

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo**

## **TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del Título:**

**Ingeniero Electrónico en Control de Automatismo**

### **TEMA:**

**“Investigación y Desarrollo de un Sistema Automático para un motor eléctrico conectado en estrella utilizando un equipo de medición Siemens PAC 3200”**

### **REALIZADA POR:**

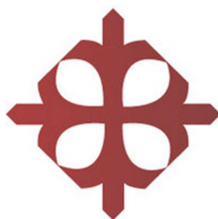
Guillermo Genaro Guerra Pulua  
Armando Román Ayala Moreira

### **DIRECTOR:**

Ing. Oscar Omar Carrasco Agraces

**Guayaquil – Ecuador**

**2011**



**Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo**

**TESIS DE GRADO**

TEMA:

**“Investigación y Desarrollo de un Sistema Automático para un motor eléctrico conectado en estrella utilizando un equipo de medición Siemens PAC 3200”**

**Presentada a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería Electrónica en Control de Automatismo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.**

REALIZADO POR:

Guillermo Genaro Guerra Pulua

Armando Román Ayala Moreira

**Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar por el Título de:  
Ingeniero Electrónico en Control de Automatismo**

.....  
Decano

.....  
Director de Carrera

.....  
Director de Tesis

.....  
Vocal Principal

.....  
Vocal Principal

.....  
Secretario

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el proyecto de grado titulado “Investigación y Desarrollo de un Sistema Automático para un motor eléctrico conectado en estrella utilizando un equipo de medición Siemens PAC 3200” desarrollado por Guillermo Genaro Guerra Pulua y Armando Román Ayala Moreira fue realizado, corregido y terminado, razón por la cual está apto para su presentación y sustentación.

.....

Ing. Oscar Carrasco

**DIRECTOR DE TESIS**

## **Agradecimientos**

Gracias a todas y cada una de las personas que participaron en la tesis realizada, ya que invirtieron su tiempo y conocimientos para ayudarnos a completar nuestro proyecto.

Por último, queremos agradecer a todas aquellas personas que sin esperar nada a cambio compartieron pláticas, ciencias y diversión. A todos aquellos que durante los cinco años que duró este sueño lograron convertirlo en realidad.

# Dedicatoria

A Dios, quien nos ilumina y nos bendice con su poder y bondad celestial, a toda mi familia quien no dejó de apoyarme siempre.

A mi abuelo Guillermo Guerra Romero, autor principal de mi superación ya que me motivó a ser alguien en la vida, aunque ahora desde el cielo me verá culminar lo que con ayuda de él empecé, para ti con mucho amor Padre.

A mis padres Guillermo y Lourdes, y mis hermanas Dayiret y Blanquita, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

A mi querida esposa Cristina Elizabeth, a ella especialmente le dedico esta Tesis. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es, porque la amo. Es la persona que más directamente ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente ella me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Nunca le podré estar suficientemente agradecido.

A mi hija, Christelle Mayree. Su llegada a mi vida ha coincidido con la finalización de mi carrera. Ella es lo mejor que nunca me ha pasado, y ha venido a este mundo para

darme el último empujón para terminar el trabajo. Es sin duda mi referencia para el presente y para el futuro. **A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.**

Guillermo Genaro Guerra Pulua

# **Dedicatoria**

A Dios, y a todos mis seres queridos, que con su apoyo constante me han ayudado a la culminación exitosa de mis estudios.

A todos los estudiantes de la Facultad Técnica para el Desarrollo, ya que este trabajo puede ser tomado como base para impartir nuevos conocimientos.

A mi familia, esposa e hijos.

Armando Román Ayala Moreira.

## Índice

CAPÍTULO 1 .....	13
INTRODUCCIÓN .....	13
1.1 Planteamiento del Problema.....	15
1.1.1 Delimitación del Problema.....	16
1.1.2 Justificación.....	16
1.2 Antecedentes .....	17
1.3 Objetivos .....	19
1.3.1 Objetivo General .....	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO 2 .....	20
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	20
2.1 El motor de Inducción.....	20
2.1.1 Principio de Funcionamiento .....	20
2.1.2 Características de Funcionamiento del motor de inducción .....	20
2.1.3 Clasificación de los motores asíncronos, según el diseño de la jaula (NEMA). .....	22
2.2 Multímetro Sentron PAC 3200 Siemens.....	24



2.2.1 Descripción .....	24
2.2.2 Gestión de la Energía .....	26
2.3 Profibus .....	26
2.3.1 Historia y Evolución .....	26
2.3.2 Versiones de Profibus .....	30
2.3.3 Conexiones Físicas.....	30
2.3.4 Comunicaciones .....	31
2.3.5 Terminadores de bus .....	32
2.3.6 Profibus DP .....	33
2.4 Interfaz Ethernet.....	41
2.4.1 Historia de Ethernet .....	42
2.4.2 Tecnología Ethernet .....	47
2.4.3 La capa física.....	47
2.4.4 Arquitectura (estructura lógica) .....	48
2.4.5 Principios de Operación de Ethernet.....	49
2.4.6 Direccionamiento de Ethernet.....	50
2.4.7 Tiempos de Señales de Interfaces Ethernet.....	52
2.4.8 Componentes de Ethernet a 10 Mb/s .....	53

2.4.9 Topologías Ethernet .....	53
CAPÍTULO 3 .....	56
METODOLOGÍA APLICADA .....	56
3.1 Método .....	56
3.2 Justificación de la elección del método.....	56
3.3 Materiales Utilizados .....	57
3.3.1 Motor de Inducción.....	57
3.3.2 Software Powerconfig Siemens .....	59
3.3.3 Interfaz de Comunicación Ethernet.....	60
3.3.4 Multímetro Industrial Sentron PAC3200 Siemens .....	60
CAPÍTULO 4.....	62
EXPERIMENTACIÓN.....	62
4.1 Implementación del Sistema Didáctico de Monitoreo .....	62
4.2 Imágenes de Implementación.....	62
4.3 Tabla de datos Capturados .....	64
4.4 Experimento con el Equipo Sentron Pac 3200 Siemens conectado a un motor con conexión estrella en vacío. ....	66
4.4.1 Diagrama de Conexión al Motor con el Sentron PAC3200 Siemens .....	66

4.4.2 Tablas de Datos Capturados en el equipo de medición Sentron Pac 3200 Siemens. ....	67
4.4.3 Calculo Teórico de Valores adquiridos con el equipo. ....	70
4.4.4.- Comparación de valores obtenidos con valores calculados.....	73
4.4.5.- Imágenes de Programa Adquiriendo Datos de Motor conectado en vacío...74	
4.5 Experimento con el Equipo Sentron Pac 3200 Siemens conectado a un motor con conexión estrella con carga, en proceso de banda transportadora. ....	76
4.5.1 Tablas de Datos Capturados en el equipo de medición Sentron Pac 3200 Siemens. ....	76
4.5.2 Calculo Teórico de Valores adquiridos con el equipo. ....	80
4.5.3.- Comparación de valores obtenidos con valores calculados.....	83
4.5.4.- Imágenes de Programa Adquiriendo Datos de Motor conectado con carga. 84	
CAPÍTULO 5.....	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
5.1 Conclusiones .....	86
5.2 Recomendaciones.....	88
Bibliografía .....	89

## INDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

Fig. 2.1.- Curva característica de un motor de inducción.....	22
Fig 2.2.- Tiempos del ciclo del bus.....	39
Fig 2.3.- Sistema Monomaestro.....	40
Fig 2.4.- Direccionamiento de red.....	51
Fig.3.1.- Motor de Inducción.....	57
Fig.3.1a.-Placa de Motor de Inducción.....	58
Fig.3.2.- Programa PowerConfig SW.....	59
Fig. 3.3. - Cable Ethernet.....	60
Fig. 3.4.- Multímetro Sentron Pac 3200.....	61
Fig. 4.1- Implementación 1.....	62
Fig. 4.2- Implementación 2.....	63
Fig. 4.3- Implementación 3.....	63
Fig. 4.4.- Imagen del programa Powerconfig.....	64

Fig. 4.5. - Imagen del programa Powerconfig.....	65
Fig. 4.6.- Imagen del programa Powerconfig.....	65
Fig. 4.7.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Voltajes de motor en vacío.....	66
Fig. 4.8.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Corrientes de motor en vacío.....	74
Fig. 4.9.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Potencias de motor en vacío.....	74
Fig. 4.10.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de FP de motor en vacío.....	75
Fig. 4.11.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Voltajes de motor con carga.....	75
Fig. 4.12.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Corrientes de motor con carga.....	84
Fig. 4.13.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Potencias de motor con carga.....	84
Fig. 4.14.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de FP de motor con carga.....	84

Tabla 4.1.- Voltaje Línea-Neutro.....	67
Tabla 4.2- Voltaje Línea-Línea.....	67
Tabla 4.3.- Corriente Instantánea.....	68
Tabla 4.4.- Potencia Aparente.....	68
Tabla 4.5.- Potencia Activa.....	68
Tabla 4.6.- Potencia Reactiva.....	69
Tabla 4.7.- Sumatoria de Potencias.....	69
Tabla 4.8.- Factor de Potencia.....	69
Tabla 4.9.- Factor de Potencia Total.....	70
Tabla 4.10.- Frecuencia Instantánea.....	70
Tabla 4.11.- Tabla de Comparación de Valores Obtenidos.....	73
Tabla 4.12.- Voltaje Línea-Neutro.....	76
Tabla 4.13.- Voltaje Línea-Línea.....	77
Tabla 4.14.- Corriente Instantánea.....	77
Tabla 4.15.- Potencia Aparente.....	77

Tabla 4.16.- Potencia Activa.....	78
Tabla 4.17.- Potencia Reactiva.....	78
Tabla 4.18.- Sumatoria de Potencias.....	78
Tabla 4.19.- Factor de Potencia.....	79
Tabla 4.20.- Factor de Potencia Total.....	79
Tabla 4.21.- Frecuencia Instantánea.....	79
Tabla. 4.22.- Tabla de Comparación de Valores Obtenidos.....	83

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

La energía eléctrica es un bien imprescindible tanto para el desarrollo industrial como para resolver las necesidades de una sociedad cada vez más informatizada y dependiente del consumo eléctrico. Por el hecho de que la energía se genera, en la cantidad requerida, en el mismo instante en que se pretende consumir, se ha creado una red interconectada de alta tensión para poder asegurar la entrega de energía al cliente. Sin embargo, se pueden producir incidencias en la red que pueden provocar perturbaciones que conlleven al mal funcionamiento de los equipos conectados. Las perturbaciones del suministro eléctrico pueden causar pérdidas importantes, principalmente en los procesos industriales automatizados y en comercios informatizados.

Por otro lado, debido al constante crecimiento de la demanda de la energía tanto por parte de la sociedad como parte de la industria, los recursos energéticos de los que se dispone se deben aprovechar de la mejor manera posible. Actualmente, la mayoría de la energía producida proviene de combustibles fósiles (gas natural, gasoil, fuel, etc.) y de la energía nuclear, dejando un pequeño porcentaje de la generación de energía a las fuentes renovables (aún inferior al 20%), a pesar de que en los últimos años ha tenido un crecimiento importante. La preocupación existente en la industria por conseguir una mayor competitividad frente a los nuevos mercados abiertos, y la necesidad de



aprovechar al máximo los recursos disponibles. El ahorro energético, disminuye costes de producción, lo que hace aumentar la productividad.

Por tanto, para el mejor aprovechamiento de la energía eléctrica es necesario su medición y su monitorización. El ahorro potencial que puede significar medir y monitorizar la energía eléctrica se puede cuantificar en un 2-4% de la facturación de tarifa eléctrica, un 2-5% de la inversión en la instalación eléctrica por el mejor aprovechamiento de la instalación y un 10% o más de la producción debido a la mejora de la calidad de suministro.

Cada vez es más importante saber cuantificar el consumo de la energía eléctrica y conocer su realidad, con el fin de conseguir un mayor aprovechamiento de la misma.

La medida y monitorización son un punto clave en la mejora energética de los procesos industriales y gracias a ello se consigue mejorar la calidad del suministro.

En la industria se presenta pues, repetidamente, la necesidad de llevar un control energético. Esto debe ser considerado por el jefe o el personal de mantenimiento eléctrico, el proyectista y su ingeniería, el estudiante y cualquier persona que esté relacionada o vaya a relacionarse con este tema, sin mencionar como es lógico al Ingeniero Electromecánico o Electrónico para quienes este tema es muy importante en su profesión.

A todas estas personas va dirigida esta tesis que ha sido escrita exponiendo los aspectos más interesantes para los estudiantes, que aunque no sean especialistas en el tema, tengan la necesidad de conocer una parte o todo el campo de consumo eléctrico.

La tesis consta de cinco capítulos. En el primer capítulo se examinan los objetivos generales y específicos del tema.

En el segundo capítulo se expresa la revisión bibliográfica de los temas que comprometen esta tesis.

En los capítulos 3, 4, y 5 figuran los materiales y resultados, que se detalla en este trabajo.

Se espera que la tesis cumpla su objetivo, contribuyendo a la mejor utilización de las variables involucradas en el consumo eléctrico, y que ayude conjuntamente con la bibliografía existente sobre el tema, a un mayor entendimiento de los estudiantes, al posibilitar el mejor conocimiento del papel que la energía eléctrica juega en la industria y en la vida diaria, mediante el sistema de medición empleado.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

La constante demanda social en la búsqueda del bienestar de los consumidores, la creciente y necesaria preocupación por el aumento del gasto energético y su contaminación asociada, así como el deseo de personas y gobiernos por el uso de las denominadas energías verdes, hacen de la eficiencia energética un necesidad actual y de futuro.

### **1.1.1 Delimitación del Problema.**

De acuerdo a lo planteado anteriormente, el tema es delimitado de la siguiente manera: Desarrollando ejercicios de monitoreo y control con la herramienta de software llamada SW Powerconfig, con la posibilidad de agregarlo al sistema de estudio de electricidad en nuestra carrera, con la finalidad de transmitir la comprensión y entendimiento de temas como control de parámetros en un consumo eléctrico, que es de mucha importancia para un Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo.

### **1.1.2 Justificación**

El desarrollo de un sistema de medición permitirá poner en práctica conocimientos de programación de los estudiantes de las carreras de ElectricoMecánica 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.

Se facilitará una herramienta de supervisión de energía de un sistema eléctrico, donde se obtendrá con exactitud el consumo, capturando de forma precisa y confiable los valores más importantes para evaluar los estados de operación de un motor eléctrico y la calidad de la energía que se suministra.

## **1.2 Antecedentes**

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado a un ritmo superior al crecimiento económico, ya que suple las necesidades del aparato productivo, porque está relacionado con mayores niveles de vida y propósitos no materializados, mezcla esta que lleva a reflexionar, sobre todo si se tiene en cuenta que en energía se gasta una importante cantidad.

Debido a este ritmo de crecimiento se deben tomar una serie de acciones que impidan aumente el índice físico del consumo energético, y para esto resulta imprescindible identificar y explotar todas las reservas de eficiencia, extendiéndose el proceso al acomodo de carga, lo que es sinónimo de eliminar todas las producciones y servicios que no están haciendo trabajo útil en el horario de máxima demanda. Sin embargo, es fácil percibir que algo se está malgastando cuando se observa una llave que derrama agua, combustible, petróleo, etc., pero cuesta percibir que está sucediendo igual cuando se deja encendida una lámpara, se tiene la radio, el televisor y el calentador de agua funcionando mientras se está planchando o leyendo el periódico.

Esta realidad pone de manifiesto que la electricidad no es sólo ese enchufe donde se conectan los equipos, es el final de la inmensa cadena que se origina en las grandes centrales de generación y para que llegue hasta un hogar debe: ser generada en grandes y costosas plantas, en el mismo instante en que se requiera; transportada hasta los centros poblados, recorriendo muchos kilómetros y utilizando inmensas torres de transmisión, transformadores y cantidades de cables; distribuida en menores bloques de energía, hasta

el hogar, utilizando transformadores, postes y kilómetros de cable; entregada, medida y facturada, para lo cual se requiere de equipos de medición, herramientas, personal para emitir y entregar facturas, así como para atender reclamos y solicitudes. Todo este sistema eléctrico debe mantenerse al día, lo cual requiere personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos.

Es de imaginarse cómo se podría vivir sin la vital electricidad, qué sería de todos los adelantos y la tecnología, si un día dejara de existir. Nada, en su gran mayoría, tendría el valor que por ello se paga, sin la electricidad para hacerlo funcionar. Entonces, ¿quién tiene más valor, aquél televisor supermoderno de 90 pulgadas, el computador de 1000 MHz, el útil equipo desintegrador de cálculos renales o la electricidad que lo hace funcionar? Todo esto para reflexionar y pensar en la necesidad de no malgastar este recurso, ni los que la hacen posible. En vista de esto se están emprendiendo planes, programas económicos y energéticos, con la finalidad de aumentar las reservas existentes y paliar el uso desproporcionado que se tiene de la energía eléctrica, como es el caso del presente trabajo que enmarca dentro de sus lineamientos un programa de monitoreo de energía que ingresa a instalaciones ya sean industriales o residenciales, donde además de generar estrategias de ahorro se puede visualizar y llevar un control de la calidad de energía suministrada.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Implementar un sistema de supervisión que permita monitorear en tiempo real el estado de la calidad energética y consumo de un motor eléctrico conectado en estrella.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Para contribuir a lograr el objetivo general se contemplan las siguientes etapas:

- Realizar el diseño del sistema de monitoreo para que este sea objeto didáctico en los alumnos.
- Crear reportes de gestión donde se administre el resultado de las variables que intervienen en el sistema eléctrico de la conexión en estrella.
- Conectar mediante una interfaz Ethernet al programa de monitoreo remoto Powerconfig Siemens, para configuración y monitoreo de las variables.

## **CAPÍTULO 2**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1 El motor de Inducción**

##### **2.1.1 Principio de Funcionamiento**

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético. El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor. Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

##### **2.1.2 Características de Funcionamiento del motor de inducción**

El funcionamiento de un motor, en general, se basa en las propiedades electromagnéticas de la corriente eléctrica y la posibilidad de crear, a partir de ellas, unas determinadas

fuerzas de atracción y repulsión encargadas de actuar sobre un eje y generar un movimiento de rotación.

Suponiendo que un motor de inducción comercial de jaula de ardilla se arranque con el voltaje nominal en los terminales de línea de su estator (arranque a través de la línea) desarrollará un par de arranque tal que hará que aumente su velocidad. Al aumentar su velocidad a partir del reposo (100 por ciento de deslizamiento), disminuye su deslizamiento y su par aumenta hasta el valor en el que se desarrolle el par máximo. Esto hace que la velocidad aumente todavía más, reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolla el motor de inducción.

Los pares desarrollados al arranque y al valor del deslizamiento que produce el par máximo ambos exceden (en el caso normal) al par aplicado a la carga. Por lo tanto la velocidad del motor aumentará, hasta que el valor del deslizamiento sea tan pequeño que el par que se desarrolla se reduzca a un valor igual al par aplicado por la carga. El motor continuará trabajando a esta velocidad y valor de equilibrio del deslizamiento hasta que aumente o disminuya el par aplicado.

En la figura 2.1 se muestra la relación entre los pares de arranque, máximo y nominal a plena carga que desarrolla un motor de inducción, como función de la velocidad de éste y del deslizamiento. Esta figura presenta las gráficas de la corriente y el par desarrollados en el rotor del motor como funciones del deslizamiento desde el instante del arranque (punto a) hasta la condición de funcionamiento en estado estable (en



general entre marcha en vacío y marcha a plena carga - puntos c y d) cuando los pares desarrollados y aplicados son iguales.

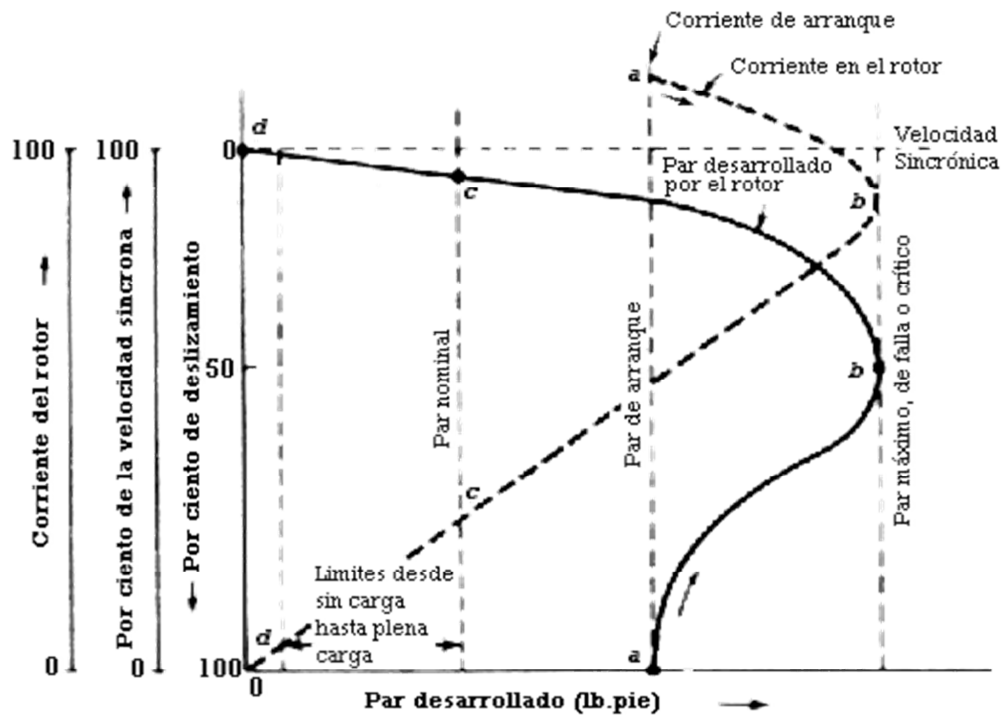


Fig. 2.1.- Curva característica de un motor de inducción.

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/motor-de-induccion.html>

### 2.1.3 Clasificación de los motores asíncronos, según el diseño de la jaula (NEMA).

#### 2.1.3.1 Motor de diseño NEMA A

Torque alto, deslizamiento nominal bajo y corriente de arranque alta. Es un motor de inducción con rotor tipo jaula de ardilla, diseñado con características de torque y

corriente de arranque que exceden los valores correspondientes al diseño NEMA B, son usados para aplicaciones especiales donde se requiere un torque máximo mayor que el normal, para satisfacer los requerimientos de sobrecargas de corta duración. Estos motores también son aplicados a cargas que requieren deslizamientos nominales muy bajos y del orden del 1% o menos (velocidades casi constantes).

### **2.1.3.2 Motor de diseño NEMA B**

Torque normal, corriente de arranque normal y deslizamiento nominal normal. Son motores con rotor tipo jaula de ardilla diseñados con características de torque y corriente de arranque normales, así como un bajo deslizamiento de carga de aproximadamente 4% como máximo. En general es el motor típico dentro del rango de 1 a 125 HP. El deslizamiento a plena carga es de aproximadamente 3%.

Este tipo de motor proporcionará un arranque y una aceleración suave para la mayoría de las cargas y también puede resistir temporalmente picos elevados de carga sin detenerse.

### **2.1.3.3 Motor de diseño NEMA C**

Torque alto, deslizamiento nominal normal, corriente de arranque normal. Son motores de inducción con rotor de doble jaula de ardilla, que desarrollan un alto torque de arranque y por ello son utilizados para cargas de arranque pesado. Estos motores tienen un deslizamiento nominal menor que el 5%.

#### **2.1.3.4 Motor de diseño NEMA D**

Torque alto, alto deslizamiento nominal, baja corriente de arranque. Este motor combina un alto torque de arranque con un alto deslizamiento nominal. Generalmente se presentan dos tipos de diseño, uno con deslizamiento nominal de 5 a 8% y otro con deslizamiento nominal de 8 a 13%. Cuando el deslizamiento nominal puede ser mayor del 13%, se les denomina motores de alto deslizamiento o muy alto deslizamiento (ULTRA HIGH SLIP). El torque de arranque es generalmente de 2 a 3 veces el par nominal aunque para aplicaciones especiales puede ser más alto. Estos motores son recomendados para cargas cíclicas y para cargas de corta duración con frecuentes arranques y paradas.

#### **2.1.3.5 Motor de diseño NEMA F**

Torque de arranque bajo, corriente de arranque baja, bajo deslizamiento nominal. Son motores poco usados, destinándose a cargas con frecuentes arranques. Pueden ser de altos torques y se utiliza en casos en los que es importante limitar la corriente de arranque.

### **2.2 Multímetro Sentron PAC 3200 Siemens**

#### **2.2.1 Descripción**

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.

### **2.2.2 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.

## **2.3 Profibus**

### **2.3.1 Historia y Evolución**

PROFIBUS es un estándar de comunicaciones para buses de campo. Deriva de las palabras *PROcess Field BUS*. Fue un Estándar desarrollado entre los años 1987-1990 por BMBF (German department of education and research), y por otras como ABB, AEG, Honeywell, Siemens, Landis & Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus y Schleicher. En 1989 la norma alemana DIN19245 adoptó el estándar, partes 1

y 2 (la parte 3, Profibus-DP no fue definida hasta 1993). Profibus fue confirmada como norma europea en 1996 como EN50170.

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

Existen tres perfiles:

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

Utiliza diferentes capas físicas, la más importante, en PROFIBUS DP, está basada en EIA RS-485. Profibus PA utiliza la norma IEC 11158-2 (norma de comunicación síncrona entre sensores de campo que utiliza modulación sobre la propia línea de

alimentación de los dispositivos y puede utilizar los antiguos cableados de instrumentación 4-20 mA) y para el nivel de proceso se tiende a la utilización de Ethernet. También se contempla la utilización de enlaces de fibra óptica. Existen puentes para enlace entre diferentes medios, además de gateways que permiten el enlace entre perfiles con otros protocolos.

Se distingue entre dispositivos tipo maestro y dispositivos esclavo. El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico. Se pueden configurar sistemas multimaestro o sistemas más simples maestro-esclavo.

En Profibus DP se distingue entre: maestro clase 1 (estaciones de monitorización y diagnóstico), maestro clase 2 (elementos centralizadores de información como PLCs, PCs, etc.), esclavo (sensores, actuadores).

El transporte en Profibus-DP se realiza por medio de tramas según IEC 870-5-1. La comunicación se realiza por medio de datagramas en modo *broadcast o multicast*. Se utiliza comunicación serie asíncrona por lo que es utilizable una UART genérica.

Profibus DP prescinde de los niveles ISO 3 a 6 y la capa de aplicación ofrece una amplia gama de servicios de diagnóstico, seguridad, protecciones etc. Es una capa de aplicación relativamente compleja debido a la necesidad de mantener la integridad en el proceso de paso de testigo (un y sólo un testigo)

Profibus FMS es una compleja capa de aplicación que permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células con posibilidad de acceso a objetos, ejecución remota de procesos etc. Los dispositivos se definen como dispositivos de campo virtuales, cada uno incluye un diccionario de objetos que enumera los objetos de comunicación. Los servicios disponibles son un subconjunto de los definidos en MMS (ISO 9506)

Las plataformas hardware utilizadas para soportar Profibus se basan en microprocesadores de 16 bits más procesadores de comunicaciones especializados o circuitos ASIC 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.

### **2.3.2 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.

### **2.3.3 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.

#### **2.3.4 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.

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.

### **2.3.5 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.

### **2.3.6 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.

### 2.3.6.1 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.

### **2.3.6.2 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<sup>2</sup>/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 en función del número de esclavos y de la tasa de transferencia.

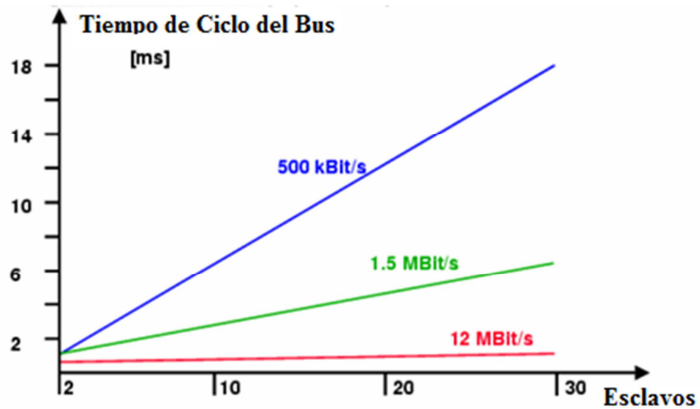


Fig 2.2.- Tiempos del ciclo del bus

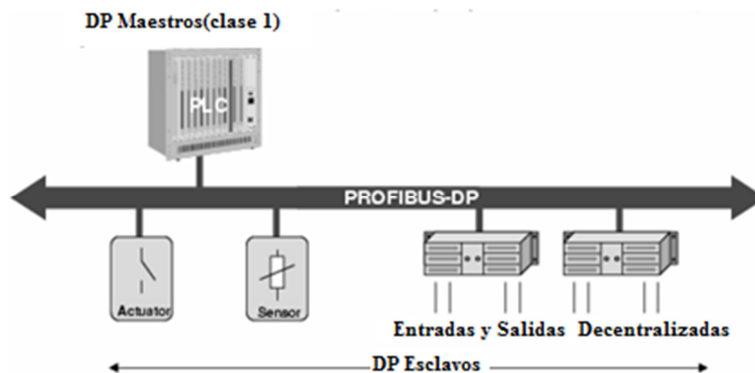
Fuente:<http://grupos.emagister.com/ficheros/vcruzada?fdwn=1&idGrupo=1543&idFichero=58>

0227

### 2.3.6.3 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 2.3.- 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.

## **2.4 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. El nombre viene del concepto físico de ether. 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.

### **2.4.1 Historia de Ethernet**

En 1970 mientras Abramson montaba la red ALOHA en Hawái, un estudiante recién graduado en el MIT llamado Robert Metcalfe se encontraba realizando sus estudios de doctorado en la Universidad de Harvard trabajando para ARPANET, que era el tema de investigación candente en aquellos días. En un viaje a Washington, Metcalfe estuvo en casa de Steve Crocker (el inventor de los RFCs de Internet) donde éste lo dejó dormir en el sofá. Para poder conciliar el sueño Metcalfe empezó a leer una revista científica donde encontró un artículo de Norm Abramson acerca de la red Aloha. Metcalfe pensó cómo se podía mejorar el protocolo utilizado por Abramson, y escribió un artículo describiendo un protocolo que mejoraba sustancialmente el rendimiento de Aloha. Ese artículo se convertiría en su tesis doctoral, que presentó en 1973. La idea básica era muy simple: las estaciones antes de transmitir deberían detectar si el canal ya estaba en uso (es decir si ya había 'portadora'), en cuyo caso esperarían a que la estación activa terminara. Además, cada estación mientras transmitiera estaría continuamente vigilando el medio físico por si se producía alguna colisión, en cuyo caso se pararía y retransmitiría más tarde. Este protocolo MAC recibiría más tarde la denominación Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones, o más brevemente CSMA/CD.

En 1972 Metcalfe se mudó a California para trabajar en el Centro de Investigación de Xerox en Palo Alto llamado Xerox PARC. Allí se estaba diseñando lo que se consideraba la 'oficina del futuro' y Metcalfe encontró un ambiente perfecto para desarrollar sus inquietudes. Se estaban probando unas computadoras denominadas Alto, que ya disponían de capacidades gráficas y ratón y fueron consideradas los primeros ordenadores personales. También se estaban fabricando las primeras impresoras láser. Se quería conectar las computadoras entre sí para compartir ficheros y las impresoras. La comunicación tenía que ser de muy alta velocidad, del orden de megabits por segundo, ya que la cantidad de información a enviar a las impresoras era enorme (tenían una resolución y velocidad comparables a una impresora láser actual). Estas ideas que hoy parecen obvias eran completamente revolucionarias en 1973.

A Metcalfe, el especialista en comunicaciones del equipo con 27 años de edad, se le encomendó la tarea de diseñar y construir la red que uniera todo aquello. Contaba para ello con la ayuda de un estudiante de doctorado de Stanford llamado David Boggs. Fueron mejorando gradualmente el prototipo hasta que el 22 de mayo de 1973 Metcalfe escribió un memorándum interno en el que informaba de la nueva red. Para evitar que se pudiera pensar que sólo servía para conectar computadoras Alto cambió el nombre de la red por el de Ethernet, que hacía referencia a la teoría de la física hoy ya abandonada según la cual las ondas electromagnéticas viajaban por un fluido denominado éter que se suponía llenaba todo el espacio (para Metcalfe el 'éter' era el cable coaxial por el que iba la señal). Las dos computadoras Alto utilizadas para las primeras pruebas de Ethernet

fueron rebautizadas con los nombres Michelson y Morley, en alusión a los dos físicos que demostraron en 1887 la inexistencia del éter mediante el famoso experimento que lleva su nombre.

Ethernet es probablemente el estándar más popular para las redes de área local (LANs). De acuerdo con el grupo IDC, a fines de 1996 más del 80% de las redes instaladas en el mundo eran Ethernet. Esto representaba unos 120 millones de PCs interconectados.

En una configuración Ethernet, los equipos están conectados mediante cable coaxial o de par trenzado y compiten por acceso a la red utilizando un modelo denominado CSMA/CD. Inicialmente podía manejar información a 10 Mb/s, aunque actualmente se han desarrollado estándares mucho más veloces.

Fue desarrollado inicialmente en 1973 por el Dr. Robert M. Metcalfe de la compañía Xerox, como un sistema de red denominado Ethernet Experimental. El objetivo era conseguir un medio de comunicación entre computadoras, a medio camino entre las lentas redes telefónicas de larga distancia que ya existían, y las de alta velocidad que se instalaban en las salas de computadoras para unir entre sí sus distintos elementos.

Estos primeros trabajos del PARC contribuyeron substancialmente a la definición de la norma IEEE 802.3, que define el método de acceso CSMA/CD. En 1980 se propuso un estándar Ethernet a 10 Mbps (también conocido como 10Base). Por esta razón las primeras Ethernet eran denominadas DIX también "Libro azul", por el color de la primera edición. Los primeros productos comenzaron a comercializarse en 1981.

La red de 1973 ya tenía todas las características esenciales de la Ethernet actual. Empleaba CSMA/CD para minimizar la probabilidad de colisión, y en caso de que ésta se produjera se ponía en marcha un mecanismo denominado retroceso exponencial binario para reducir gradualmente la ‘agresividad’ del emisor, con lo que éste se adaptaba a situaciones de muy diverso nivel de tráfico. Tenía topología de bus y funcionaba a 2,94 Mb/s sobre un segmento de cable coaxial de 1,6 km de longitud. Las direcciones eran de 8 bits y el CRC de las tramas de 16 bits. El protocolo utilizado al nivel de red era el PUP que luego evolucionaría hasta convertirse en el que luego fue XNS, antecesor a su vez de IPX.

En vez de utilizar el cable coaxial de 75 ohms de las redes de televisión por cable se optó por emplear cable de 50 ohms que producía menos reflexiones de la señal, a las cuales Ethernet era muy sensible por transmitir la señal en banda base (es decir sin modulación). Cada empalme del cable y cada 'pincho' vampiro (transceiver) instalado producía la reflexión de una parte de la señal transmitida. En la práctica el número máximo de 'pinchos' vampiro, y por tanto el número máximo de estaciones en un segmento de cable coaxial, venía limitado por la máxima intensidad de señal reflejada tolerable.

La primera versión fue un intento de estandarizar ethernet aunque hubo un campo de la cabecera que se definió de forma diferente, posteriormente ha habido ampliaciones sucesivas al estándar que cubrieron las ampliaciones de velocidad (Veloz Ethernet, Gigabit Ethernet y el de 10 Gigabits), redes virtuales, hubs, conmutadores y distintos



tipos de medios, tanto de fibra óptica como de cables de cobre (tanto par trenzado como coaxial).

Los estándares de este grupo no reflejan necesariamente lo que se usa en la práctica, aunque a diferencia de otros grupos este suele estar cerca de la realidad.

A partir de 1982, Ethernet fue gradualmente adoptada por la mayoría de los organismos de estandarización:

ECMA *European Computer Manufacturers Association*

IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

NIST *National Institute of Standards and Technology*

ANSI *American National Standards Institute*

ISO *International Standards Organization*

Desde entonces Ethernet se ha convertido en la tecnología LAN más popular. Existen millones y millones de conexiones en el mundo. Aunque comenzó a utilizarse en ambientes de ingeniería y de fabricación, se expandió rápidamente a los mercados comercial y gubernamental. La segunda generación de Ethernet, que se usa actualmente, es Ethernet II, aunque este nombre se usa raramente.

Otros organismos que tienen gran influencia en el establecimiento de normas para la industria de redes y telecomunicaciones son:

EIA Asociación de Industrial Electrónicas

TIA Asociación de las industrias de telecomunicaciones.

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

### **2.4.2 Tecnología Ethernet**

Los estándares Ethernet no necesitan especificar todos los aspectos y funciones necesarios en un Sistema Operativo de Red NOS. Como ocurre con otros estándares de red, la especificación Ethernet se refiere solamente a las dos primeras capas del modelo OSI. Estas son la capa física (el cableado y las interfaces físicas), y la de enlace, que proporciona direccionamiento local; detección de errores, y controla el acceso a la capa física. Una vez conocidas estas especificaciones el fabricante del adaptador está en condiciones de que su producto se integre en una red sin problemas. También es de su incumbencia proporcionar los controladores de bajo nivel adecuados para cada Sistema Operativo que debe utilizar el adaptador.

### **2.4.3 La capa física**

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

Pasivos:

- Cables
- Jacks / Conectores
- Patch panels

Activos:

- Transceptores
- Repetidores
- Repetidores multipuerto (*Hubs*).

#### **2.4.4 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.

#### **2.4.5 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.

#### **2.4.6 Direccionamiento de Ethernet**

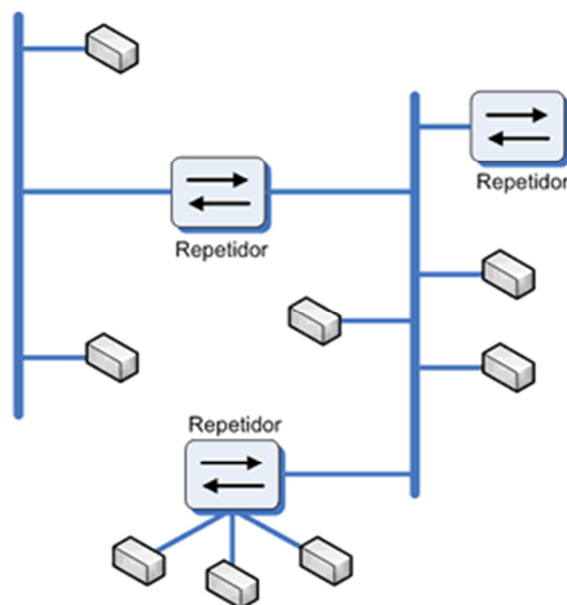
Los campos de direcciones en una trama Ethernet llevan direcciones de 48 bits, tanto para la dirección de destino como la de origen. El estándar IEEE administra parte del campo de las direcciones mediante el control de la asignación un identificador de 24 bits conocido como *OUI* (*Organizationally Unique 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.

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 2.4.- 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.

#### **2.4.7 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.

#### **2.4.8 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

#### **2.4.9 Topologías Ethernet**

Las redes ethernet a menudo están formadas por múltiples segmentos individuales interconectados por repetidores. Los segmentos están interconectados entre si 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.

### 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.

### Topología Estrella

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

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

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA APLICADA**

#### **3.1 Método**

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

- Método de la Inducción y Deducción
- Método de Medición y Observación

#### **3.2 Justificación de la elección del método**

Estos métodos fueron considerados por las siguientes razones:

Lo que se quiere dejar para efecto didáctico en las materias de la carrera es un programa y una banco de prueba más interactivo, que abarque desde lo más simple a lo más complejo, como conceptos y funcionamiento, de la medición de diferentes parámetros de la energía eléctrica que intervienen en esta tesis, explicados naturalmente de forma lógica.

Finalmente todo esto llevarlo a la práctica con la ayuda del computador y con la simulación utilizando una poderosa herramienta moderna de simulación, análisis y medición, para que los estudiantes puedan observar los distintos sucesos y formas de señales que la energía eléctrica y dispositivos arrojan en el momento de su funcionamiento.

### **3.3 Materiales Utilizados**

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

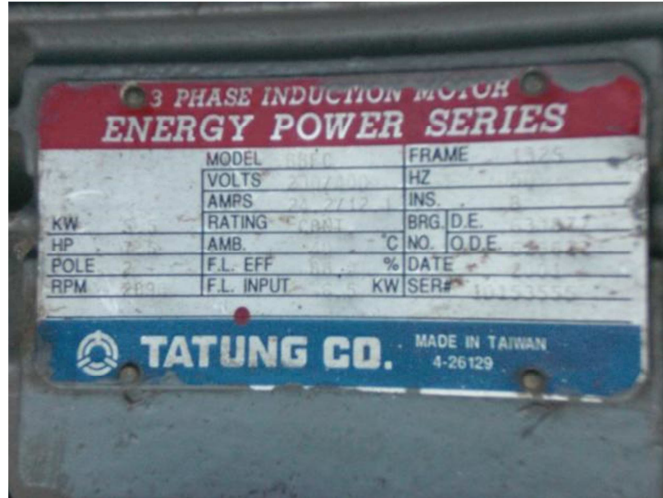
#### **3.3.1 Motor de Inducción**

Gracias a la oportuna ayuda de la empresa de Bebidas Delisoda se pudo utilizar un motor de la sala de embasado en la planta para realizar las pruebas de monitoreo.



**Fig.3.1.- Motor de Inducción**

**Fuente: Cámara Fotográfica**



**Fig.3.1a.-Placa de Motor de Inducción**

**Fuente: Cámara Fotográfica**

**Datos del Motor:**

Tipo: Inducción

Forma: Tubular

Frecuencia: 50 Hz, 60 Hz

Velocidad: 3000 rpm

mPotencia de Salida: 5.5 Kw

Hp= 7.5 HP

Voltaje: 220/380V, 230/400V, 440/690V

### 3.3.2 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*, 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.- Programa PowerConfig SW**

**Fuente:** <http://www.editores->

[srl.com.ar/revistas/ie/252/medicion\\_y\\_control\\_eficiente\\_de\\_la\\_energia\\_electrica](http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/252/medicion_y_control_eficiente_de_la_energia_electrica)

### **3.3.3 Interfaz de Comunicación Ethernet**

Se utilizó cable de comunicación Ethernet, para visualizar en una computadora el programa enlazado con el equipo.



**Fig. 3.3. - Cable Ethernet**

**Fuente:** <http://cocodrilosa.com/productos.php?item1=29&cat=7>

### **3.3.4 Multímetro Industrial Sentron PAC3200 Siemens**

Se utilizó el multimedidor SENTRON PAC3200 para aplicar en instalaciones donde exista consumo de energía eléctrica.



Fig. 3.4.- Multímetro Sentron Pac 3200

Fuente: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/low-voltage/EN/product-portfolio/sentron/measuring-devices-power-management/power-monitoring-devices/pac3200/measuring/Pages/default.aspx>



## CAPÍTULO 4

### EXPERIMENTACIÓN

#### 4.1 Implementación del Sistema Didáctico de Monitoreo

Se realizó una implementación del banco de trabajo de prueba para continuar con las mismas.

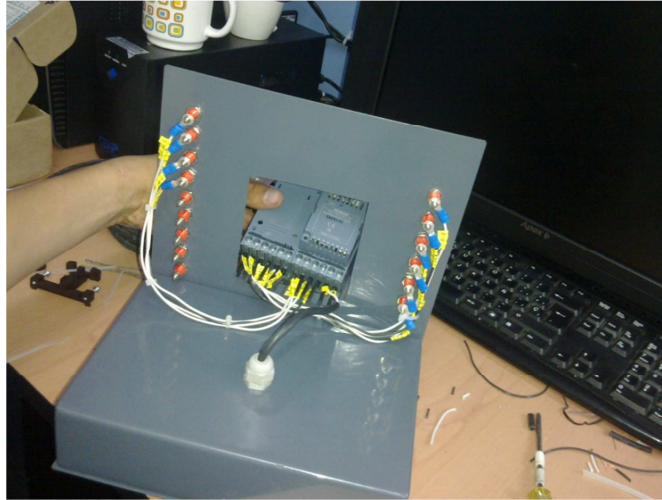
#### 4.2 Imágenes de Implementación



**Fig. 4.1- Implementación 1**

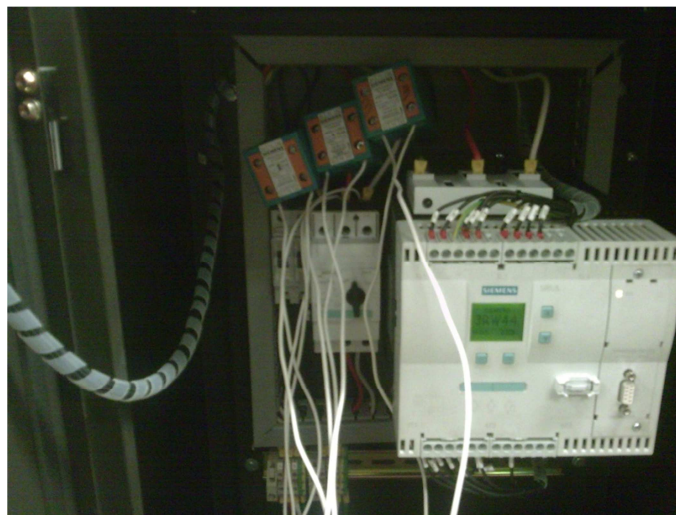
**Fuente: Cámara Fotográfica**

Se desarrolló la instalación del banco de prueba, donde se hizo un seguimiento al manual de instalación del equipo, para que cumpla todos los requerimientos técnicos.



**Fig. 4.2- Implementación 2**

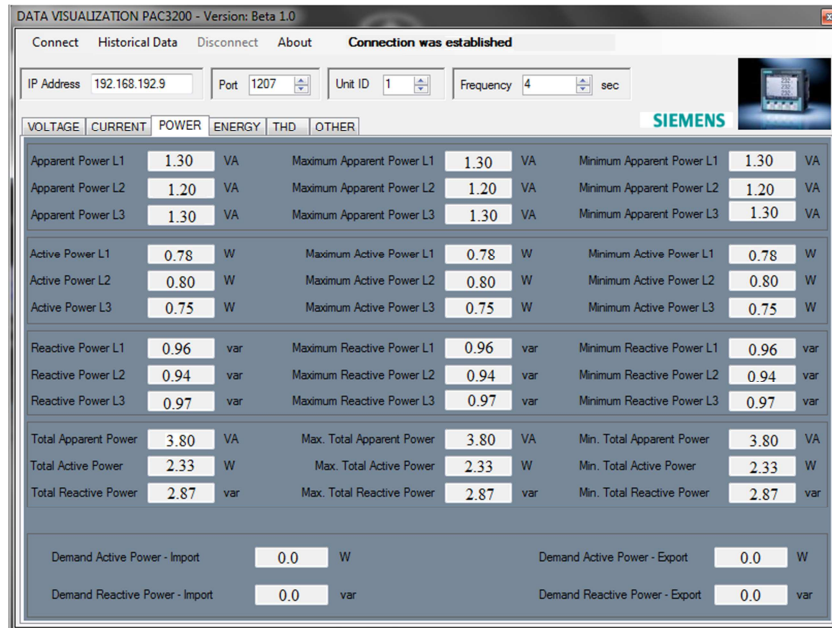
**Fuente: Cámara Fotográfica**



**Fig. 4.3- Implementación 3**

**Fuente: Cámara Fotográfica.**

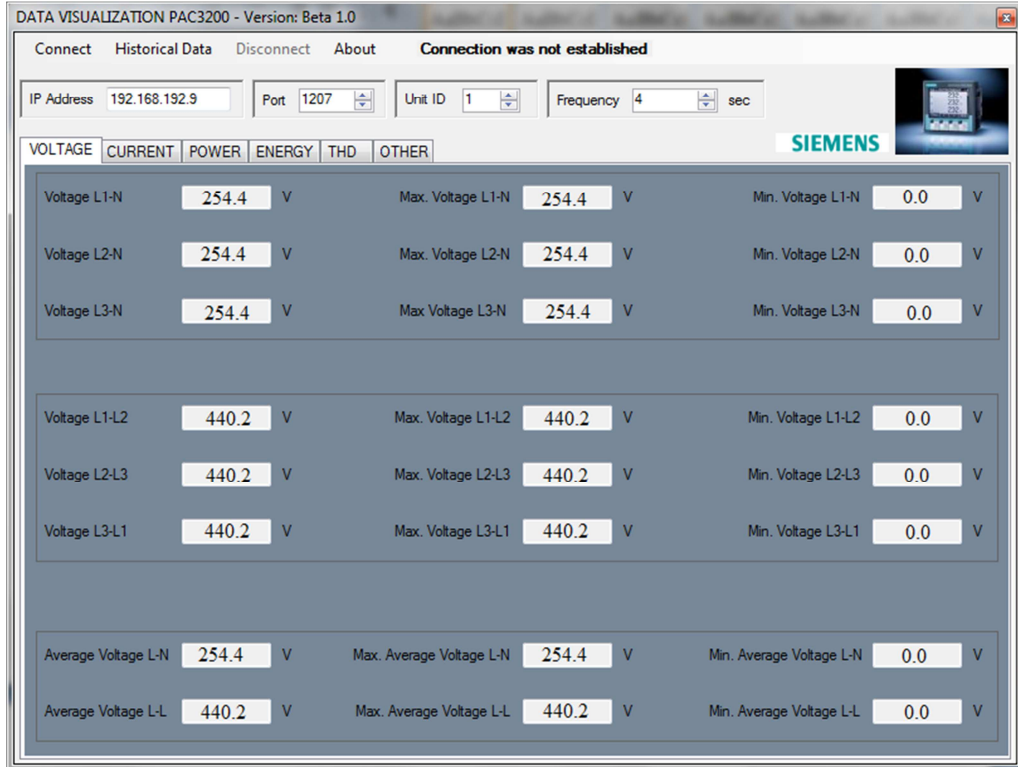
### 4.3 Tabla de datos Capturados



**Fig. 4.4.- Imagen del programa Powerconfig**

**Fuente: Toma de Computador**

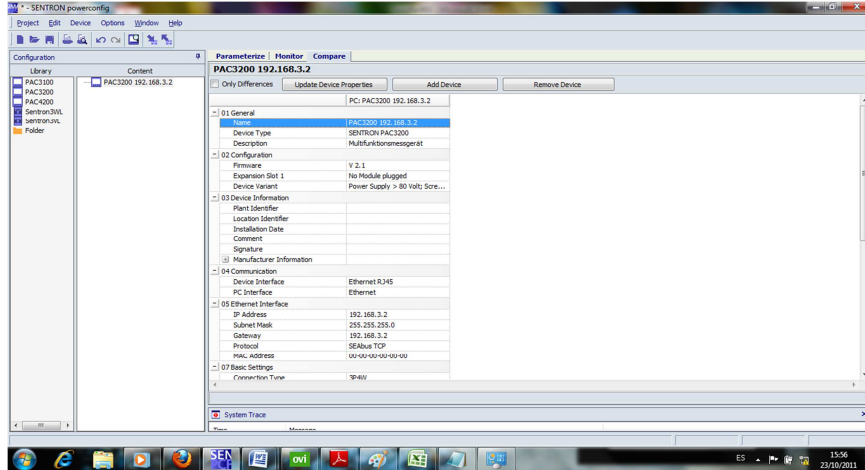
Se procede a programar el dispositivo con los parámetros para realizar pruebas de monitoreo, la pantalla es de parametrización donde ejecutamos varios cambios.



**Fig. 4.5. - Imagen del programa Powerconfig**

**Fuente: Toma de Computador**

En la pantalla de monitor observamos el estado actual del equipo y las variables del proceso.



**Fig. 4.6.- Imagen del programa Powerconfig**

**Fuente: Toma de Computador**

En la pantalla se sitúan los diversos parámetros que permitirán a configurar de la mejor manera al Sentron PAC.

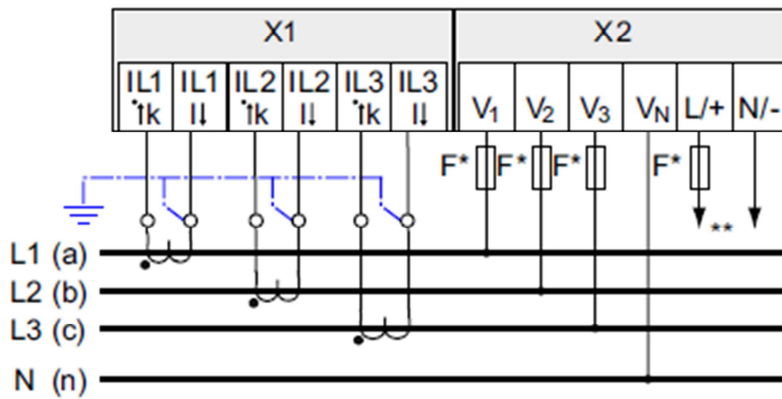
#### **4.4 Experimento con el Equipo Sentron Pac 3200 Siemens conectado a un motor con conexión estrella en vacío.**

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de vacío con el motor conectado en estrella:

Se realizó la prueba en las instalaciones de la Compañía de Bebidas Delisoda S.A., donde nos facilitaron un motor para realizar el ensayo.

##### **4.4.1 Diagrama de Conexión al Motor con el Sentron PAC3200 Siemens**

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



**Fig. 4.7.- Diagrama de Conexión al motor en estrella.**

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

#### **4.4.2 Tablas de Datos Capturados en el equipo de medición Sentron Pac 3200**

**Siemens.**

Voltaje de Línea-Neutro Instantáneo

VL-N INSTANTANEO	VAC
L1	254.33
L2	254.33
L3	254.33

**Tabla 4.1.- Voltaje Línea-Neutro**

Voltaje de Línea-Línea Instantáneo

VL-L INSTANTANEO	VAC
L1	440.20
L2	440.20
L3	440.20

**Tabla 4.2.- Voltaje Línea-Línea**

Corriente Instantánea

I INSTANTANEA	A
L1	4.72
L2	4.65
L3	4.74

**Tabla 4.3.- Corriente Instantánea**

Potencia Aparente

S INSTANTANEA	Kva
L1	1.3
L2	1.2
L3	1.3

**Tabla 4.4.- Potencia Aparente**

Potencia Activa

P INSTANTANEA	Kw
L1	0.78
L2	0.80
L3	0.75

**Tabla 4.5.- Potencia Activa**

Potencia Reactiva

Q INSTANTANEA	kVAR
L1	0.96
L2	0.94
L3	0.97

**Tabla 4.6.- Potencia Reactiva**

Sumatoria de Potencia

$\Sigma$ S,P,Q INSTANTANEA		
$\Sigma$ S	3.80	kVA
$\Sigma$ P	2.33	kW
$\Sigma$ Q	2.87	kVAR

**Tabla 4.7.- Sumatoria de Potencias**



### Factor de Potencia

FP INSTANTANEO	VALOR
L1	0.62
L2	0.61
L3	0.62

**Tabla 4.8.- Factor de Potencia**

### Factor de Potencia Total Instantáneo

FP TOTAL INSTANTANEO	VALOR
TOTAL	0.62

**Tabla 4.9.- Factor de Potencia Total**

### Frecuencia Instantánea

FRECUENCIA INSTANTANEA	UNIDAD
60	Hz

**Tabla 4.10.- Frecuencia Instantánea**

### 4.4.3 Calculo Teórico de Valores adquiridos con el equipo.

#### Voltaje de Línea a Línea Medido con Multímetro.

L1= 440 VAC

L2= 440 VAC

L3= 440 VAC

### **Voltaje de Fase**

$V_{\text{fase}} = V \text{ línea} / \sqrt{3}$

$V(L1) = (440 \text{ vac}) / \sqrt{3} = 254.33$

$V(L2) = (440 \text{ vac}) / \sqrt{3} = 254.33$

$V(L3) = (440 \text{ vac}) / \sqrt{3} = 254.33$

### **S Instantánea**

**$S = I \cdot V$**

$S(L1) = (4.72) \cdot (440/\sqrt{3}) = 1.2 \text{ kVA}$

$S(L2) = (4.65) \cdot (440/\sqrt{3}) = 1.18 \text{ kVA}$

$S(L3) = (4.74) \cdot (440/\sqrt{3}) = 1.20 \text{ kVA}$

### **Cálculo de Potencia Activa**

**$P = I \cdot V \cdot \cos \theta$**       (  $\theta = \cos^{-1} 0.62 \approx 52^\circ$  )

$P(L1) = (4.72) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \cos 52^\circ = 0.75 \text{ kW}$

$P(L2) = (4.65) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \cos 52^\circ = 0.73 \text{ kW}$

$P(L3) = (4.74) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \cos 52^\circ = 0.74 \text{ kW}$

### **Cálculo de Potencia Reactiva**

$$Q = I \cdot V \cdot \text{SEN } \emptyset$$

$$Q(L1) = (4.72) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \text{Sen } 52^\circ = 0.95 \text{ kVAR}$$

$$Q(L2) = (4.65) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \text{Sen } 52^\circ = 0.92 \text{ kVAR}$$

$$Q(L3) = (4.74) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \text{Sen } 52^\circ = 0.98 \text{ kVAR}$$

### **Cálculo de $\Sigma S, P, Q$ Instantánea**

$$\Sigma S = (S(L1) + S(L2) + S(L3)) = 3.58 \text{ kVA}$$

$$\Sigma P = (P(L1) + P(L2) + P(L3)) = 2.22 \text{ kW}$$

$$\Sigma Q = (Q(L1) + Q(L2) + Q(L3)) = 2.85 \text{ kVAR}$$

$$FP = (P/S)$$

$$FP(L1) = (0.75/1.2) = 0.62$$

$$FP(L2) = (0.73/1.18) = 0.62$$

$$FP(L3) = (0.74/1.2) = 0.62$$

### **Factor de Potencia Promedio**

$$FP = 0.62$$

**4.4.4.- Comparación de valores obtenidos con valores calculados.**

VL-N INSTANTANEO	SETRON PAC	VALOR TEORICO	% ERROR
L1	254,4	254,33	0,03
L2	254,4	254,33	0,03
L3	254,4	254,33	0,03
<b>VL-L INSTANTANEO</b>			
L1	440,2	440,2	0
L2	440,18	440,2	0
L3	440,2	440,2	0
<b>S INSTANTANEA</b>			
L1	1,3	1,2	8,33
L2	1,2	1,18	1,69
L3	1,3	1,2	8,33
<b>P INSTANTANEA</b>			
L1	0,78	0,75	4
L2	0,8	0,73	9,59
L3	0,75	0,74	1,35
<b>Q INSTANTANEA</b>			
L1	0,96	0,95	1,05
L2	0,94	0,92	2,17
L3	0,97	0,98	1,02
<b><math>\Sigma</math> S,P,Q INSTANTANEA</b>			
$\Sigma$ S	3,8	3,58	6,15
$\Sigma$ P	2,33	2,22	4,95
$\Sigma$ Q	2,87	2,85	0,7
<b>FP INSTANTANEO</b>			
L1	0,62	0,62	0
L2	0,61	0,62	1,61
L3	0,62	0,62	0
<b>FP TOTAL INSTANTANEO</b>	0,62	0,62	0
<b>FRECUENCIA INSTANTANEA</b>	60	60	0

**Tabla 4.11.- Tabla de Comparación de Valores Obtenidos**

#### 4.4.5.- Imágenes de Programa Adquiriendo Datos de Motor conectado en vacío

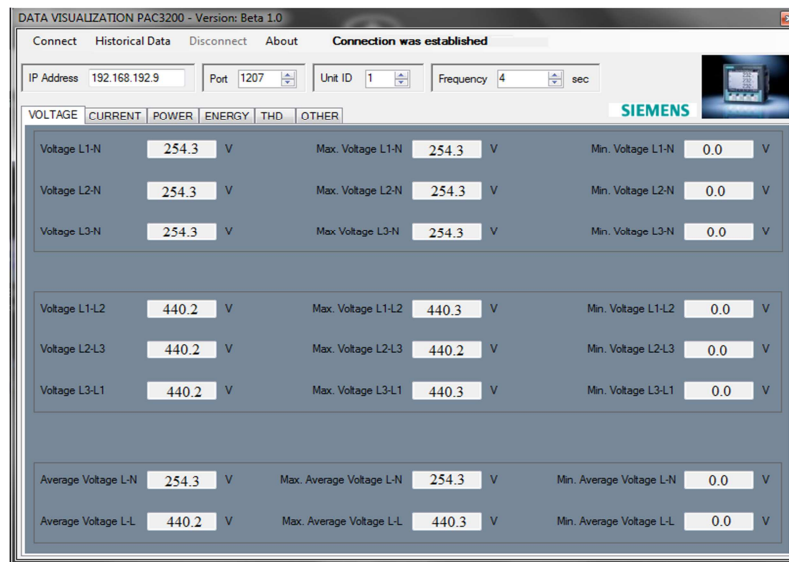


Fig. 4.8.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Voltajes de motor en vacío

Fuente: Toma de Computador

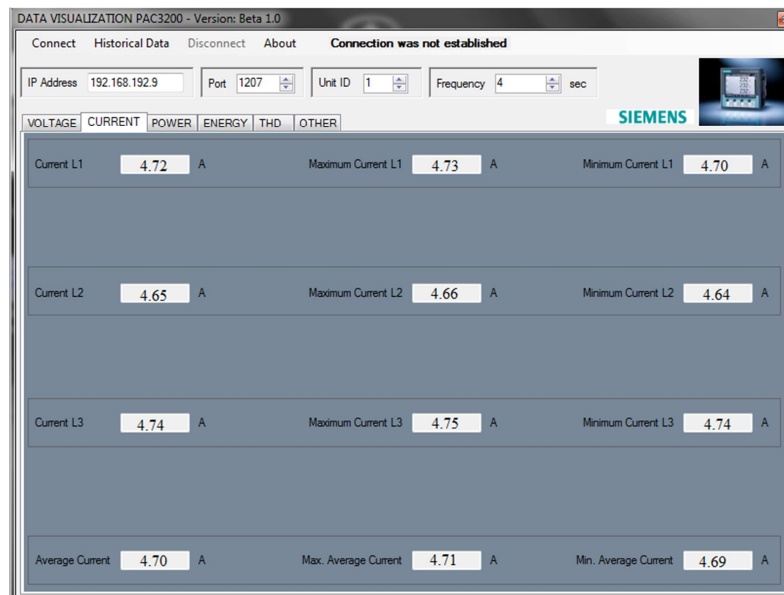


Fig. 4.9.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Corrientes de motor en vacío

Fuente: Toma de Computador

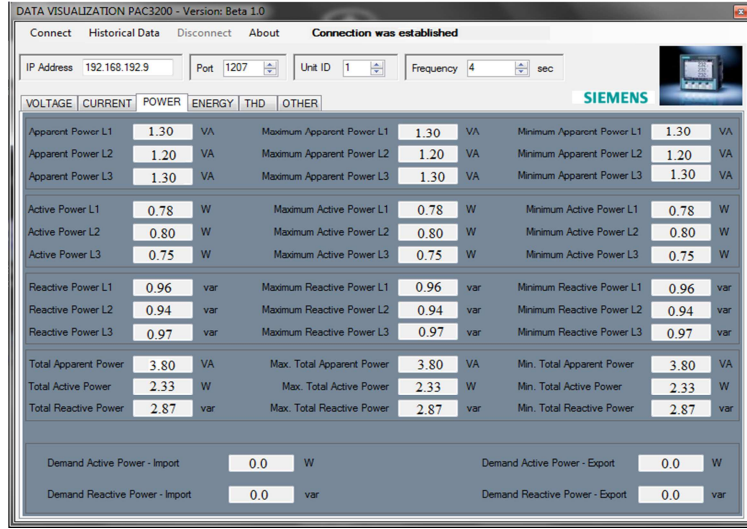


Fig. 4.10.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Potencias de motor en vacío

Fuente: Toma de Computador

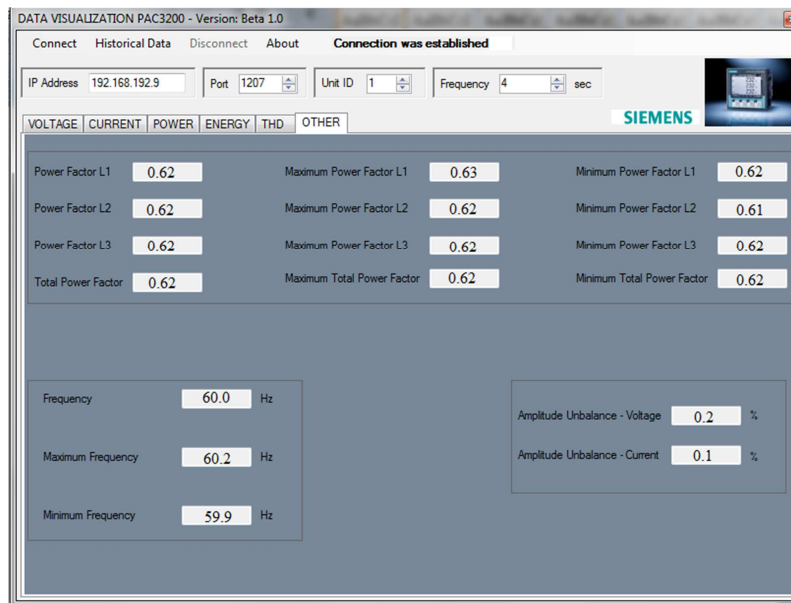


Fig. 4.11.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de FP de motor en vacío

Fuente: Toma de Computador

#### **4.5 Experimento con el Equipo Sentron Pac 3200 Siemens conectado a un motor con conexión estrella con carga, en proceso de banda transportadora.**

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los ensayos con el motor conectado en estrella con carga:

También se realizó la prueba en las instalaciones de la Compañía de Bebidas Delisoda S.A., donde nos facilitaron un motor de las mismas características que estaba en proceso.

##### **4.5.1 Tablas de Datos Capturados en el equipo de medición Sentron Pac 3200 Siemens.**

Voltaje de Línea-Neutro Instantáneo

VL-N INSTANTANEO	VAC
L1	254.45
L2	254.45
L3	254.45

**Tabla 4.12.- Voltaje Línea-Neutro**

Voltaje de Línea-Línea Instantáneo

VL-L INSTANTANEO	VAC
L1	440.20
L2	440.20
L3	440.20

**Tabla 4.13.- Voltaje Línea-Línea**

Corriente Instantánea

I INSTANTANEA	A
L1	12.02
L2	11.98
L3	12.04

**Tabla 4.14.- Corriente Instantánea**

Potencia Aparente

S INSTANTANEA	Kva
L1	3.07
L2	3.06
L3	3.06

**Tabla 4.15.- Potencia Aparente**



Potencia Activa

P INSTANTANEA	Kw
L1	1.89
L2	1.90
L3	1.90

**Tabla 4.16.- Potencia Activa**

Potencia Reactiva

Q INSTANTANEA	kVAR
L1	2.40
L2	2.41
L3	2.43

**Tabla 4.17.- Potencia Reactiva**

Sumatoria de Potencia

$\Sigma$ S,P,Q INSTANTANEA		
$\Sigma$ S	9.21	kVA
$\Sigma$ P	5.69	kW
$\Sigma$ Q	7.24	kVAR

**Tabla 4.18.- Sumatoria de Potencias**

Factor de Potencia

FP INSTANTANEO	VALOR
L1	0.62
L2	0.62
L3	0.62

**Tabla 4.19.- Factor de Potencia**

Factor de Potencia Total Instantáneo

FP TOTAL INSTANTANEO	VALOR
TOTAL	0.62

**Tabla 4.20.- Factor de Potencia Total**

Frecuencia Instantánea

FRECUENCIA INSTANTANEA	UNIDAD
60	Hz

**Tabla 4.21.- Frecuencia Instantánea**

#### **4.5.2 Calculo Teórico de Valores adquiridos con el equipo.**

##### **Voltaje de Línea a Línea Medido con Multímetro.**

$$L1= 440 \text{ VAC}$$

$$L2= 440 \text{ VAC}$$

$$L3= 440 \text{ VAC}$$

##### **Voltaje de Fase**

$$V_{\text{fase}}= V \text{ línea} / \sqrt{3}$$

$$V(L1)= (440 \text{ vac}) / \sqrt{3} = 254.45$$

$$V(L2)= (440 \text{ vac}) / \sqrt{3} = 254.45$$

$$V(L3)= (440 \text{ vac}) / \sqrt{3} = 254.45$$

##### **S Instantánea**

$$S= I \cdot V$$

$$S(L1)= (12.02) \cdot (440/\sqrt{3}) = 3.06 \text{ kVA}$$

$$S(L2)= (11.98) \cdot (440/\sqrt{3}) = 3.05 \text{ kVA}$$

$$S(L3)= (12.04) \cdot (440/\sqrt{3}) = 3.06 \text{ kVA}$$

### **Cálculo de Potencia Activa**

$$P = I \cdot V \cdot \cos \emptyset \quad ( \emptyset = \cos^{-1} 0.62 \approx 52^\circ )$$

$$P(L1) = (12.02) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \cos 52^\circ = 1.90 \text{ kW}$$

$$P(L2) = (11.98) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \cos 52^\circ = 1.89 \text{ kW}$$

$$P(L3) = (12.04) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \cos 52^\circ = 1.89 \text{ kW}$$

### **Cálculo de Potencia Reactiva**

$$Q = I \cdot V \cdot \sin \emptyset$$

$$Q(L1) = (12.02) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \sin 52^\circ = 2.42 \text{ kVAR}$$

$$Q(L2) = (11.98) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \sin 52^\circ = 2.40 \text{ kVAR}$$

$$Q(L3) = (12.04) \cdot (440/\sqrt{3}) \cdot \sin 52^\circ = 2.42 \text{ kVAR}$$

### **Cálculo de $\Sigma$ S,P,Q Instantánea**

$$\Sigma S = (S(L1) + S(L2) + S(L3)) = 9.17 \text{ kVA}$$

$$\Sigma P = (P(L1) + P(L2) + P(L3)) = 5.68 \text{ kW}$$

$$\Sigma Q = (Q(L1) + Q(L2) + Q(L3)) = 7.24 \text{ kVAR}$$

Factor de Potencia Instantáneo

$$FP = (P/S)$$

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

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

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

### **Factor de Potencia Promedio**

$$FP = 0.62$$

### **Frecuencia Instantánea**

$$F = 60 \text{ HZ}$$

#### 4.5.3.- Comparación de valores obtenidos con valores calculados.

VL-N INSTANTANEO	SETRON PAC	VALOR TEORICO	% ERROR
L1	254,4	254,45	0,02
L2	254,4	254,45	0,02
L3	254,4	254,45	0,02
<b>VL-L INSTANTANEO</b>			
L1	440,2	440,2	0
L2	440,18	440,2	0
L3	440,2	440,2	0
<b>S INSTANTANEA</b>			
L1	3,07	3,06	0,33
L2	3,06	3,05	0,33
L3	3,06	3,06	0
<b>P INSTANTANEA</b>			
L1	1,89	1,9	0,53
L2	1,9	1,89	0,53
L3	1,9	1,89	0,53
<b>Q INSTANTANEA</b>			
L1	2,4	2,42	0,83
L2	2,41	2,4	0,42
L3	2,43	2,42	0,41
<b><math>\sum</math> S,P,Q INSTANTANEA</b>			
$\sum$ S	9,18	9,17	0,11
$\sum$ P	5,69	5,69	0
$\sum$ Q	7,25	7,24	0,14
<b>FP INSTANTANEO</b>			
L1	0,62	0,62	0
L2	0,62	0,62	0
L3	0,62	0,62	0
<b>FP TOTAL INSTANTANEO</b>	0,62	0,62	0
<b>FRECUENCIA INSTANTANEA</b>	60	60	0

Tabla. 4.22.- Tabla de Comparación de Valores Obtenidos

#### 4.5.4.- Imágenes de Programa Adquiriendo Datos de Motor conectado con carga.

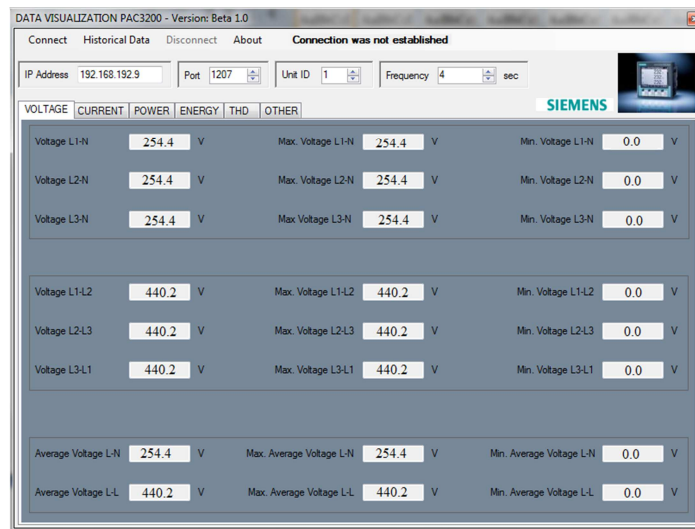


Fig. 4.12.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Voltajes de motor con carga.

Fuente: Toma de Computador

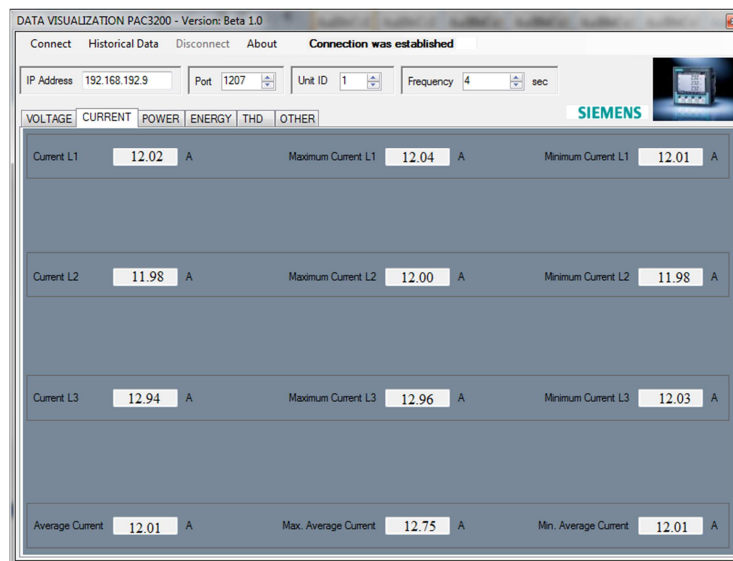
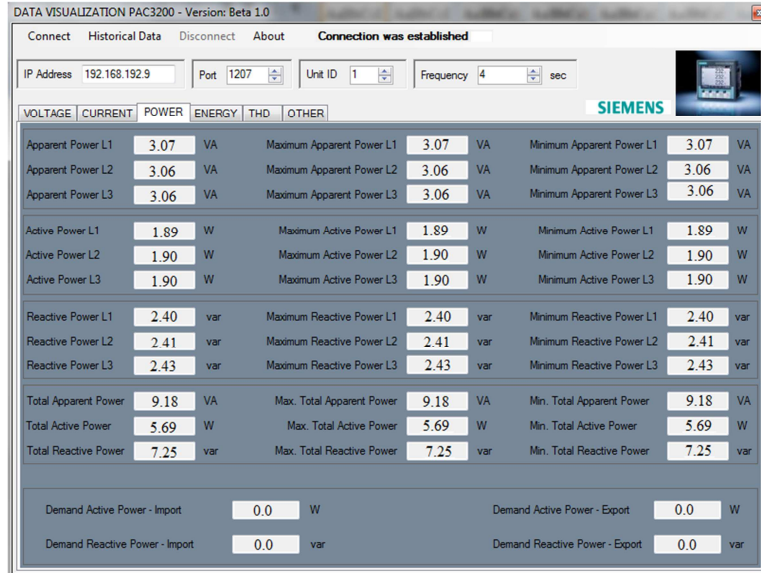


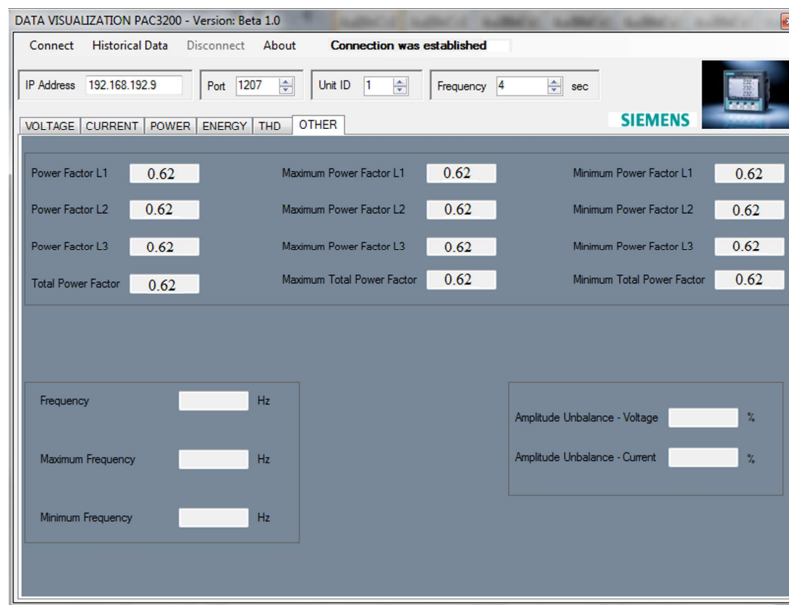
Fig. 4.13.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Corrientes de motor con carga.

Fuente: Toma de Computador



**Fig. 4.14.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de Potencias de motor con carga.**

**Fuente: Toma de Computador**



**Fig. 4.15.- Imagen del programa Powerconfig- Visualización de FP de motor con carga.**

**Fuente: Toma de Computador**



## **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.

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, Powerconfig SW 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 de producción de la empresa Delisoda S.A, 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 altos de voltaje y corriente, 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 banco de pruebas 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, a las autoridades de la Carrera de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo la implementación de la aplicación del Programa, para mayor comprensión de temas como Electricidad, que es tratada en diversas materias de las dos carreras como son Ingeniería ElectricoMecánico 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.

## **ANEXOS**

**MANUAL DE OPERACIÓN DEL MEDIDOR SENTRON PAC 3200 SIEMENS**