en la empírica y en la medición, sujeto a los principios específicos de las pruebas de razonamiento. El método científico está sustentado por dos pilares fundamentales, el primero de ellos es la reproducibilidad, es decir, la capacidad de repetir un determinado experimento, en cualquier lugar y por cualquier persona. Este pilar se basa, esencialmente, en la comunicación y publicidad de los resultados obtenidos. El segundo pilar es la refutabilidad. Es decir, que toda proposición científica tiene que ser susceptible de ser falsada o refutada (falsacionismo). Esto implica que se podrían diseñar experimentos, que en el caso de dar resultados distintos a los predichos, negarían la hipótesis puesta a prueba. La falsabilidad no es otra cosa que el *modus tollendo tollens* del método hipotético deductivo experimental. Según James B. Conant, no existe un método científico. El científico usa métodos definitorios, métodos clasificatorios, métodos estadísticos, métodos hipotético-deductivos, procedimientos de medición, etcétera. Y según esto, referirse al método científico es referirse a este conjunto de tácticas empleadas para constituir el conocimiento, sujetas al devenir histórico, y que eventualmente podrían ser otras en el futuro.

3.1.1 Método empírico-analítico

Conocimiento autocorrectivo y progresivo. Características de las ciencias naturales y sociales o humanas. Caracteriza a las ciencias descriptivas. Es el método general más utilizado. Se basa en la lógica empírica. Dentro de éste podemos observar varios métodos específicos con técnicas particulares. Se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado.

3.1.2 Método experimental

Algunos lo consideran por su gran desarrollo y relevancia un método independiente del método empírico, considerándose a su vez independiente de la lógica empírica su base, la lógica experimental comprende a su vez:

3.1.2.1 Método hipotético deductivo

En el caso de que se considere al método experimental como un método independiente, el método hipotético deductivo pasaría a ser un método específico dentro del método empírico analítico, e incluso fuera de éste.

3.1.2.2 Método de la observación científica

Fue el primer método utilizado por los científicos y en la actualidad continua siendo su instrumento universal. Permite conocer la realidad mediante la sensopercepción directa de entes y procesos, para lo cual debe poseer algunas cualidades que le dan un carácter distintivo. Es el más característico en las ciencias descriptivas.

3.2 Materiales Utilizados

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

- ✓ Medidor Sentron Pac 3200.

- ✓ Maleta didáctica de Plc Siemens S7- CPU 315 2 PN/DP con HMI OP 177B

- ✓ Computador de escritorio.

- ✓ Cables de conexión profibus.

- ✓ Software Powerconfig Siemens.

- ✓ Software Simatic Step 7 V5.5

- ✓ Software WinCC fFlexible versión 2008

3.2.1 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. 3.2.1), 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.



Fig. 3.2.1 Programa PowerConfig SW
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

3.2.2 Multímetro Industrial Sentron PAC3200 Siemens

Se utilizó el multimedidor SENTRON PAC3200 (Ver Fig. 3.2.2), para aplicar en instalaciones donde exista consumo de energía eléctrica.



Fig. 3.2.2 Multímetro Sentron Pac 3200
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

CAPÍTULO 4

RESULTADOS – DISCUSIÓN

4.1 Implementación de un Sistema

Se construyo un sistema didáctico de fácil uso para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas con la siguiente arquitectura:

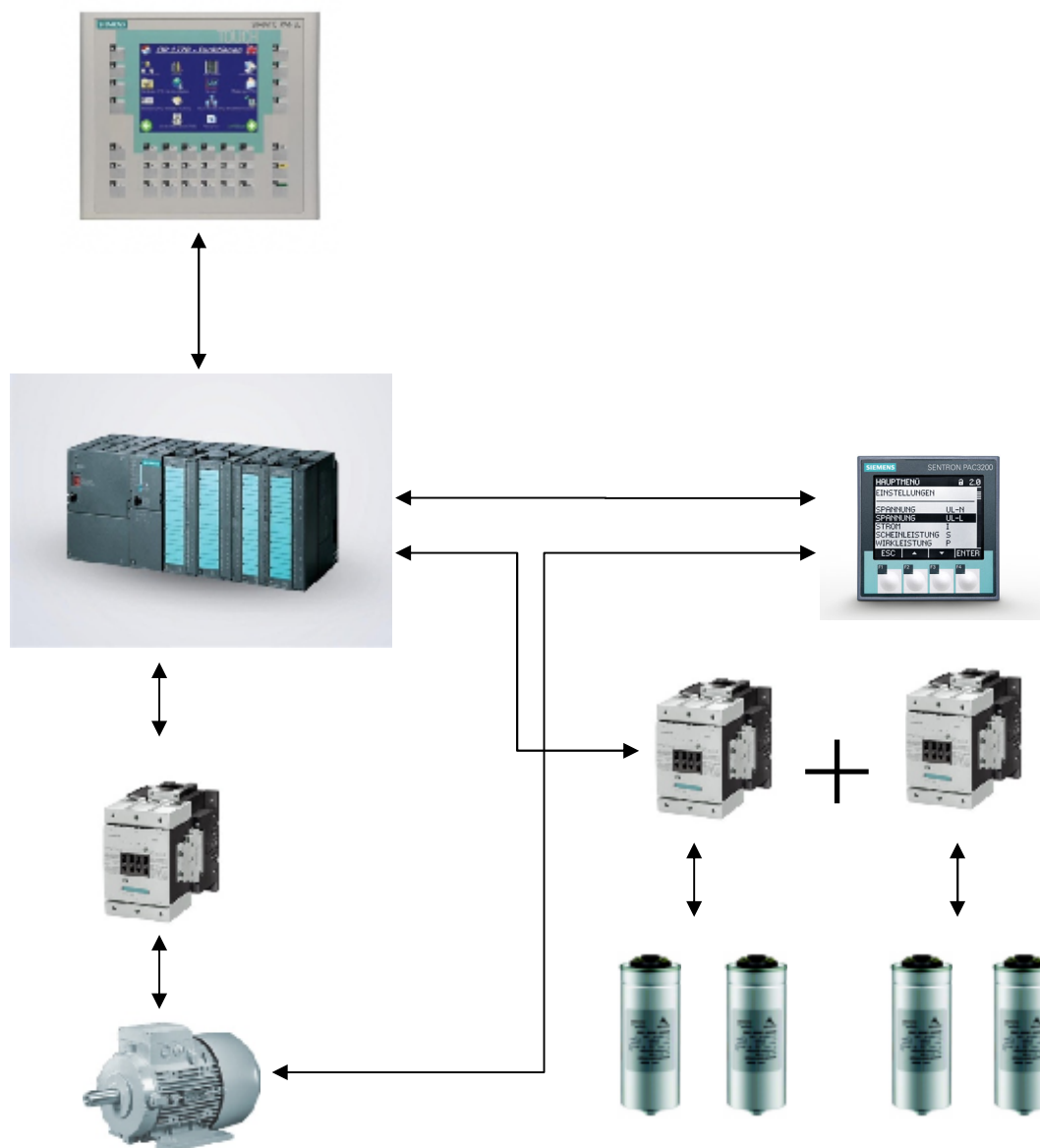


Fig. 4.1 Arquitectura de Sistema de Automatización
Fuente: Autores

4.2 Imágenes de Implementación



Fig. 4.2.1 Implementación 1
Fuente: Autores

Se desarrolló la instalación del sistema automático.

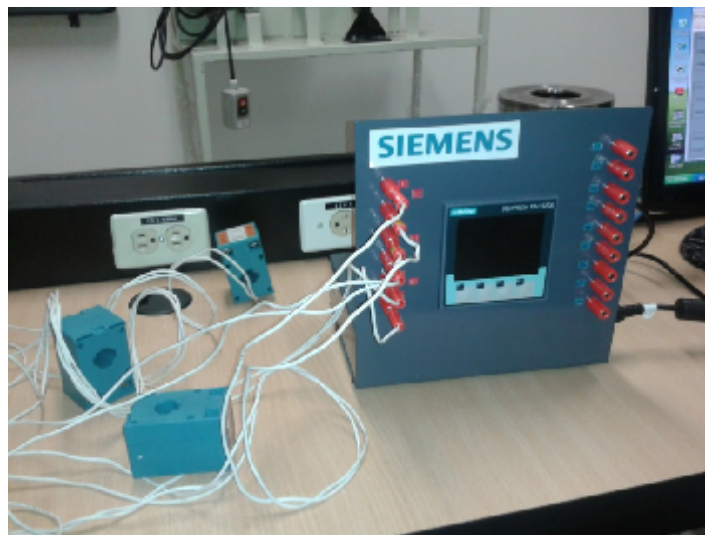


Fig. 4.2.2 Implementación 2
Fuente: Autores

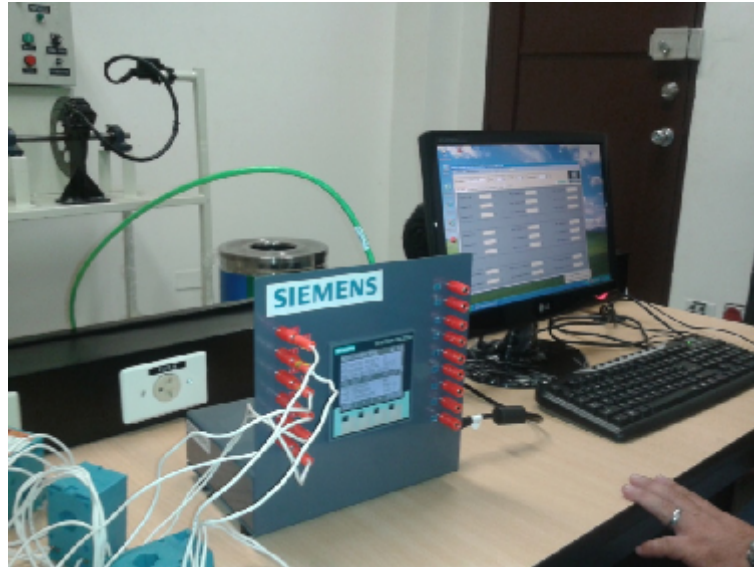


Fig. 4.2.3 Implementación 3
Fuente: Autores



Fig. 4.2.4 Implementación 4
Fuente: Autores



Fig. 4.2.5 Implementación 5
Fuente: Autores



Fig. 4.2.6 Implementación 6
Fuente: Autores

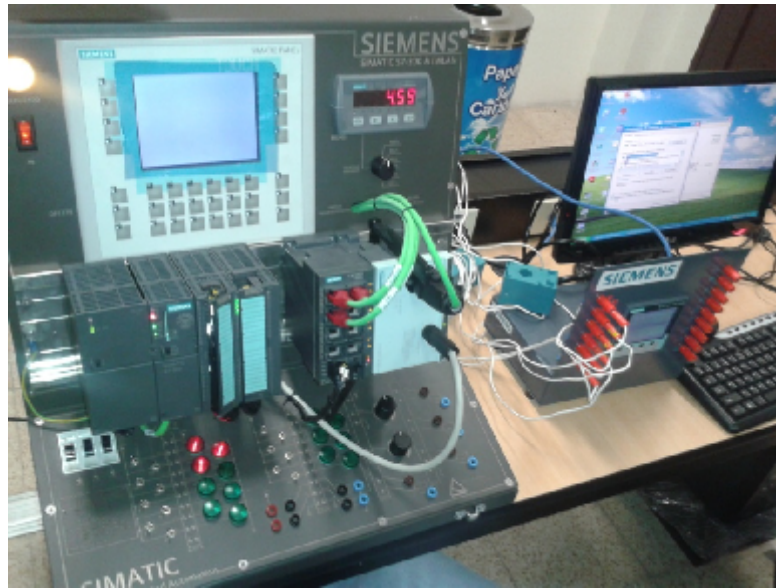


Fig. 4.2.7 Implementación 7
Fuente: Autores



Fig. 4.2.8 Implementación 8
Fuente: Autores



Fig. 4.2.9 Implementación 9
Fuente: Autores

Se visualiza en la fig. 4.2.9 la programación de los equipos electrónico para realizar la aplicación para mejorar el factor de potencia a través del uso de Sentron Pac 3200.

4.3 Diagrama de Conexión al Motor con el Sentron PAC3200 Siemens

Se detalla en el siguiente diagrama como se conectó el sistema:

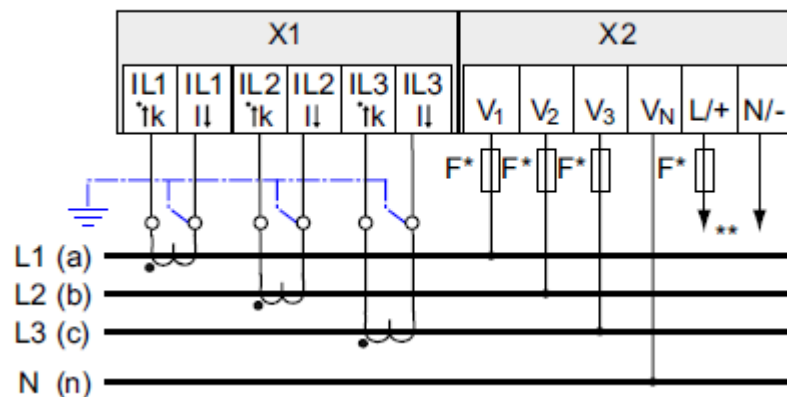


Fig. 4.3 Diagrama de Conexión al motor en estrella
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

Tipo de conexión, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente.

* Los fusibles se colocaron en la instalación.

** Conexión de la tensión de alimentación

4.4 Tablas de Datos Capturados en el equipo de medición Sentron Pac 3200.

Factor de Potencia

| FP INSTANTANEO | VALOR |
|----------------|-------|
| L1 | 0.62 |
| L2 | 0.61 |
| L3 | 0.62 |

Tabla 4.4.1 Factor de Potencia
Fuente: Autores

Factor de Potencia Total Instantáneo

| FP TOTAL INSTANTANEO | VALOR |
|----------------------|-------|
| TOTAL | 0.62 |

Tabla 4.4.2 Factor de Potencia Total
Fuente: Autores

Frecuencia Instantánea

| FRECUENCIA INSTANTANEA | UNIDAD |
|------------------------|--------|
| 60 | Hz |

Tabla 4.4.3 Frecuencia Instantánea
Fuente: Autores

| | | | |
|----------------------|------|------|------|
| FP INSTANTANEO | | | |
| L1 | 0,62 | 0,62 | 1,61 |
| L2 | 0,61 | 0,62 | 1,61 |
| L3 | 0,62 | 0,62 | 1,61 |
| FP TOTAL INSTANTANEO | 0,62 | 0,62 | 1,61 |
| FRECUENCIA | 60 | 60 | 60 |

Tabla 4.4.4 Tabla de Comparación de Valores Obtenidos
Fuente: Autores

A continuación mostraremos una Imagen (Ver Fig 4.4.1), de Programa Adquiriendo Datos de Motor conectado en vacío.

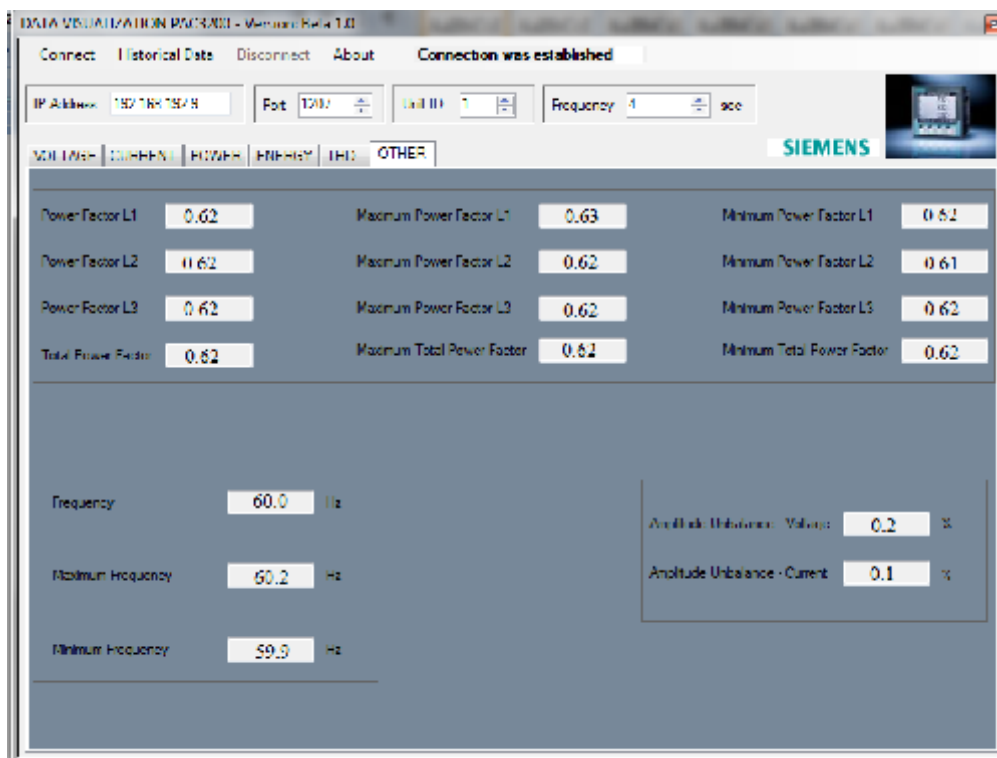


Fig. 4.4.1.- Powerconfig- Visualización de FP de motor en vacío
Fuente: Autores

Factor de Potencia Total Instantáneo

| FP TOTAL INSTANTANEO | VALOR |
|----------------------|-------|
| TOTAL | 0.62 |

Tabla 4.4.5 Factor de Potencia Total
Fuente: Autores

Frecuencia Instantánea

| FRECUENCIA INSTANTANEA | UNIDAD |
|------------------------|--------|
| 60 | Hz |

Tabla 4.4.5 Frecuencia Instantánea
Fuente: Autores

FP= (P/S)

FP(L1)= (1.90/3.06)= 0.62

FP(L2)= (1.89/3.05)= 0.62

FP(L3)= (1.89/3.06)= 0.62

Factor de Potencia Promedio

FP= 0.62

Frecuencia Instantánea

F= 60 HZ

Comparación de valores obtenidos con valores calculados.

| VL-N INSTANTANEO | SETRON PAC | VALOR TEÓRICO | % ERROR |
|------------------------|------------|---------------|---------|
| FP INSTANTANEO | | | |
| L1 | 0,62 | 0,62 | 0 |
| L2 | 0,62 | 0,62 | 0 |
| L3 | 0,62 | 0,62 | 0 |
| FP TOTAL INSTANTANEO | 0,62 | 0,62 | 0 |
| FRECUENCIA INSTANTANEA | 60 | 60 | 0 |

Tabla. 4.4.6 Tabla de Comparación de Valores Obtenidos
Fuente: Autores

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se dio una relación muy cercana a los valores ideales calculados teóricamente con los medidos con el equipo Sentron Pac 3200 Siemens con respecto al mejoramiento del factor de potencia. Para el desarrollo de esta tesis se buscó información referente a monitoreo de sistemas que presten la viabilidad y capacidad en la comprensión de la práctica realizada, Win CC Flexible es un programa adecuado para ser incluido en el proceso de formación de los estudiantes, debido a la facilidad y simplicidad en la ejecución de los comandos y pasos a seguir para realizar un monitoreo. A medida que se iba desarrollando esta investigación se aprendió el funcionamiento de cada una de las herramientas que brinda este programa.

Se podrá tratar este tema con más profundidad práctica en la asignatura de Sistemas de Medición, acertada ayuda que se brindará para transmitir conocimiento. Se debe de tomar en cuenta que por muy preciso que sea el sistema de monitoreo será distinto a las condiciones industriales a las cuales estaremos prestos a desarrollar donde existirá diferencias técnicas. Tuvimos la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, visualizando y configurando el sistema con la prestación del motor para controlar el factor de potencia, la misma que facilitó el desarrollo de esta tesis.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda integrar en el contenido de la materia Sistemas de Medición, Máquinas y Transformadores y Laboratorio de Máquinas, ya que es posible emitir conocimiento en gran medida gracias a este sistema entregado la Facultad Técnica. Se recomienda tener mucho cuidado al

momento de realizar las prácticas de este sistema ya que intervienen valores bajos de factor de potencia, se debe tomar mucha precaución. Se recomienda prender inicialmente el equipo al iniciar cada práctica para evitar daños internos si este es encendido ya con carga conectada.

Se debe tomar mucha precaución al momento de manipular el sistema de mejoramiento de factor de potencia ya que este presenta varias conexiones y un mal uso puede causar severos daños ya que al hacer contactos estos terminales pueden dañar el equipo. Con todo esto se recomienda que de acuerdo a la necesidad de incluir un componente práctico en el programa académico de la carrera, para mayor comprensión de temas como Electricidad, que es tratada en diversas materias de las dos carreras como son Ingeniería Electrico-Mecánico e Ingeniería Electrónica en Control de Automatismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Fowler R. J. (1994) *Electricidad Principios y Aplicaciones*. Barcelona: Reverté S.A.
- Harper G.E. (2004) *El ABC de la calidad de la energía eléctrica*. México: Limusa.
- Dawes Ch. L. (1982) *Electricidad Industrial*. Barcelona: Reverté S.A.
- Martinez J.M. (2002) *Redes de Comunicaciones*. Valencia: U.P. Valencia.
- Mitchell R.W. (2003) *Profibus*. New York: Isa
- Pigan R.(2006) *Automating with Profinet*. Germany: Siemens.
- Ras E. (1994) *Transformadores de Potencia de Medida Y Protección*. Barcelona: Marcombo.
- Moreno J. (2003) *Electrotecnia*. Madrid: Comillas.
- Harper G.E. (2004) *Fundamentos de Control de Motores Eléctricos en la Industria*. Mexico: Limusa.
- Gómez J. (2002) *Variación de Velocidad de los Motores Eléctricos*. Gijón: Universidad de Oviedo.
- Senner A. (1994). *Principios de Electrotecnia*. Barcelona: Reverté.