

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo

Tesis de Grado

Previo a la Obtención del título de:

**INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

Tema:

**"ESTUDIO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE UN GENERADOR ELÉCTRICO UTILIZANDO UN EQUIPO DE MEDICIÓN SENTRON PAC 3200"**

Realizado por:

**León Reyes Moisés Gastón**

**Mora Mejía José Luis**

Directora de tesis:

**Ing. Judith Gálvez Soto**

Guayaquil, Noviembre 2011

# Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo

## TESIS DE GRADO

Título

### **"ESTUDIO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE UN GENERADOR ELÉCTRICO UTILIZANDO UN EQUIPO DE MEDICIÓN SENTRON PAC 3200"**

Presenta a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Por

León Reyes Moisés Gastón

Mora Mejía José Luis

Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar por el título de:

Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo

Msc. Manuel Romero Paz  
**Decano**

Msc. Luis Córdova Rivadeneira  
**Director de Carrera**

Ing. Judith Gálvez Soto  
**Director de tesis**

Msc. Edwin Palacios Meléndez  
**Vocal Principal**

Ing. Oscar Carrasco Agraces  
**Vocal Principal**

# Agradecimientos

A Dios, darnos toda la sabiduría, paciencia, ser la luz y guía de nuestros propósitos, como aquella fuerza que nos mueve cada minuto de nuestras vidas a querer ser mejores.

A nuestras familias, por ser parte fundamental en todas nuestras metas alcanzadas, lo cual representa el final de una de las etapas más importantes de nuestras vidas y el inicio de otras que serán aún más enriquecedoras.

Al cuerpo docente de la Universidad Católica, y con mayor gratitud a la Ing. Judith Gálvez por su ayuda como nuestra Directora de tesis, brindándonos apoyo y orientación para la culminación del presente proyecto.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivo General	4
1.3.1 Objetivos Específicos	4
1.4 Metodología	5
<b>CAPÍTULO 2: EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	6
2.1 Introducción	6
2.2 Suministro y Demanda de Energía	6
2.2.1 Consumo de Energía	7
2.2.2 Energía en espera “Stand by”	9
2.2.3 Evitar estos consumos	10
2.2.4 Suministro de Energía Eléctrica	10
2.3 Calidad de la Energía Eléctrica	12
2.3.1 Eficiencia Energética en la Industria	13
2.3.2 Recursos Energéticos	14
2.4 El Consumidor Verde	17
2.4.1 Necesidad del ahorro de Energía	18
2.4.2 El ahorro de Energía con respecto a equipos y Tecnología	19
2.5 La Energía y su enfoque en América Latina	20
2.6 Energía Final	22
2.6.1 Energía Útil	22
2.6.2 Usos Finales	23
2.7 Costos de la Electricidad	23
2.7.1 Precios Promedio del sector Energético	24
2.7.2 Precio promedio de la Electricidad en Latino América	24
2.7.3 Industria	24
2.7.4 Residencial	24
2.7.5 Comercial, Servicios y Publico	25
2.7.6 Costos de Generación a Nivel Nacional Según CONELEC	25
2.8 Impacto Ambiental	26

<b>CAPÍTULO 3: MÁQUINAS ELÉCTRICAS</b>	28	
3.1	Introducción	28
3.1.1	En que consiste cada una de estas maquinas	29
3.2	El Generador Eléctrico	31
3.2.1	Las Componentes de un Generador de Corriente Alterna	31
3.2.1.1	Estator	31
3.2.1.2	El Rotor	33
3.2.2	Devanados y Campos en el Generador	35
3.3	La Electricidad se genera Combinando la suma de movimientos de los flujos	36
3.3.1	La Forma como trabajan los Generadores	36
3.3.2	Regla de la mano derecha para los Generadores	37
3.3.3	La Potencia Mecánica	40
3.3.4	El Voltaje Inducido	42
3.3.5	La Frecuencia del Voltaje Generado	47
3.4	Los Generadores Eléctricos en aplicaciones industriales y de emergencia	47
3.5	Supervisión de la Generación Eléctrica	49
3.5.1	Importancia de la supervisión en los procesos automatizados	50
3.5.2	Alternativas para la supervisión de consumos Eléctricos	52
3.5.2.1	Supervisión SCADA	53
3.5.2.2	Necesidad de un Sistema SCADA	54
3.5.2.3	Funciones Básicas del Sistema SCADA	56
3.6	Evaluación Económica de los Proyectos	57
3.7	Demanda promedio no servida en Kw./ Factor de Recuperación	58
3.8	Beneficios de la Automatización y Control del Sistema	59
3.8.1	Beneficios Operativos	60
3.8.2	Mantenimiento	60
<b>CAPÍTULO 4: FUNDAMENTOS PARA LA UTILIZACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN SENTRON PAC 3200</b>	61	
4.1	Sistema de Gestión de la Energía Eléctrica	61
4.1.1	Las tres fases del sistema de gestión de energía	62
4.2	Resumen de ventajas del sistema de gestión de energía	63
4.2.1	Reducción de los gastos de explotación	63
4.2.2	Aumentando la disponibilidad de las instalaciones	64

4.3	Método convencional que utilizan los fabricantes de generadores para pruebas de aislamiento	65
4.3.1	Medición de Energía Abarcadora y Precisa	67
4.4	Comunicación Profibus	67
4.4.1	Profibus DP	68
4.4.2	Características especiales del protocolo Profibus aplicado a la automatización	68
4.5	Funciones de Comunicación	70
4.6	Aspectos destacados del multimetro SENTRON PAC 3200	70
4.6.1	Amplio campo de aplicaciones gracias a su gran gama de funciones y prestaciones	70
4.6.2	Construcción Compacta	71
4.7	Características del Multimetro SENTRON PAC 3200	71
4.7.1	Medición con el Multimetro SENTRON PAC 3200	73
4.7.2	Funciones de Monitoreo	74
4.7.3	Visualización y Manejo	74
4.7.4	Alimentación	75
4.7.5	Formato de Instalación	75
4.7.6	Interfaz	75
4.7.7	Entrada y Salida	75
4.7.8	Medición de Corriente	76
4.7.9	Medición de Tensión	76
4.8	Tipos de Conexión	77
4.8.1	Indicador de Sobrecarga	78
4.8.2	Límite Inferior de Medición de Corriente	78
4.8.3	Sentido de Corriente	78
4.8.4	Visualización de magnitudes medidas en función del tipo de conexión	79
4.8.5	Valores Medidos (Demanda) de Potencia y Contadores	81
4.8.6	Contadores de Energía	81
4.8.6.1	Contador Universal Configurable	82
4.8.6.2	Contador de Horas de Funcionamiento	82
4.8.7	Tarifas	82
4.8.7.1	Control del Cambio de Tarifa	82
4.8.7.2	Cambio de Tarifa tras la Sincronización	83

4.9	Limites	83
4.9.1	Definición de Limites	84
4.9.2	Indicación de Violaciones de Limite	85
4.10	Comportamiento en caso de fallos y restablecimiento de la red	86
4.11	Entradas y Salidas Digitales	86
4.11.1	Salida Digital	87
4.11.2	Salida de impulsos de Energía	87
4.11.3	Duración de impulso	88
4.11.4	Tiempo en Desconexión	88
4.11.5	Tiempo Mínimo en Desconexión	88
4.11.6	Entrada Digital	89
4.12	Interfaz Ethernet	89
4.12.1	Ajuste de los parámetros de red	89
4.13	Instalación del SENTRON PAC 3200	91
4.13.1	Procedimiento	91
4.13.2	Pasos del Montaje	93
4.14	Modulo de ampliación pac profibus DP	94
4.14.1	Dirección Profibus	95
4.14.2	Modulo RS485 valores por defecto del dispositivo	95
4.15	Implementación Didáctica del Multi Medidor SENTRON PAC 3200	96
4.15.1	Fabricación del diseño en una estructura metal mecánica	98
4.15.2	Aplicación del equipo SENTRON PAC 3200 para la supervisión de generadores.	106
	<b>CONCLUSIONES</b>	117
	<b>RECOMENDACIONES</b>	119
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	121

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

En la actualidad cada vez se hace más necesario el ahorro de energía eléctrica, lo que representa un beneficio para todos los consumidores y para el país en general, así como también es primordial medir y supervisar todo el consumo eléctrico de una empresa, de un hogar, de un generador, etc. o la calidad de energía que están ingresando a las mismas o entregando según sea el caso. Sin embargo este procedimiento no es satisfactoriamente cumplido bien sea, porque no cuentan con la asesoría necesaria o porque se piensa que la inversión es innecesaria.

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad encontramos una diversidad de procesos que nos permiten generar energía eléctrica, sin embargo no se visualiza generalmente la aplicación de medidas preventivas que permitan obtener datos confiables en cuanto al estado del funcionamiento de máquinas eléctricas como los generadores.

Para los estudiantes que utilizan el laboratorio de control y movimiento, esto representa un gran inconveniente, ya que no tienen un panorama claro con respecto al consumo de energía y a su circulación por la instalación o equipo que se desee monitorear o supervisar de forma exacta y confiable, para captar los valores en las salidas o consumidores individuales de la instalación o red eléctrica, tales magnitudes eléctricas pueden ser intensidad de la corriente eléctrica, tensión, potencia etc.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Todo proceso de generación eléctrica necesita de un sistema que indique los parámetros de red relevantes para la distribución de energía eléctrica en baja y alta tensión, el mismo que debe realizar mediciones monofásicas y trifásicas, las cuales son utilizadas con frecuencia en redes de esquema TN, TT e IT (tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto) con dos, tres o cuatro conductores.

El mal uso de la energía eléctrica puede estar presente incluso por razones desconocidas por el usuario o consumidor, esto en el caso de existir fugas de corriente en la red estructurada, afectando importantes campos como lo son productividad, economía, comunicaciones, administración y la planeación de procesos industriales. Con la supervisión y el control adecuado evitaremos considerables desperdicios energéticos. Esto se traduce en una disminución considerable a largo y corto plazo en los costos de producción y operatividad además incrementa el nivel de competitividad y disminuye finalmente la demanda de mayor energía, lo cual es directamente perjudicial para el medio ambiente.

El monitoreo del consumo energético es primordial ya que con el sistema de supervisión de energía aplicado a un generador no solo se evita la paralización del suministro sino que además permite fijar tiempos y la mejor planeación de los mantenimientos preventivos y correctivos.

Utilizando correctamente las herramientas tecnológicas, hoy en día podemos monitorear constantemente los procesos industriales automatizados, los mismos que permiten

Detectar fallas en la red eléctrica, consumos de energía, factor de potencia y un sin número de inconvenientes técnicos que se pueden presentar en el campo industrial.

Actualmente los sistemas o medios para monitoreo y control nos dan la oportunidad de tomar decisiones en cuanto al diagnóstico preventivo o acciones correctivas con anticipación, previniendo la paralización de los procesos industriales, ya sean éstos productivos, energéticos, ambientales, de salud, etc. (Mangosio, J. 1994)

Facilitar herramientas de supervisión y control para las posibles fallas y desperfectos que puedan presentarse en procesos como la generación de la energía eléctrica, funcionamiento de generadores eléctricos y demás maquinarias que se encuentren consumiendo energía, en tiempo real y de forma constante es primordial en la supervisión de los procesos.

La educación de calidad es fundamental para el desarrollo de nuestro entorno socioeconómico, mediante el presente proyecto se trata de contribuir al conocimiento de la materia Sistemas de Medición, impartida en las aulas de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, pues se crea un ambiente apto para el aprendizaje y realización de prácticas estudiantiles con herramientas tecnológicas que le dan al estudiante la oportunidad de familiarizarse con el campo industrial y con el manejo de equipos tecnológicos actuales.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de supervisión y control modelado para la enseñanza de la materia Sistemas de Medición, que permita monitorear en tiempo real el estado del funcionamiento de un generador eléctrico y los cambios que puedan darse al aplicar las diversas cargas eléctricas al mismo, pudiendo detectar a tiempo fallas que se produzcan en la red o inconvenientes técnicos y con esto mejorar la práctica – experimental en la Carrera de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo.

#### **1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para lograr alcanzar el objetivo general hemos planteado los siguientes objetivos específicos:

- 1.- Obtención y procesamiento de la literatura más relevante sobre la eficiencia energética para mejorar la calidad de energía consumida, disminuir los costos en la producción, y tener una mejor visión con respecto al uso de la energía eléctrica.
  
- 2.- Realizar un estudio que permita determinar los criterios de factibilidad para la utilización de un sistema de supervisión y control.
  
- 3.- Fundamentar los elementos para la utilización del equipo de medición SENTRON PAC 3200, para obtener y registrar parámetros o magnitudes eléctricas tales como: tensión, corriente, potencia, etc. que intervienen en la operación de un generador eléctrico a utilizarse en el laboratorio de control y movimiento de la carrera Ingeniería electrónica en control y automatismo.

## 1.4 METODOLOGÍA

Como resultado del diagnóstico de las necesidades de capacitación en el aspecto práctico referente a la materia de Sistemas de Medición, se considera conveniente para obtener mejores resultados que el conocimiento teórico este acompañado del conocimiento experimental y para ello hemos tomado en cuenta un aspecto importante el cual es la educación práctica y experimental acorde con los conocimientos teóricos de la materia Sistemas de Medición.

Para tal efecto se elaborará un modulo de enseñanza experimental, adecuado en forma didáctica para el aprendizaje de todo lo concerniente a mediciones de magnitudes eléctricas, cuyas prestaciones y contenido estarán de acuerdo con el nivel educativo en lo que a teorías se refieran, permitiendo asimilar la teoría concatenada con la practica en la materia de Sistemas de Medición, para ello hemos dividido al proyecto en tres etapas que a continuación se describen:

1. Adquirir la información necesaria para el estudio de un sistema de supervisión referente a la materia sistemas de medición.
2. Examinar la factibilidad que este pueda tener con referencia a las necesidades del aspecto práctico experimental en la materia de sistemas de medición.
3. Realizar la implementación de campo para entregar una herramienta que facilite a los estudiantes la asimilación de los conocimientos teóricos de la materia sistemas de medición.

Con estas tres etapas desarrollaremos lo propuesto en el tema de este documento.

## **CAPÍTULO 2: EFICIENCIA ENERGÉTICA**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Dependiendo del ámbito de estudio, como mecánica clásica, mecánica cuántica, teoría de la relatividad, etc., se pueden encontrar diferentes conceptos para la energía. Para efecto del tema que compete a este documento, se puede indicar que la energía es la capacidad que tiene un elemento natural o artificial de producir alteraciones en su entorno.

La energía es necesaria para todo lo que hacemos. Si miramos a nuestro alrededor; la energía participa en todo lo que se mueve o emite luz, sonido o calor. Calentar e iluminar el hogar, impulsar el automóvil, suministrar energía al aparato portátil de CD, son ejemplos comunes en los cuales se consume energía cuyo origen se basa en procesos químicos.

### **2.2 SUMINISTRO Y DEMANDA DE ENERGÍA**

Damos por sentado que la energía se encuentra disponible y siempre está allí para emplearla; pero ¿será así en realidad? Hace poco, el químico Richard Smalley, ganador del Premio Nobel, declaró que de los 10 principales problemas que la humanidad tendrá que afrontar en los próximos 50 años, el suministro de energía constituye el número uno. ¿Cuál es el origen de esta predicción tan pesimista?

Es frecuente encontrar información como la siguiente en la prensa diaria:

La demanda global de energía se ha triplicado en los últimos 50 años y quizá se triplique en los 50 que siguen. La mayor parte de la demanda proviene de naciones industrializadas.

Los combustibles fósiles conforman 85% de la energía total que consumimos en el planeta. La energía nuclear y la hidroeléctrica aportan alrededor de 12% del presupuesto total de energía. El 3% restante proviene de la biomasa e instalaciones de energía solar, eólica y geotérmica.

Con sólo 4,6% de la población mundial, Estados Unidos consume 25% de la energía que se gasta en el mundo. Este uso equivale al consumo de 26.5 litros de petróleo o 31.8 kg de carbón por persona al día.

De estas estadísticas surgen de inmediato los temas básicos, consumo de energía y recursos energéticos los cuales se discutirán a continuación:

### **2.2.1 CONSUMO DE ENERGÍA**

Los datos indican que el consumo de energía se relaciona con el grado de industrialización de un país. A medida que un país está más industrializado, consume más energía per cápita. Aunque algunas personas expresan preocupación sobre el uso desproporcionado de energía en las naciones desarrolladas, otra preocupación igual de grave es el ritmo de consumo a nivel mundial.

Conforme crece el grado de industrialización en las naciones desarrolladas, el consumo mundial de energía aumenta de manera proporcional. El vertiginoso aumento de consumo

De energía en la segunda mitad del siglo anterior pone en evidencia que las predicciones de un aumento similar en el consumo durante la primera mitad del siglo XXI tienen buen sustento.

Una manera de modificar el consumo es mediante la conservación de energía. La conservación de energía constituye una pequeña parte de la ecuación energética actual, la cual hasta ahora comienza a cobrar mayor atención. A continuación se describe algunos ejemplos donde la conservación de energía ya es importante:

El aluminio se recicla porque para reciclarlo solo se requiere la tercera parte de la energía necesaria para producirlo a partir de sus minerales.

En el alumbrado público se emplean diodos emisores de luz (LED, por sus siglas en inglés) y en el hogar se emplean cada vez más lámparas fluorescentes compactas. En ambos casos se emplean tan sólo una fracción de la energía necesaria para las lámparas incandescentes en las cuales sólo 5% de la energía empleada se convierte en luz: el 95% restante se desperdicia en forma de calor).

Podemos afirmar que la conservación de la energía continuará contribuyendo a la hoja de balance de energía a nivel mundial. Es de esperar que con la ciencia y la tecnología se inventen una diversidad de dispositivos ahorradores de energía en los próximos años.

En la actualidad, la superconductividad es una de las áreas recientes de investigación, en química que se relaciona con la conservación de la energía. Los superconductores son materiales que, a temperaturas entre 90 y 150 K., casi no ofrecen resistencia a la

Conductividad eléctrica. Cuando se hace pasar corriente eléctrica por un conductor típico, como un alambre de cobre, parte de la energía inevitablemente se pierde como calor.

En consecuencia, hay una pérdida sustancial de energía en las líneas de transmisión de electricidad. Si se sustituyera el alambre de cobre por un superconductor, la pérdida de energía se reduciría en forma considerable. Así que la investigación debe orientarse a la búsqueda de materiales que actúen como superconductores a temperaturas moderadas.

### **2.2.2 ENERGÍA EN ESPERA “STAND BY”**

En los últimos años, el desarrollo de la electrónica se ha intensificado en diversos campos, incluyendo a los aparatos electrodomésticos y de oficina. Si bien con ello se ha incrementado la confiabilidad, funcionalidad y eficiencia de los mismos, el avance tecnológico ha implicado que muchos de estos equipos al permanecer conectados (como “vampiros”) al circuito de alimentación eléctrica, continúen consumiendo energía aun cuando permanezcan supuestamente “apagados” o no estén efectuando su principal función, lo que significa un desperdicio de electricidad que el usuario tiene que pagar.

A este consumo se le conoce como: energía de espera, energía de reposo, modo inactivo o modo dormido, aunque también se le considera como energía de desperdicio (“standby power”, “sleep mode”, “standby losses” o “leaking electricity”, respectivamente, por sus denominaciones en inglés), su crecimiento ha sido tan rápido como su aplicación en cada vez más electrodomésticos.

Se ha podido confirmar que algunos de los equipos que permanecen conectados las 24 horas del día llegan a consumir más energía o desperdiciarla que cuando están en uso efectivo; por ejemplo, un mini componente de audio de cierta marca consume 30 watts “apagado” y 36 encendido; además, hay que tomar en cuenta que en cualquier hogar puede haber hasta 10 ó más “vampiros”, que realizan un consumo continuo, acumulativo y sin utilidad; en casos críticos, esto equivale a tener encendido un foco de 60 watts todos los días.

### **2.2.3 EVITAR ESTOS CONSUMOS**

Para reducir los consumos parásitos o innecesarios de estos equipos, se debe entender que la energía está siempre en función de la potencia y el tiempo; por ello, nos conviene reducir el tiempo de uso o consumo de energía, lo que puede ser tan simple o sofisticado como lo siguiente:

Desconecte la carga (retirar la clavija del contacto). Use un interruptor manual o un multi contactos desde el cual se pueda cortar la corriente de suministro. Utilice elementos más sofisticados, como en las computadoras, para apagar totalmente el equipo, pero sin des configurar sus funciones.

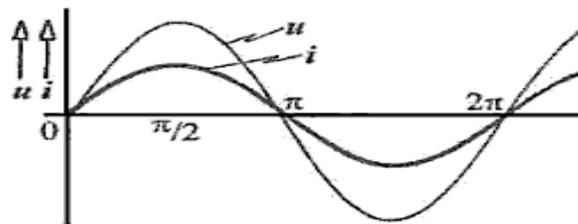
### **2.2.4 SUMINISTRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

De acuerdo con la cantidad de energía eléctrica que necesite el consumidor, se suministra corriente alterna en media o baja tensión.

En el primer caso necesariamente deberá poseer una sub estación transformadora a fin de poder obtener la tensión de empleo, que en general es baja tensión. Mientras que en el segundo caso no es necesario.

Los consumos de baja tensión a su vez pueden ser: monofásico, bifilar (vivo–neutro), trifásico trifilares (tres vivos) o bien, trifásicos tetrafilares (tres fases como vivo y el neutro). Estos sistemas parten de transformadores (de la empresa distribuidora o propio) cuyo primario se alimenta en media tensión y tienen un secundario de baja tensión con cuatro bornes. Por ejemplo:  $3 \times 13.800 / 3 \times 280 + N$  [V]. Estos últimos tienen como parámetros principales: su potencia aparente, la corriente nominal y la tensión de cortocircuito; esta última se relaciona con la corriente de cortocircuito en sus bornes.

Cuando se trata de corriente alterna, los parámetros de tensión y corriente varían con el tiempo y la forma de estudiar los circuitos eléctricos es mediante representaciones del tipo vectorial y grafica. La representación gráfica de la tensión y de la corriente se hace empleando una función del tipo sinusoidal, lo cual se muestra en la siguiente figura.



**Figura 2.1: Onda sinusoidal de tensión y corriente**  
**Fuente: Libro, Cables y Conductores Eléctricos.**

Las fuentes de tensión (en nuestro caso el generador) mediante un proceso eléctrico cuentan con una tensión de salida con la cual se alimentan las cargas, con una forma de onda tipo

sinusoidal casi perfecta, (tal como lo muestra la figura 2.1, la cual recibe el nombre de onda fundamental, la misma tiene una frecuencia de 60 ciclos por segundo (60Hz). De la misma forma que se representa la tensión se hace con la corriente eléctrica. (Fariña, A. 2010).

Sin profundizar en las complejas cuestiones matemáticas de este tema (serie de Fourier) podemos decir que cualquier tipo de onda puede descomponerse en distintas frecuencias las cuales reciben el nombre de armónicos. Es decir que una onda fundamental puede estar compuesta por otras ondas de distintas frecuencias. Estas pueden sumar o restar entre sí, como veremos a continuación, generando formas de ondas distintas a la original o fundamental, lo que se denomina distorsionada, (figura 2.2).

Los armónicos también se generan en los generadores debido a la no linealidad de los núcleos de hierro, son mayores cuando estos funcionan sin carga. (Fariña, A. 2010).



**Figura 2.2: Ondas de tensión distorsionadas**  
**Fuente: Libro, Cables y Conductores Eléctricos**

### 2.3 CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro de la energía eléctrica deberá hacerse respetando los parámetros establecidos por las normas o resoluciones de los entes reguladores, a fin de que las cargas eléctricas puedan

funcionar adecuadamente, el incumplimiento hace que se generen problemas a los consumidores, siendo los mismos de diversas índoles según sea la característica de la carga.

Los índices utilizados para determinar la calidad del suministro de energía requieren de la observación de los parámetros asociados a un sistema eléctrico, los cuales solo tendremos en cuenta para este tema: tensión, corriente y frecuencia, así como las formas de ondas que presentan.

Referente a este tema se consideran fuentes para la introducción de armónicos a aquellos equipos conectados a la instalación eléctrica, entre los que se encuentran los que tienen circuitos electrónicos incorporados tales como las fuentes conmutadas, variadores de velocidad de motores, reactancias electrónicas, etc.

### **2.3.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA**

Tanto la industria como en el sector terciario e infraestructuras la cuestión del ahorro energético es un punto fijo de la agenda diaria, pero ¿por dónde puede empezar? ¿Qué medidas tienen un mayor potencial de ahorro? ¿Cómo se puede evaluar la efectividad de éstas una vez implantadas? La Gestión Energética (GE) permite a una empresa determinar, mejorar y analizar sistemática y continuamente su consumo de energía. Dicha gestión se ha de integrar y consta de medidas organizacionales y de inversión. Pero ¿qué es un sistema de gestión energética?; Se puede definir como el desarrollo e integración de un sistema para recogida, análisis, documentación y visualización de datos energéticos así como regulación y control del consumo energético en plantas y edificios.

Para dar respuesta a este tipo de preguntas hacen falta sistemas que mejoren la transparencia de la demanda energética y la calidad de la misma.

La constante demanda social en la búsqueda del bienestar de las personas, 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 una necesidad actual y de futuro. Sabiendo que la industria produce cerca del 34% de las emisiones de gases de invernadero, sobre ella recae la gran responsabilidad de mejorar continuamente la eficiencia energética y del uso de los recursos, contribuyendo así a la protección del medio ambiente. Por otra parte, el alza en los precios de energía, de materia prima y las condiciones impuestas por un nuevo marco legal, hacen del uso eficiente de los recursos un requisito cada día más urgente.

### **2.3.2 RECURSOS ENERGÉTICOS**

La otra parte de la hoja de balance de energía son los recursos energéticos, de los cuales existen muchos. Los datos que se mencionaron antes indican que dependemos casi por completo de los combustibles fósiles como fuente de energía. El porcentaje de energía que se obtiene y se consume a partir de las demás fuentes es muy pequeño comparado con el que se obtiene de los combustibles fósiles. Dependemos casi exclusivamente de la gasolina y el diesel para el transporte. El aceite y el gas natural se utilizan en calefacción y casi el 70% de la electricidad en Estados Unidos, se genera empleando combustibles fósiles, principalmente carbón.

¿Por qué predominan los combustibles fósiles en el miembro de recursos de la ecuación? Un motivo evidente es que estos son materia prima barata en comparación con otras fuentes de energía. Otra razón es que los humanos hemos hecho inversiones considerables en la estructura necesaria para distribuir y consumir esta energía. Las plantas de energía donde se emplea carbón o gas natural no pueden transformarse con facilidad para utilizar otro tipo de combustible. La infraestructura para la distribución de energía (tuberías de gas, bombas de gasolina para los automóviles y la red de distribución de electricidad a los usuarios) ya se encuentra establecida. Gran parte de esta infraestructura tendría que cambiarse si la fuente de energía cambia. En algunos países ya se cuenta con sistemas de distribución de energía que no dependen tanto como el de estados Unidos de los combustibles fósiles. Por ejemplo, los países europeos (como Francia) utilizan mucho mas la energía nuclear, y en otras regiones del planeta (como Islandia y Nueva Zelanda) se utiliza la energía geotérmica como fuente de energía.

Además nos hemos acostumbrado a un sistema de energía con base en los combustibles fósiles. El motor de combustión interna es resultado de años de ingeniería. Se ha llegado a tal dominio, que en la actualidad puede producirse con rapidez en cantidades grandes y a un costo relativamente bajo. La red eléctrica se encuentra bien establecida para aprovisionar a nuestros edificios y carreteras. El suministro para gas natural es casi invisible. Este sistema funciona bien.

Pero aquí reside el meollo del problema al que alude Richard Smallery: los combustibles fósiles son recursos energéticos no renovables.

Los recursos no renovables son aquellos en los que la fuente de energía se consume pero sin que sea reemplazada al mismo tiempo. Los combustibles fósiles constituyen un ejemplo evidente. La energía nuclear también pertenece a esta categoría (aunque por el momento parece ser que el suministro de combustibles nucleares no es probable que se agote en el futuro previsible y en los reactores de cría se pueden emplear otras fuentes aún más abundantes para crear combustible nuclear). Por el contrario, las fuentes de energía, que incluyen la energía solar, son recursos renovables. Entre ellas mencionaremos la energía solar y la energía derivada del viento, la biomasa y el agua en movimiento. Del mismo modo, la energía geotérmica es un recurso renovable.

Hay un suministro limitado de combustibles fósiles y no se están creando nuevas fuentes. En consecuencia, debemos preguntarnos cuánto tiempo durará la reserva de combustibles fósiles. Por desgracia, es imposible responder a esta pregunta con exactitud. Una estimación actual sugiere que las reservas mundiales de petróleo se agotaran en un periodo de 30 a 80 años. Las reservas de gas natural y carbón durarán un poco más. Se estima que las reservas de gas natural persistirán de 80 a 200 años en tanto que las de carbón durarán de 150 años a cientos de años. No obstante, estas cifras son muy inciertas. Por una parte porque las estimaciones se basan en reservas de combustible consideradas como probables aún sin descubrir, y por otra parte, porque las suposiciones deben hacerse con respecto al ritmo de consumo de años futuros.

A pesar del estado actual de bienestar con el sistema energético, no podemos pasar por alto el hecho de que va a llegar el momento en que debemos prescindir de los combustibles fósiles. Conforme el suministro disminuya y la demanda aumente, será necesario acudir a l uso de otros tipos de combustible. La tecnología para esto y las respuestas respecto de que tipos de

combustibles alternativos serán más eficientes y baratos pueden buscarse mediante la investigación química.

## **2.4 EL CONSUMIDOR VERDE**

Teóricamente, el verdadero consumidor ecológico debería ser aquel que consumiera menos, pues en realidad el mismo hecho de consumir, aunque sean productos verdes, ya contribuye al agotamiento de los recursos naturales; Sin embargo, el concepto actual de consumidor verde o ecológico, tiene otra dimensión, definiéndose como aquel que al adquirir productos considera las repercusiones ambientales de su fabricación, uso, y eliminación, así como la gestión medioambiental de la industria que los genera.

Es precisamente su interés por la repercusión medioambiental de los productos de consumo lo que determina su forma de vida y sus hábitos adquisitivos.

Algunos de sus criterios generales que tiene en cuenta el consumidor ecológico o consumidor verde al adquirir productos son:

La salud de las personas y de los seres vivos.

- El perjuicio causado al medio ambiente durante la vida del producto, de la cuna a la tumba: elaboración, consumo, uso y eliminación.
- El contenido de sustancias claramente peligrosas, tóxicas o dañinas (plomo de las pilas, CFC en los aerosoles, fosfatos en los detergentes, etc.).

Aunque los ecoproductos deberían ser equiparables en precio al producto equivalente, aceptándose como mucho un incremento del 10%, la realidad es muy diferente, pues la mayoría de ellos se han convertido en productos poco asequibles por su elevado precio, si bien se espera que esta situación cambie a largo plazo. Evidentemente, las clases sociales media-alta y alta tienen un poder adquisitivo mayor, lo que permite acceder a este tipo de productos.

#### **2.4.1 NECESIDAD DEL AHORRO DE ENERGÍA**

El inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es la contabilidad de las emisiones de gases y partículas que resultan de las actividades antropogénicas aumentando la concentración de gases en la atmósfera en niveles superiores a los que son producidos en forma natural. Los gases que se consideran de efecto invernadero son CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y CH<sub>4</sub>, cuyo efecto final sería el calentamiento global de la tierra, causando cambios en los patrones de comportamiento del clima, las lluvias y los vientos y aumentando el nivel del mar, cambios que ocasionarían catástrofes impredecibles.

A partir de los inventarios detallados de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se identifican las principales causas de estas emisiones, su evolución histórica y su posible aumento o comportamiento hacia el futuro y se facilita la selección de alternativas para su control o mitigación.

La industrialización de la sociedad moderna ha supuesto una demanda constantemente creciente de energía eléctrica.

La producción de energía eléctrica, aunque se basa en diferentes métodos, depende en un porcentaje muy elevado de transformaciones energéticas no renovables, o no sostenibles y que a largo plazo suponen un agotamiento de los recursos naturales que las proporcionan.

Los sistemas limpios y renovables o sostenibles, como son la energía eólica, fotovoltaica o termo solar, además de la hidroeléctrica tradicional, todavía suponen un porcentaje muy pequeño de las necesidades energéticas del mundo actual. Por ello, todos los gobiernos y administraciones del mundo industrializado tienen problemas y tratan de introducir diferentes campañas para el ahorro y mejor aprovechamiento de la energía.

Actualmente, cualquier proyecto o planificación que se plantee debe de ir acompañado de un estudio en el que se justifique el empleo de la energía necesaria, y que a su vez demuestre que la industria o instalación que la utilice no contribuya a degradar el medio ambiente de la comunidad donde se desarrolle su actividad.

#### **2.4.2 AHORRO DE ENERGÍA CON RESPECTO A EQUIPOS Y TECNOLOGÍA**

En el momento de escoger los equipos, es aconsejable elegir los de mejor rendimiento energético. Por ejemplo, si se escogen lámparas, es importante conocer la relación de lúmenes producidos/watts consumidos. Cuanto mayor es esta relación para igualdad de luz, menos potencia se consumirá con el ahorro energético correspondiente.

Por los mismos motivos si se escogen estufas u hornos, debe primar una mayor relación calorías producidas/ watts consumidos.

En motores eléctricos también es preceptivo escoger los de mejor rendimiento a igualdad de potencia necesaria, aunque eso hay que tener en cuenta el ciclo de potencia demandada por la carga, ya que el rendimiento puede variar con la carga.

## **2.5 LA ENERGÍA Y SU ENFOQUE EN AMÉRICA LATINA**

La matriz energética de los países de América Latina y el Caribe es en comparación con otras regiones del mundo una de las de mayor componente renovable; aún así en el año 2009 cerca de las tres cuartas partes de su estructura correspondió a combustibles fósiles; y los estudios recientes de prospectiva energética no auguran mayor variación durante los próximos 25 años.

Por otra parte, si bien existe en la región una importante disponibilidad de recursos petroleros, carboníferos y gasíferos, estos se encuentran concentrados en muy pocos países siendo la mayoría netamente importadores de estas fuentes.

Otros países que actualmente pueden autoabastecerse y eventualmente exportar ciertos excedentes de hidrocarburos, se enfrentan a mediano plazo al agotamiento de sus reservas debido a las altas tasas de crecimiento de sus economías y demanda energética.

Esta situación marca sin duda la vulnerabilidad de la región a los efectos de las variaciones de precios internacionales de los productos energéticos, que puede desembocar como ya ha ocurrido algunas veces en graves crisis económicas.

No hay que olvidar tampoco el daño ambiental que produce la liberación del carbono y otros contaminantes contenidos en las fuentes fósiles a la atmósfera, cuyos efectos se manifiestan con

los desastres climáticos que se están dando cada vez con mayor frecuencia en diferentes regiones de nuestro planeta.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario que cada país fortalezca su capacidad de análisis y planificación de su sistema energético, con el fin de asegurar un desarrollo económico sostenible y eficiente.

Un insumo imprescindible para los estudios de prospectiva y planificación energética son las estadísticas energéticas, que en combinación con información económica, social y de otros ámbitos, permiten analizar como las tendencias y la inercia del pasado puede afectar el desarrollo futuro del sector energético.

Otros elementos primordiales en el proceso de planificación son el Balance Energético Nacional, que presenta el panorama integro de los flujos energéticos en un período dado; y los indicadores que muestran las correlaciones que los flujos energéticos guardan entre sí y con variables económicas, demográficas, sociales, ambientales y de otra índole.

Ante la amplitud del tema que el estadígrafo o planificador integral del sector energético debe abordar, OLADE (Organización Latino Americana de energía) ha considerado necesario proporcionar a los países una guía actualizada de referencia, que facilite las tareas de recopilación administración, análisis y procesamiento de la información energética.

La guía está basada en la metodología de elaboración del balance energético en términos de energía final aplicada actualmente en el Sistema de Información Económica Energética (SIEE) y en el Sistema de Información Energética Nacional (SIEN).

OLADE y el VII Grupo de Asesores del SIEE en el año 1995, revisó y ajustó la metodología para la elaboración de balances energéticos que había sido formulada en 1980. Sin embargo, las matrices energéticas de muchos de los países de la región, se han ido diversificando durante los últimos años, hacia un mayor aprovechamiento de energías no convencionales con nuevas tecnologías, lo que hace necesario una revisión y ampliación de definiciones sobre este tema.

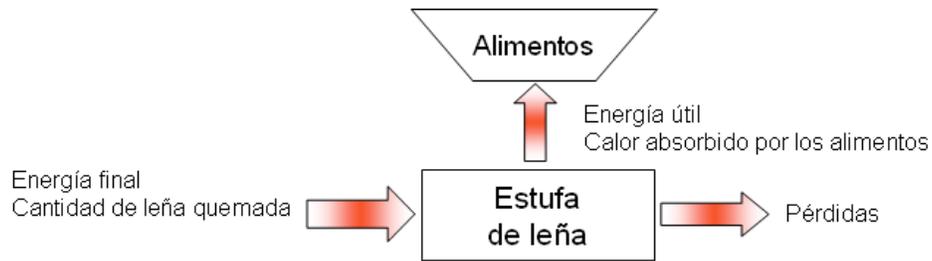
También se ha procurado armonizar en lo posible, las definiciones y la metodología, con otras agencias internacionales del ámbito energético, dada la participación de OLADE y sus Países Miembros en iniciativas mundiales de transparencia de información energética como el JODI (Joint Oil Data Initiative).

## **2.6 ENERGÍA FINAL**

Es la cantidad de fuente energética que se consume en cada uno de los sectores económicos y sociales del país, sin importar las eficiencias en los equipos o artefactos consumidores.

### **2.6.1 ENERGÍA ÚTIL**

Es la cantidad de energía realmente utilizada para cumplir la tarea productiva del equipo o aparato consumidor, a continuación se muestra en la figura 2.3 el diagrama de bloque de la energía útil.



**Figura 2.3: Energía final y energía útil.**  
**Fuente: Manual De Estadísticas Energéticas Olade 2011**

### 2.6.2 USOS FINALES.

Son las aplicaciones útiles de la energía que satisfacen necesidades específicas de una actividad productiva o iluminación, calefacción, refrigeración, aire acondicionado, cocción, calor de procesos, fuerza motriz, ondas electromagnéticas.

### 2.7 COSTOS DE LA ELECTRICIDAD

Es el precio de 1 kWh que paga un usuario de referencia en el sector residencial, comercial o industrial. Si el precio varía según la localidad o franja de consumo, se debe seleccionar la localidad y la franja según su representatividad en el consumo.

Preferiblemente se debe registrar el valor resultante de la relación entre el valor monetario y la cantidad de energía (kWh) facturado para cada sector económico. De esta manera se obtiene un precio que toma en consideración las diferentes tarifas y rangos de consumo.

Puede haber macro consumidores industriales que tienen procesos de electrólisis y disponen de tarifas de promoción muy inferiores al promedio. Hay que excluirlos así sean los mayores consumidores, ya que distorsionan la comparación con otros países.

### **2.7.1 PRECIOS PROMEDIO POR SECTOR ENERGÉTICO**

En nuestro caso trataremos de enfocar el sector eléctrico el cual presenta los siguientes promedios:

### **2.7.2 PRECIO PROMEDIO DE LA ELECTRICIDAD EN LATINO AMÉRICA**

Se registra el valor ponderado de la electricidad. Si en su país existe una tarificación por rangos de consumo, zonas geográficas, horas del día, estratos sociales, tipos de establecimientos, etc., debe efectuar el promedio ponderado de todas esas variables dividiendo la facturación total por el consumo total, para cada uno de los siguientes sectores:

#### **2.7.3 INDUSTRIA.**

Es el promedio ponderado de los precios de la electricidad vendida a los establecimientos industriales. Si hubiera industrias que tienen precios especiales, como electroquímicas, exclúyalas del promedio. Excluya también de los promedios los precios de los pequeños sistemas aislados cuyas ventas al sector industrial sean mínimas y poco conocidas. Incluya solo el precio de la energía y no el de la potencia.

#### **2.7.4 RESIDENCIAL.**

Es el promedio ponderado de los precios de la electricidad vendida a las viviendas (sector residencial). Excluya de los promedios los precios de los pequeños sistemas aislados cuyas

ventas al sector residencial sean mínimas comparadas con el resto, ya que por lo general tienen tarifas especiales.

### **2.7.5 COMERCIAL, SERVICIOS Y PÚBLICO.**

Es el promedio ponderado de los precios de la electricidad vendida a los establecimientos del sector. Excluya de los promedios los precios de los pequeños sistemas aislados cuyas ventas al sector comercial sean mínimas comparadas con el resto.

### **2.7.6 COSTOS DE GENERACIÓN A NIVEL NACIONAL SEGÚN CONELEC.**

En el siguiente cuadro podremos apreciar las cifras emitidas por el consejo nacional de electricidad con respecto a un análisis de costos de empresas distribuidoras, costo del servicio de distribución, participación en % del costo del servicio, de la generación y de la distribución.

El Conelec es la entidad que regula y supervisa todos los cambios en las tarifas, costos, consumos etc., por lo cual hemos revisado sus cifras emitidas con referencia al costo que impone cada distribuidora al usuario, a continuación podemos observar en la tabla 2.1.

EMPRESAS	PRECIO MEDIO	GENERACIÓN	TRANSMISIÓN	DISTRIBUCIÓN	GENERACIÓN	TRANSMISIÓN	DISTRIBUCIÓN
	¢USD/kWh	¢USD/kWh	¢USD/kWh	¢USD/kWh	%	%	%
AMBATO	9.353	4.653	0.534	4.166	49.18%	5.75%	45.06%
AZOGUES	9.882	4.653	0.534	4.696	46.48%	5.44%	48.08%
CNEL - BOLÍVAR	15.782	4.653	0.534	10.596	28.99%	3.39%	67.62%
ELÉCTRICA DE GUAYAQUIL	7.838	4.653	0.534	2.652	58.92%	6.89%	34.19%
CENTRO SUR	10.447	4.653	0.534	5.260	44.14%	5.16%	50.69%
COTOPAXI	9.022	4.653	0.534	3.835	51.02%	5.97%	43.01%
CNEL - EL ORO	9.319	4.653	0.534	4.133	49.42%	5.78%	44.80%
CNEL - GUAYAS-LOS RÍOS	9.258	4.653	0.534	4.071	49.79%	5.83%	44.39%
CNEL - ESMERALDAS	9.262	4.653	0.534	4.076	49.77%	5.82%	44.40%
CNEL - LOS RÍOS	9.265	4.653	0.534	4.078	49.76%	5.82%	44.42%
CNEL - MANABÍ	9.394	4.653	0.534	4.208	49.07%	5.74%	45.18%
CNEL - MILAGRO	9.093	4.653	0.534	3.907	50.72%	5.93%	43.35%
NORTE	10.443	4.653	0.534	5.256	43.98%	5.15%	50.87%
QUITO	8.399	4.653	0.534	3.212	54.85%	6.42%	38.74%
RIOBAMBA	10.987	4.653	0.534	5.800	41.80%	4.89%	53.31%
CNEL - SANTA ELENA	9.513	4.653	0.534	4.326	48.40%	5.66%	45.94%
CNEL - SANTO DOMINGO	9.483	4.653	0.534	4.296	48.52%	5.68%	45.81%
SUR	12.956	4.653	0.534	7.769	35.38%	4.14%	60.49%
CNEL - SUCUMBIOS	11.225	4.653	0.534	6.038	40.95%	4.79%	54.25%
GALAPAGOS	15.914	4.653	-	11.261	28.72%	0.00%	71.28%
<b>TOTAL</b>	<b>8.925</b>	<b>4.653</b>	<b>0.532</b>	<b>3.739</b>	<b>51.63%</b>	<b>6.03%</b>	<b>75.47%</b>

Tabla 2.1: Costos de generación a nivel nacional según Conelec.  
Fuente: <http://www.conelec.com>

## 2.8 IMPACTO AMBIENTAL

La producción, transformación y consumo de energía son fuentes importantes de contaminación ambiental y su comprensión y control constituyen un empeño permanente de los países como parte fundamental en la toma de decisiones y planificación del sector energético.

El SIEE y el SIEN, como sistemas integrados que suministran la más importante información del sector energético de los países miembros de OLADE, proporciona así mismo la cuantificación de las emisiones de contaminantes causadas por la producción, transformación y consumo de energía.

Para mantener los criterios de estandarización y comparabilidad de la información que se presenta en el SIEE y el SIEN, el procedimiento que se detalla a continuación, corresponde con las metodologías propuestas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC.

## **CAPÍTULO 3: MÁQUINAS ELÉCTRICAS.**

### **3.1 INTRODUCCIÓN:**

Como ya hemos visto en el capítulo anterior la energía tiene muchas formas y fuentes, en el presente estudio nos enfocaremos en la energía eléctrica y su utilización en sistemas de generación eléctrica, para lo cual desarrollaremos una investigación orientada a temas importantes como las máquinas eléctricas en particular los generadores, su desempeño, funcionamiento, diferencias entre el generador y el motor y la importancia de mantener bajo supervisión a este tipo de máquinas eléctricas.

Como ya hemos visto, la primera revolución industrial nacida en Inglaterra en el siglo XVIII había representado un enorme avance al reemplazar la utilización de la energía hidráulica durante las primeras décadas de ese siglo, por la energía térmica en las máquinas a vapor. El desarrollo industrial planteaba cada vez con más urgencia la disposición de energía en mayores cantidades, en forma más sencilla y suficiente en su utilización y de fácil transporte.

No será sino hasta fines del siglo XIX cuando las formas de producción y distribución de energía eléctrica posibiliten la segunda revolución industrial, que llevó a Alemania y a Estados Unidos a la hegemonía tecnológica mundial.

Han sido estas dos máquinas, los generadores y los motores eléctricos, los que han impactado profundamente en los cambios de las estructuras de la vida económica, social y cultural del ser humano. Hoy la energía eléctrica sigue siendo la más solicitada por ser la más fácil de

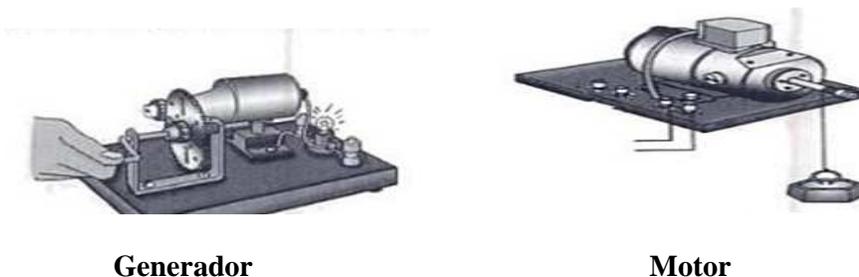
transformar en cualquier tipo de energía (mecánica, interna, lumínica), con el mínimo de pérdida como energía utilizable.

### 3.1.1 EN QUÉ CONSISTE CADA UNA DE ESTAS MÁQUINAS.

El generador de energía eléctrica es un dispositivo que permite transformar, cualquier tipo de energía en energía eléctrica. Es común llamar generador eléctrico a la maquina que transforma energía mecánica en eléctrica, mientras que un motor transforma energía eléctrica en energías mecánicas; ambas maquinas son de una estructura simple, compuesta de dos partes fundamentales; la parte fija llamada estator, y la parte móvil las cual rota es llamada rotor.

Cuando se trata de un generador, la parte móvil o rotor se hace girar aplicándole una fuerza externa, proporcionándole así energía mecánica de movimiento que se transforma en energía eléctrica. Se le entrega energía mecánica de movimiento, la cual se transforma en energía eléctrica en el estator. Por ejemplo, el dinamo de una bicicleta. En cambio cuando funciona

Como motor eléctrico, del estator proviene energía eléctrica, la que se transforma en energía rotacional, mecánica.



**Figura 3.1: Diferencia De Un Generador y Un Motor**  
**Fuente: Libro, Física de Miguel Núñez vol. 2**

Los generadores cambian la energía mecánica en energía eléctrica, en tanto que los motores cambian la energía eléctrica en energía mecánica; los generadores y motores eléctricos son muy parecidos, de hecho, están contruidos de la misma forma general, y ambos dependen de los mismos principios electromagnéticos para su operación.

Al primer principio se le llama ACCIÓN DEL GENERADOR y se le conoce también como INDUCCIÓN. El voltaje se puede inducir en el conductor que se encuentra, dentro de un campo magnético, esto sucede cuando el flujo magnético se corta por el conductor. En algunos casos se mueve el alambre, en otros se mueve el campo, y aun en otros ambos se mueven pero en distintas velocidades.

Este principio toma energía mecánica para producir el movimiento, este produce la electricidad por ser generada.

El segundo principio es llamado LA ACCIÓN DEL MOTOR, este es simplemente las fuerzas mecánicas entre imanes. Cuando dos imanes (o electroimanes) se aproximan uno a otro, uno es atraído o repelido con respecto al otro, algunos motores usan un imán permanente o electroimán, otros usan 2 electroimanes; de cualquier manera, la energía eléctrica crea al menos uno de los campos magnéticos, entonces, las fuerzas entre los dos campos magnéticos producen el movimiento.

## **3.2 EL GENERADOR ELÉCTRICO.**

La energía eléctrica se produce en los aparatos llamados generadores o alternadores si estos son de corriente alterna, en cambio reciben el nombre de dinamo en caso de ser de corriente continua.

### **3.2.1 LAS COMPONENTES DE UN GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA.**

Las principales componentes de un generador de corriente alterna, son las que se indican a continuación:

- ✓ ESTATOR
- ✓ ROTOR
- ✓ SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
- ✓ EXCITATRIZ
- ✓ CONMUTADOR

#### **3.2.1.1 ESTATOR.**

El estator es la parte fija del generador, además se la conoce con el nombre de inducido

Los elementos más importantes a considerar como parte de las componentes del estator de un generador de corriente alterna, son las siguientes:

- A. Componentes mecánicas.
- B. Sistema de conexión en estrella.
- C. Sistema de conexión en delta.

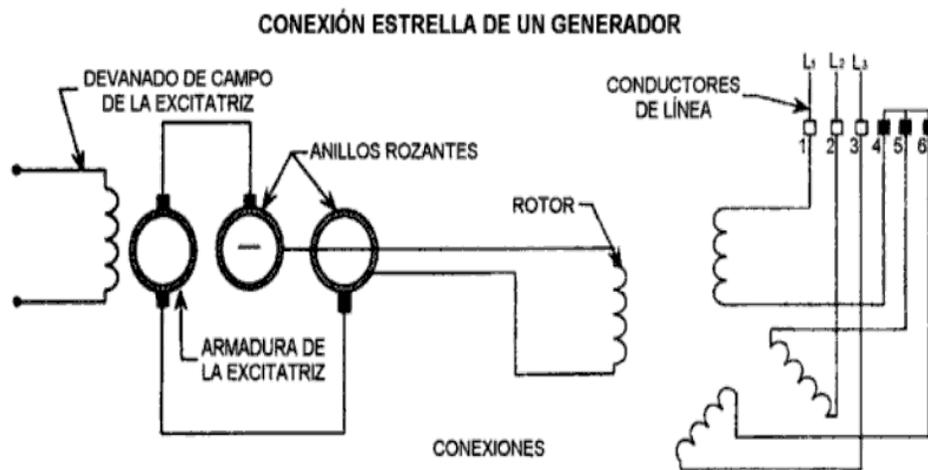
### A) Componentes mecánicos.

Las componentes mecánicas de un generador de corriente alterna son las siguientes:

1. Carcasa
2. Núcleo
3. Bobinas
4. Caja de terminales

### B) Sistema de conexión en estrella.

Los devanados del estator de un generador de corriente alterna están conectados generalmente en estrella, en la siguiente figura T1, T2, T3, representan las terminales de línea (al sistema) y T4, T5, T6, son las terminales que unidas forman el neutro.



**Figura 3.2: Generador conectado en estrella**

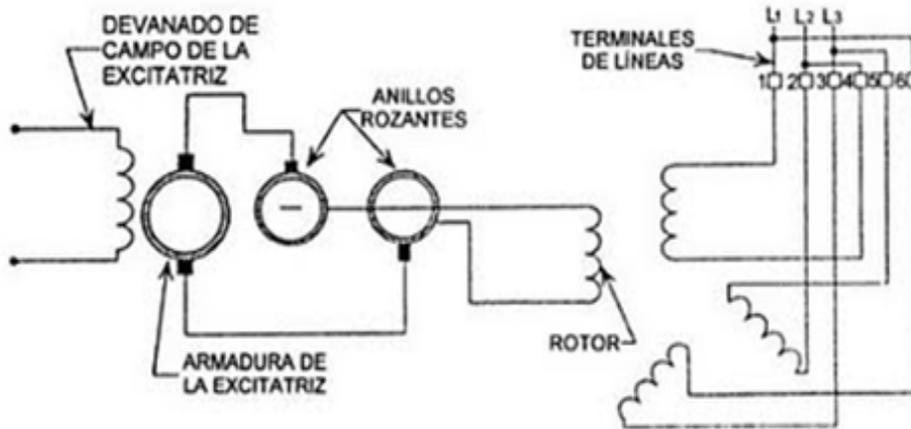
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

1, 2, 3 son las terminales de línea

4, 5, 6 se unen para formar el neutro

### C) Sistema de Conexión Delta.

La conexión delta se hace conectando las terminales 1 a 6, 2 a 4 y 3 a 5, las terminales de línea se conectan a 1, 2 y 3, con esta conexión se tiene con relación a la conexión estrella, un voltaje menor, pero en cambio se incrementa la corriente de línea.



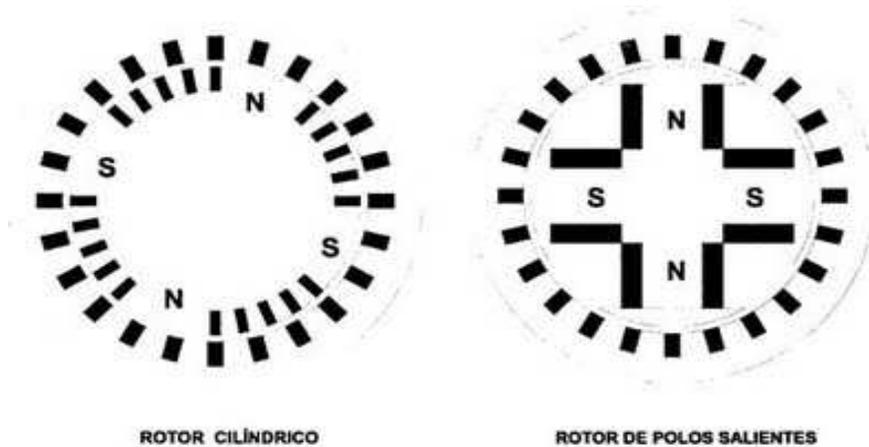
**Figura 3.3: Generador conectado en Delta**

**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

#### 3.2.1.2 EL ROTOR.

EL Para producir el campo magnético sobre el rotor se utilizan polos que consisten de paquetes de laminaciones de fierro magnético (para reducir las llamadas corrientes circulantes) con conductores de cobre arrollados alrededor del fierro, estos polos están excitados por una corriente directa. Los polos del rotor se arreglan por pares localizados o separados 180°. Desde

El punto de vista constructivo, los rotores se construyen del tipo polos salientes (baja velocidad) o rotor cilíndrico (alta velocidad).



**Figura 3.4: Tipos de Rotor**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

En el rotor se encuentran alojadas las bobinas del devanado de campo que inducen el voltaje en el devanado de armadura, en donde se encuentran las bobinas que determinan si el generador es monofásico o trifásico.

Un generador que tiene un voltaje de salida monofásico, se lo denomina generador monofásico. Este voltaje de salida se obtiene con un conjunto de bobinas de armadura en el estator, si se trata de un generador monofásico de dos polos; entonces, se dice que estos polos son Norte y Sur con conductores que son parte de los conductores de armadura continuos y que llenan las ranuras del estator. Las ranuras están separadas mecánicamente y eléctricamente por 180°, de modo que cuando el flujo proveniente del polo norte intercepta el lado A(1) del conductor, el flujo que retoma al polo sur intercepta al lado A(2) del conducto, obteniéndose como resultado la generación de un pico de voltaje entre A(1) y A(2). Cuando los polos norte y sur están

Perpendiculares con respecto al plano de los conductores A (1) y A (2), no hay líneas de Fuerzas que intercepten los conductores y entonces la diferencia de voltaje entre A (1) y A (2) es cero. Cuando el rotor completa una revolución (360°) se dice que ha completado un ciclo.

### 3.2.2 DEVANADOS Y CAMPOS EN EL GENERADOR

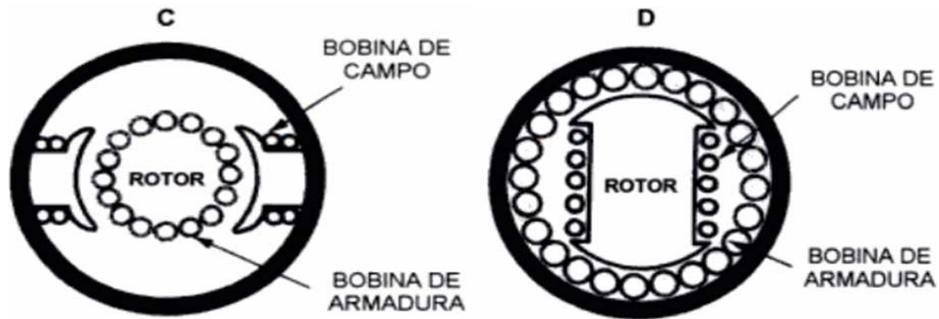
En la siguiente figura se muestran cuatro tipos de generadores, para generar electricidad se debe empezar con un campo magnético principal, entonces, este campo se debe cortar por un conductor, el campo principal se puede producir por un imán permanente que puede ser parte del estator, como se muestra en la figura a, o bien puede ser el rotor como se muestra en la figura b, el campo principal puede ser un campo electromagnético en lugar de un imán permanente, al bobina que lo produce se le llama EL DEVANADO DE CAMPO, o simplemente el campo.

El campo se puede devanar en el estator como se muestra en la figura c, o sobre el rotor, como se muestra en la figura d. los conductores en los que se induce la electricidad, forman el devanado de armadura esta sobre el rotor o parte giratoria sin embargo, en los generadores de corriente alterna para ciertas aplicaciones, el devanado de armadura está en la parte estacionaria (estator), a continuación se muestra en la figura 3.5. el lado A y el lado B



**Figura 3.5: Devanados y campos polarizados por el imán permanente.**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

El flujo del imán permanente es la suma del flujo de la suma de los conductores sobre el estator los conductores sobre el rotor; a continuación se muestra en la figura 3.6.



**Figura 3.6: Devanados y campos en las bobinas del generador.**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

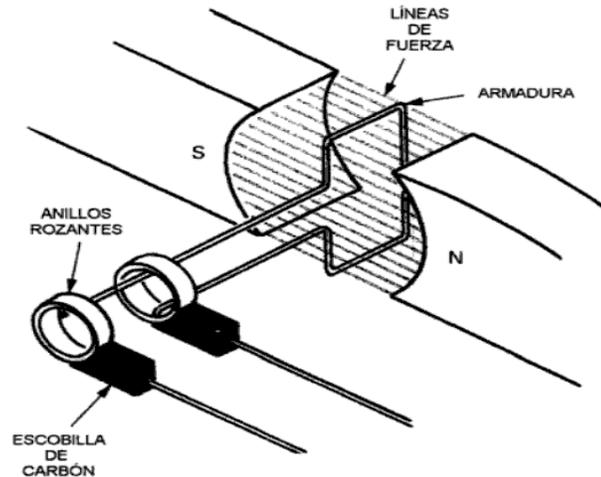
El flujo del electroimán es la suma a el flujo del electroimán es la suma a los conductores los conductores sobre el motor sobre el estator.

### **3.3 LA ELECTRICIDAD SE GENERA COMBINANDO LA SUMA DE MOVIMIENTOS DE LOS FLUJOS**

#### **3.3.1 LA FORMA COMO TRABAJAN LOS GENERADORES**

Para estudiar la forma en cómo convierten los generadores la energía mecánica en energía eléctrica se puede usar la siguiente figura, que representa un generador elemental, en donde el campo magnético principal viene de un par de imanes permanentes. Obsérvese que la cara del polo norte se encuentre en frente de la cara del polo sur. La forma curvada de los polos produce el campo más intenso. La bobina de la armadura esta devanada sobre el rotor, cada

extremo de esta bobina esta fijo a su propia banda metálica, estas bandas se llaman anillos rozantes y es donde aparece el voltaje generado.



**Figura 3.7: Anillos rozantes en la estructura del generador.**

**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

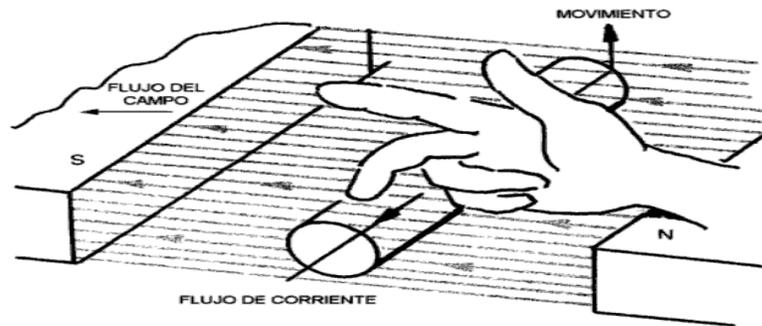
Para coleccionar el voltaje generado se debe tener una trayectoria eléctrica de los anillos rozantes a las terminales del generador, esto se hace con pequeñas piezas metálicas o de carbón llamadas escobillas, que se encuentran fuertemente fijadas a los anillos rodantes por medio de resortes, en la medida que la bobina gira los conductores cortan el campo magnético, esto produce el voltaje inducido en la bobina.

### **3.3.2 REGLA DE LA MANO DERECHA PARA LOS GENERADORES.**

Para determinar la polaridad de un generador se deben conocer primeramente dos direcciones:

- La dirección (norte a sur) del campo magnético
- La dirección en la cual el conductor se está moviendo y como corta al campo.

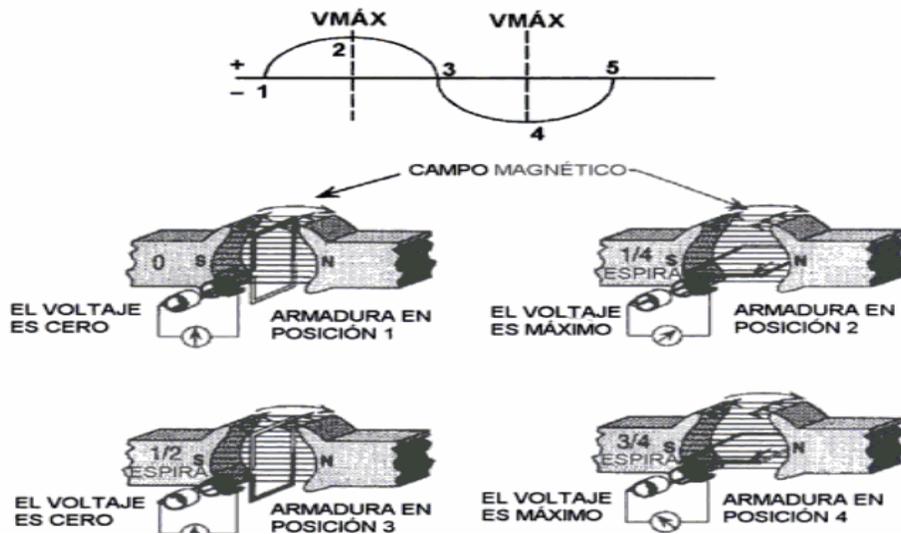
Siempre se pueden determinar las direcciones por medio del uso de la regla de la mano derecha, para los generadores. El dedo pulgar apunta hacia arriba, el dedo índice apunta hacia la izquierda, y el dedo medio hacia el cuerpo. El dedo índice indica la dirección del flujo magnético, el dedo pulgar apunta hacia la dirección donde se mueve el conductor, y el dedo medio indica la dirección del flujo de corriente.



**Figura 3.8: Regla de la mano derecha para los generadores**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

La operación básica de un generador de corriente alterna consiste en una espira de alambre que se encuentra libre para girar en un campo magnético como se ha indicado antes, a la espira de alambres se le llama armadura y al campo magnético se le llama campo, la armadura gira por un elemento llamado primotor, que dependiendo de la fuente primaria de energía, aplicación y uso, puede estar accionada por agua, vapor, turbinas de viento o motores a gasolina o diesel.

La espira del conductor se conecta a los anillos rozantes, que a través de las escobillas se conectan por conductores al exterior, en la medida que la armadura gira en el campo, se genera un voltaje que se conecta al exterior para alimentar un circuito al cual se conectan las cargas. Los generadores de corriente alterna se conocen también como alternadores



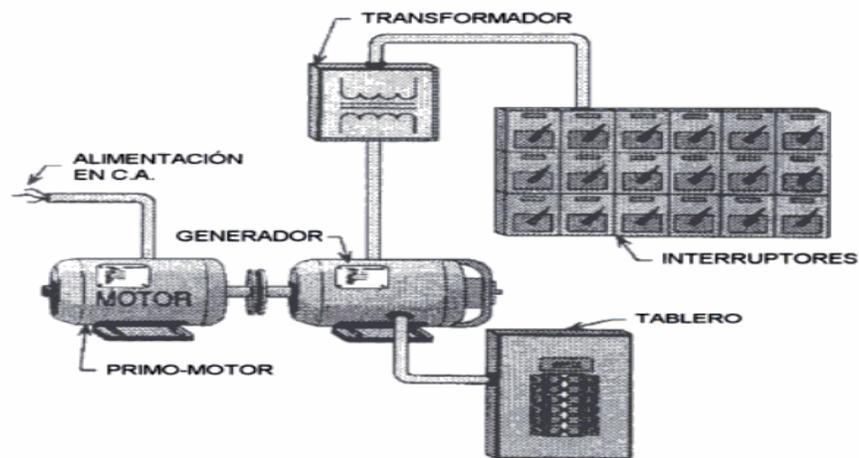
**Figura 3.9: Rotación completa a través del campo magnético**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

Cuando la armadura de un generador de corriente alterna hace una rotación completa a través del campo magnético, sucede lo siguiente:

- Cuando la armadura alcanza la posición 2, la espira (armadura) se mueve en forma perpendicular al campo magnético, por lo tanto, corta el máximo números de líneas por segundo.
- Cuando gira la armadura y pasa la posición 2, el voltaje cae cuando ya no está perpendicular al campo magnético.
- Al alcanzar la armadura la posición 3 su movimiento es paralelo al campo magnético y el voltaje de salida vuelve a ser cero.
- Cuando la armadura gira de la posición 3 a la posición 4, el voltaje vuelve a alcanzar el máximo valor.

- Cuando la armadura completa su rotación y pasa a la posición 4, el voltaje cae a cero otra vez.

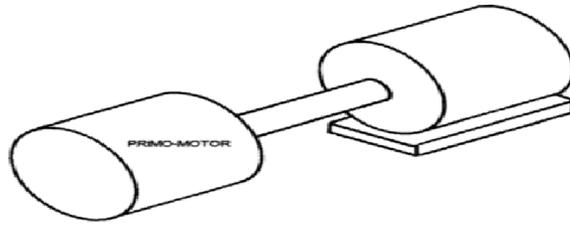
El voltaje generado se aplica a la carga externa alimentada a través de un transformador o tableros, como se muestra en la figura 3.10.



**Figura 3.10: Generador alimentando a la carga a través de un transformador**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

### 3.3.3 LA POTENCIA MECÁNICA.

Suponiendo que el primo - motor se acopla al rotor de un generador, si la fuerza de giro no es suficientemente grande, no gira el rotor, es decir, aun cuando se aplica un par, no hay potencia mecánica, para obtenerla se debe tener un movimiento. La potencia es la capacidad de usar energía, es decir que la potencia mecánica depende de la velocidad y del par.



**Figura 3.11: Primo- motor de un generador**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

En el sistema métrico de unidades, la potencia mecánica se mide en watts, (W) y la velocidad del rotor generalmente se mide en revoluciones por minuto, (rpm) esta es la velocidad que resulta del par, la ecuación para el cálculo de la potencia es:

$$P_m = \frac{N \times T}{9.55}$$

$P_m$  = Potencia mecánica en watts.

$N$  = Velocidad en revoluciones por minuto.

$T$  = Par en Newton – metro.

9.55 = Constante en el sistema métrico de medición.

Si se conoce la potencia y la velocidad el par se puede calcular de la ecuación:

$$T = \frac{9.55 \times P_m}{N}$$

En el sistema inglés de unidades, la potencia mecánica se mide en caballos de fuerza (HP) y se calcula con la expresión:

$$P_m = \frac{N \times T}{5252}, \quad 1 \text{ HP} = 746 \text{ watts}, \quad 1 \text{ watt} = 0.00134 \text{ HP}.$$

$P_m$  = Potencia mecánica en HP.

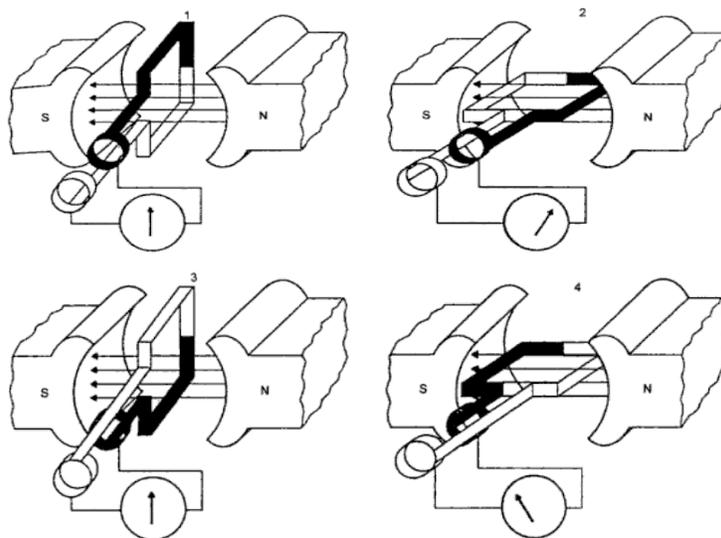
$N$  = Velocidad en revoluciones por minuto.

$T$  = Par en libras – pie.

5252 = Constante en el sistema ingles.

### 3.3.4 EL VOLTAJE INDUCIDO.

Como cada espira de la bobina de la armadura se mueve de una parte del campo a otra, eslabona un numero diferente de líneas de flujo, es este cambio en los eslabonamientos de flujo que induce un voltaje en el conductor, el voltaje mayor se induce en el instante en el que el cambio el más grande, esto es el instante en el que el conductor corta el campo en un ángulo recto. A continuación se muestra en la figura 3.12.

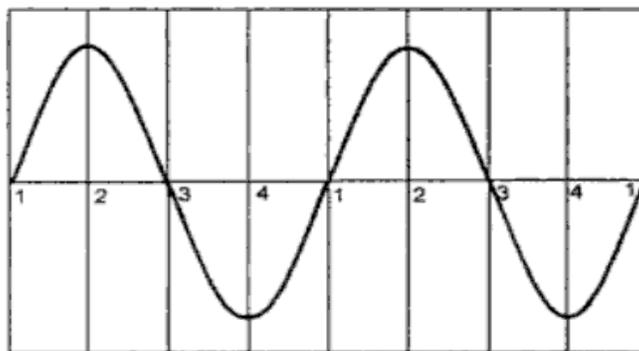


**Figura 3.12: posiciones del rotor mientras gira.**

**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

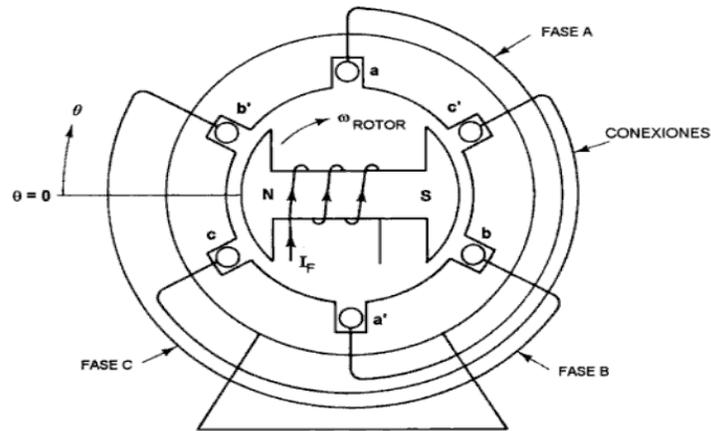
En la medida en la que el rotor gira en una velocidad constante, se induce una onda senoidal de voltaje, el valor de este voltaje depende de la velocidad del rotor, a mayor rapidez el voltaje es mayor.

El valor del voltaje, depende también de la intensidad del campo magnético, a mayor intensidad de campo, mayor voltaje inducido.



**Figura 3.13: Onda senoidal del Voltaje del generador (salida a.c).**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

Para un generador trifásico, se deben tener 3 bobinas de armadura que están desplazadas entre sí 120 grados, a cada una de las bobinas o grupos de bobinas se les denomina fase, de manera que se designan tres fases como: fase a , fase “b” y fase “c”.



**Figura 3.14: Bobinas de un generador trifásico (fases A, B, C)**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

La magnitud del voltaje en cada fase se calcula como:

$$E_{max} = B_m l w r \text{ (volts)}$$

Donde:

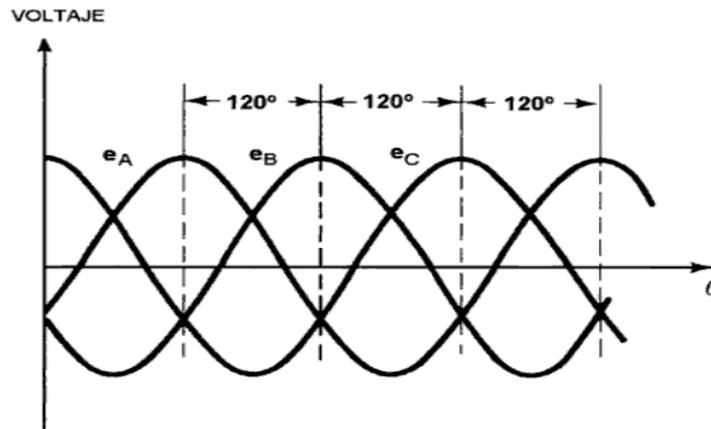
$B_m$  = densidad del flujo máximo producido por el campo del rotor, expresado en tesla.

$l$  = longitud de ambos lados de bobina en el campo magnético en mt.

$W$  = velocidad angular del rotor ( $=2\pi \times$  frecuencia rad/seg).

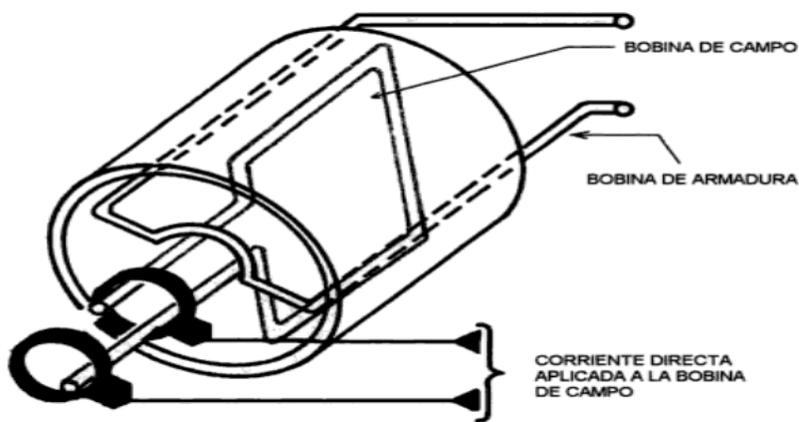
$R$  = radio de la armadura en mt.

Las ondas de voltaje obtenidas para cada fase se dan por los cambios en los eslabonamientos del flujo magnético, cuando el campo está directamente opuesto a la bobina se da el máximo cambio en los eslabonamientos del flujo, y el máximo voltaje inducido se da en ese instante.



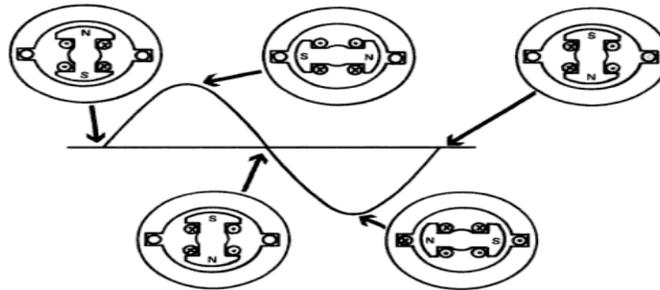
**Figura 3.15:** Formas de onda del voltaje en un transformador trifásico y grados en desfase.  
**Fuente:** El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.

Cuando se Eslabona un numero diferente de líneas de flujo, este cambio genera un voltaje inducido al conductor, el voltaje mayor se induce en el instante en el que cambio el más significativamente, esto es cuando el conductor corta el campo en un ángulo recto. A continuación se muestra en la figura 3.16 la bobina de campo, bobina de armadura y la corriente directa que se aplica en la bobina de campo.



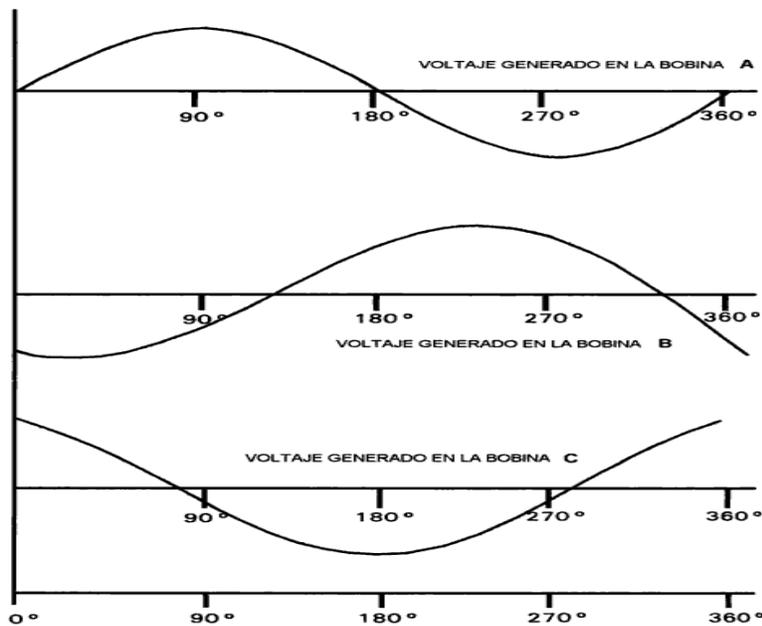
**Figura 3.16:** Los eslabonamientos de flujo cambiante y las bobinas que intervienen.  
**Fuente:** El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.

Cuando el movimiento mecánico del rotor cumple un ciclo giratorio en la salida de voltaje alterno obtendremos un ciclo completo en forma de onda senoidal.



**Figura 3.17: Un ciclo completo de un campo rotatorio de 2 polos.**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

En la siguiente figura podremos apreciar la onda que se obtiene de un generador de corriente alterna, en este caso trifásico. Note usted el desfase entre las ondas de las bobinas A, B, C (fases).



**Figura 3.18: Onda senoidal de la acción del generador.**  
**Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.**

### 3.3.5 LA FRECUENCIA DEL VOLTAJE GENERADO

La frecuencia del voltaje generado se mide en Hertz y es 2 veces el numero de revoluciones por segundo, considerando que el numero de polos es siempre par, y que una revolución del rotor produce dos ciclos de corriente alterna; la frecuencia del voltaje generado en Hertz es siempre igual a la velocidad en revoluciones por segundo por el numero de pares de polos”.

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{N}{60} = \frac{P \times N}{120} \text{ Hz}$$

Donde:

f = frecuencia generada en Hz.

N= velocidad del rotor en r.p.m.

P = numero de polos sobre el rotor.

### 3.4 LOS GENERADORES ELÉCTRICOS EN APLICACIONES INDUSTRIALES Y DE EMERGENCIA.

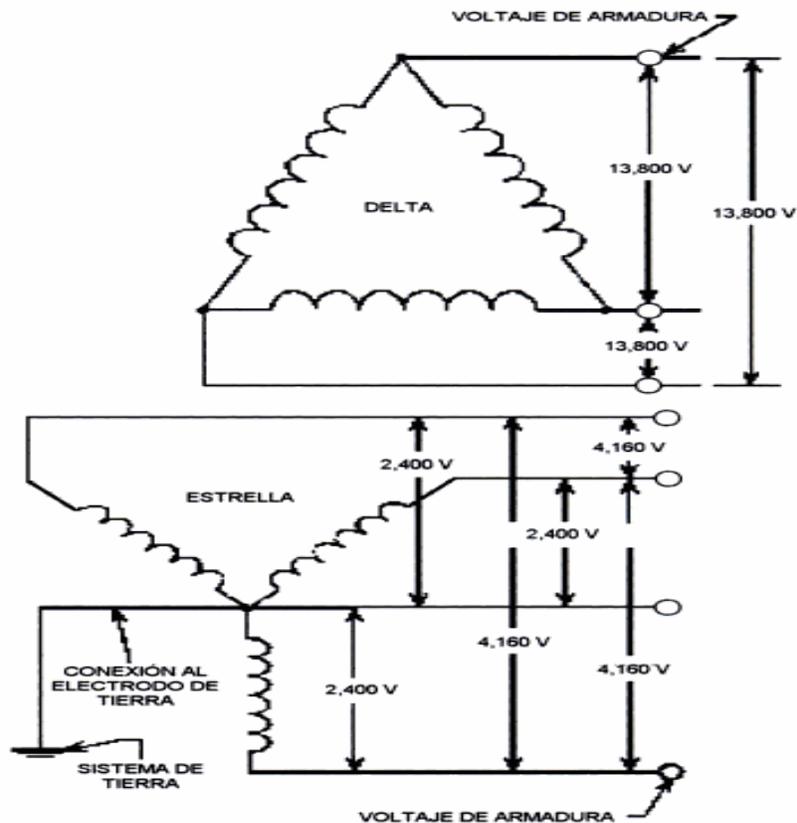
Para las plantas de emergencia, dependiendo de su tamaño, los generadores de corriente alterna (C.A.) se pueden construir monofásicos y trifásicos, accionados por motores a gasolina (hasta 100 Kw), motores a diesel (hasta 2000 Kw), o turbinas de gas (para potencias mayores de 500 Kw); dependiendo de su potencia o tamaño, pueden generar con los siguientes niveles de voltaje:

1) 600 voltios o menos - Monofásicos: 120 volts, 3 conductores, 120/240 volts, 3 fases; 240 volts, 3 conductores.

Trifásicos: 240 volts, 3 conductores; 120/208 volts, 4 conductores; 12/240 volts, 4 conductores; 480 volts, 3 fases; 600 volts, 3 fases.

2) Mayores de 600 voltios - Tres fases: 2,400 volts; 4,160 volts; 12,470 volts; 13,800 volts.

En la siguiente figura podremos apreciar un esquema de un generador eléctrico conectado como una planta de emergencia.



**Figura 3.19: Conexiones más usadas en los generadores de las plantas de emergencia**  
Fuente: El libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos.

En la siguiente figura podremos visualizar, un generador de corriente alterna, fabricado por la marca STEMAC, para su aplicación en la industria.



**Figura 3.20: Generador Industrial**  
**Fuente: <http://www.stemac.com>**

### **3.5 SUPERVISIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA.**

La energía eléctrica, con sus precios en constante aumento y una mayor sensibilidad frente a cuestiones medioambientales, son recursos cada vez más valiosos. Esto representa un desafío considerable para los sectores en donde incide de manera decisiva el manejo de un gran volumen de energía, la máxima disponibilidad y una reducción permanente de los costos: las industrias de procesos y las manufactureras, así como las construcciones para fines determinados; en estos sectores el tema ahorro de energía es cuestión permanente a tratar. Pero, ¿dónde hay que actuar? ¿Qué medidas son necesarias para aprovechar mejor el mayor potencial? Y una vez implementada la medida correspondiente, ¿cómo se reconoce y documenta su eficacia? En esta investigación plantearemos una alternativa de eficiencia al sistema de gestión de la energía eléctrica.

### 3.5.1 IMPORTANCIA DE LA SUPERVISIÓN EN LOS PROCESOS AUTOMATIZADOS.

La supervisión es una de las etapas fundamentales en todo proceso automatizado, debido a que en esta fase se verifican los resultados obtenidos y se los compara con los resultados deseados, siendo el punto en el cual se pueden aplicar medidas correctivas o preventivas según lo requiera el proceso que se esté ejecutando.

En la estructura piramidal del modelo national bureau of standards (NBS) encontraremos los siguientes niveles de control y gestión de la información.



**Figura 3.21: Nivel de control y gestión**  
**Fuente: Autores del documento**

\*NIVEL 0 / maquinas y sub procesos.

\*NIVEL 1 / controladores.

\*NIVEL 2 / supervisión & control.

\*NIVEL 3/ planificación.

\*NIVEL 4/ gestión empresarial.

En el nivel 2 está situada la supervisión, la cual es uno de los puntos en los cuales nos enfocamos en el presente proyecto.

En este nivel, bien por medios humanos o informáticos se realizan las siguientes tareas:

Adquisición y tratamiento de datos.

- Monitorización
- Gestión de alarmas y asistencias
- Mantenimiento preventivo y correctivo
- Programación a corto
- Control de calidad

Dependiendo de la filosofía de control de la empresa este nivel emite ordenes de ejecución al nivel 1 y recibe situaciones de estado de dicho nivel, igualmente recibe los programas de producción, calidad, mantenimiento etc. Del nivel 3 y realimenta dicho nivel con las incidencias (estado de órdenes de trabajo, situación de maquinas, estado de la obra en curso etc.) ocurridas en planta.

En los niveles más bajos de la pirámide CIM, se establecen una serie de restricciones características del entorno industrial. Por una parte los tiempos de respuesta de los dispositivos de control, han de ser cortos y de carácter determinista, por otra parte las perturbaciones clásicas del entorno industrial han de poder ser soportadas sin que ello

Afecte a la fiabilidad y disponibilidad de las instalaciones. Estas características se contemplan actualmente en las redes de área local de carácter industrial.

### **3.5.2 ALTERNATIVAS PARA LA SUPERVISIÓN DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS.**

Existen varias alternativas tecnológicas hoy en día que pueden direccionar al usuario de energía eléctrica a consumir responsablemente y además de forma eficiente.

Entre las principales variables para supervisar el consumo de energía eléctrica se encuentran:

La forma convencional que consiste en la toma de muestras por medio de un técnico u operador que utilizará un equipo de medición de variables eléctricas, el cual se realiza en un intervalo que se documenta y se archiva, realizándole todas las operaciones matemáticas que nos puedan dar resultados de :

- Tensión
- Frecuencia
- Intensidad
- Potencia
- Factor de potencia

Estas son las principales magnitudes a tomar en consideración al momento de realizar un análisis de consumo energético; además se toma en cuenta la instalación (fugas de corriente) u otros factores que pueden afectar la operatividad de la red eléctrica.

La segunda alternativa se basa en el principio de operación de los sistemas inteligentes automatizados los cuales monitorean constantemente en tiempo real y guardan la información de forma digital haciendo más eficiente la supervisión de sucesos inesperados o fortuitos.

### **3.5.2.1 SUPERVISIÓN SCADA.**

El mismo consiste en un sistema basado en computadoras que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, capaces de realizar las acciones de control en forma automática, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador. El flujo de la información en los sistemas SCADA es como se describe a continuación:

El fenómeno físico lo constituye la variable que deseamos medir. Dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo, potencia, intensidad de corriente, voltaje, etc. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica. Para ello, se utilizan los sensores o transductores.

Los sensores o transductores convierten las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada para ser entendida por la computadora digital. Para ello se utilizan acondicionadores de señal, cuya función es la de referenciar

Estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje. Además, aísla eléctricamente y filtra la señal con el objeto de proteger el sistema de transitorios y ruidos originados en el campo.

Una vez acondicionada la señal, la misma se convierte en un valor digital equivalente en el bloque de conversión de datos. Generalmente, esta función es llevada a cabo por un circuito de conversión analógico/digital. La computadora almacena esta información, la cual es utilizada para su análisis y para la toma de decisiones. Simultáneamente, se muestra la información al usuario del sistema, en tiempo real.

Basado en la información, el operador puede tomar la decisión de realizar una acción de control sobre el proceso.

El operador comanda a la computadora a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica. Esta señal eléctrica es procesada por una salida de control, el cual funciona como un acondicionador de señal, la cual la escala para manejar un dispositivo dado: Bobina de un relé, set-point de un controlador, etc.

### **3.5.2.2 NECESIDAD DE UN SISTEMA SCADA.**

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- a) El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.

- b) El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- c) La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- d) La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones del sistema, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
- e) Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse como aumento de los niveles de facturación, de los niveles de seguridad, etc.
- f) La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sea iniciada por un operador.

Caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

### 3.5.2.3 FUNCIONES BÁSICAS DEL SISTEMA SCADA

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

- a) Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.
  
- b) Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como: abrir o cerrar interruptores, transferir cargas, acoplar generadores al sistema, etc.
  
- c) Alertar al operador de cambios detectados en la sistema, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria del sistema (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
  
- d) Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fallas, etc.

### **3.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS.**

Una vez definido el alcance técnico del proyecto de automatización y control, cabe responder la siguiente pregunta: ¿Los beneficios esperados, justifican la inversión en el SCADA?.

Para dar respuesta a esta interrogante, deben ser identificados los beneficios que se obtendrían con la implantación de los sistemas, que se traducen en ingresos, así como sus costos asociados.

Es conveniente evaluar en forma independiente el sistema SCADA, para de esa manera de poder determinar la rentabilidad del sistema, lo que permitiría tomar decisiones más acertadas.

Para el caso donde se evalúa el sistema SCADA, entre los aspectos que se pueden considerar como beneficios y que se traducen en ingresos tenemos:

- Recuperación de energía no facturada
- Ahorros en penalizaciones por energía no servida
- Ahorros en sistemas de generación eléctrica no atendidas.

Con relación a los egresos, para el caso del análisis de sólo un sistema SCADA, se puede considerar los siguientes aspectos:

- SCADA: Instalación, operación y mantenimiento

- Telecomunicaciones: Instalación, operación y mantenimiento
- Instalaciones eléctricas, que corresponde a los trabajos de adecuación de un sistema de control integrado, para de tal manera de poder ser monitorear o supervisar con el sistema SCADA.

Obras civiles (para el caso del proyecto que se desea desarrollar no necesitamos obra civil ya que se trata de un dispositivo de adquisición de datos, portátil el cual se utilizará en las aulas del laboratorio de control y movimiento el cual ya ha sido adecuado para Control y supervisión de nuevos equipos eléctricos como lo son los generadores o motores).

### **3.7 DEMANDA PROMEDIO NO SERVIDA EN (KW) / FACTOR DE RECUPERACIÓN.**

El factor de recuperación dependerá del porcentaje de carga que se logra recuperar del circuito con cambio de topología e interconexión con otros circuitos vecinos ante la presencia de una falla. La cantidad de carga recuperada dependerá de las normas de seccionamiento aplicadas y del nivel de automatización de los circuitos de distribución.

Para el cálculo de la energía no servida recuperada (kWh), se determina el tiempo de respuesta (Tiempo de Reducción) del operador ante una falla de tal manera de aislar la falla y recuperar la mayor cantidad de carga posible del circuito. Posteriormente, se calcula la duración promedio de las fallas que se obtiene de dividir el tiempo total de interrupción (por mes) entre el número de fallas en el mes.

La energía no servida recuperada será igual a: Demanda recuperada (Kw) x T. de Reducción.

Donde la demanda recuperada corresponderá a los casos donde el tiempo de impacto (duración) de la falla es mayor al tiempo de reducción estimado.

En resumen, los ingresos asociados con el proyecto de automatización y control son los siguientes:

- ✓ Recuperación de energía no facturada
- ✓ Energía no servida recuperada (kWh) x tarifa promedio.
- ✓ Ahorros en penalizaciones
- ✓ Energía no servida recuperada (kWh) x tarifa penalización

### **3.8 BENEFICIOS DE LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA**

Entre los beneficios cuantitativos encontrados con la implantación del sistema SCADA pueden estar los siguientes:

- Restablecimiento más rápido del servicio.
- Aumento de la energía facturada.
- Disminución de costos en operación y mantenimiento.
- Disminución de pérdidas técnicas.
- Incremento de la calidad de suministro.

Mientras que, entre los beneficios cualitativos destacan los siguientes:

- Control global del sistema.
- Acceso a la información con una red corporativa.

- Acceso remoto.

### **3.8.1 BENEFICIOS OPERATIVOS.**

- Uniformidad y consistencia en los procedimientos de operación. Monitoreo gráfico.
- Disponibilidad inmediata de información. Bases de datos integradas. Posibilidad de análisis de fallas.
- Aumento de la seguridad para el personal
- Reajuste de las protecciones.
- Mayor aprovechamiento de la capacidad instalada
- Procesamiento de Eventos/Alarmas.

### **3.8.2 MANTENIMIENTO.**

- Reporte integrado de fallas.
- Sistema de información preventiva centralizado.

## **CAPÍTULO 4: FUNDAMENTOS PARA LA UTILIZACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN SENTRON PAC 3200.**

Como ya hemos visto en el capítulo anterior, los sistemas de monitoreo a distancia (SCADA) son muy efectivos en comparación con los convencionales para lo cual nos enfocamos en las ventajas de los mismos y en lo que nos puede ofrecer la tecnología hoy en día.

Entre las alternativas de monitoreo de la eficiencia de la energía eléctrica hemos encontrado una que cumple con las características deseadas para la implementación de un sistema de supervisión de un generador eléctrico, esto direccionado a la enseñanza en las aulas de la UCSG, Facultad Técnica para el Desarrollo; el mismo que tiene como propósito principal servir para prácticas estudiantiles de la materia Sistemas de Medición por lo que adecuaremos el uso de un multimedidor SENTRON PAC 3200 De Siemens para el uso didáctico en los ensayos o experimentos que los estudiantes deseen realizar con respecto a las magnitudes eléctricas que intervienen en el proceso de funcionamiento del generadores eléctricos.

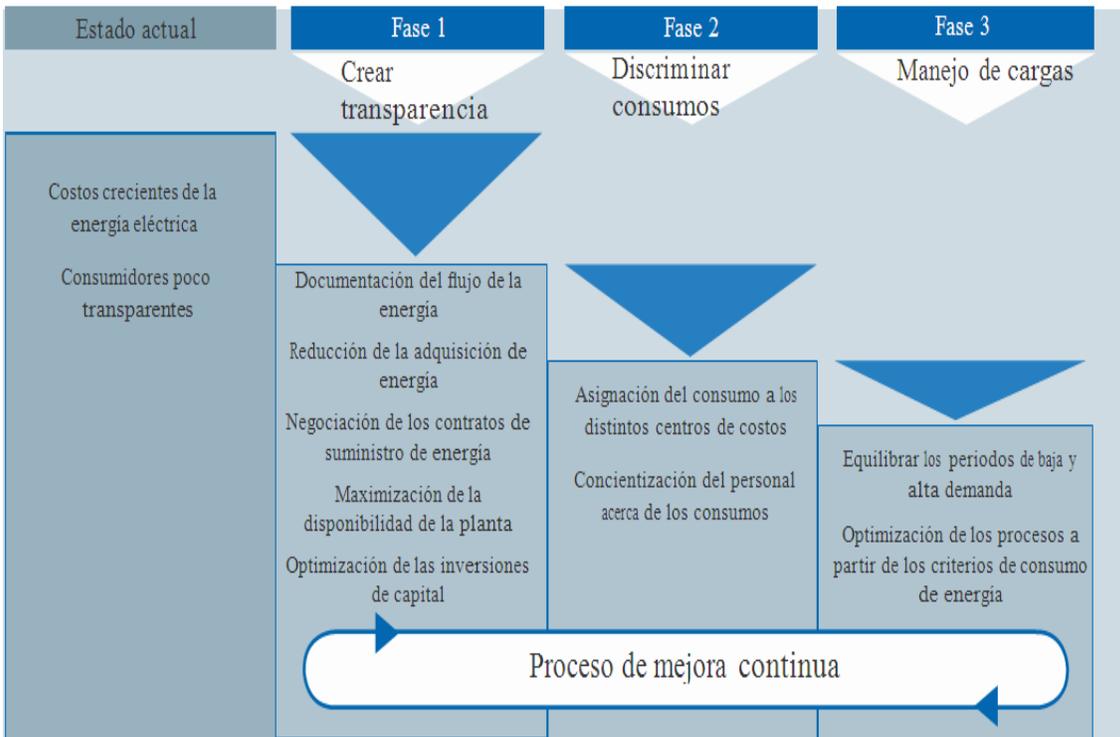
### **4.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

El sistema de gestión de la energía eléctrica Siemens le ofrece soluciones innovadoras para un uso optimizado de la energía que, con un potencial de ahorro de hasta un 20%, permitiendo reducir notablemente sus costos energéticos; este sistema global ofrece la máxima transparencia en el consumo y en la calidad de la energía, así como la seguridad de una distribución de la energía eléctrica con la mayor disponibilidad. La captación precisa de datos de los aparatos de maniobra, protección y medición como, por ejemplo, el multimedidor SENTRON PAC 3200, constituye la base); permite representar y evaluar con facilidad los

valores energéticos, con la asistencia de numerosas funciones. De esta manera no sólo obtendrá una representación transparente del consumo de energía sino también la asignación a la cuenta costeadora que origina el gasto y un manejo automático de las cargas. Ideal para las medidas de optimización de la gestión de energía eléctrica.

#### 4.1.1 LAS TRES FASES DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.

En el siguiente cuadro sinóptico se aprecia claramente los objetivos de implementar un sistema de eficiencia para la gestión energética (eléctrica).



**Figura 4.1: Eficiencia energética**  
Fuente: <http://www.siemens.com>

Con el sistema universal de gestión de la energía eléctrica de Siemens podremos optimizar en forma sencilla su presupuesto en materia energética y en tres fases reducir drásticamente los costos de la utilización obteniendo resultados importantes a cada paso.

En primer lugar se obtiene la base para mejorar su eficiencia energética: un registro constante de los datos le permite alcanzar la máxima transparencia en la circulación de la energía. La mayor claridad en los consumos también permitirá reconocer y aprovechar mejor los potenciales de ahorro de energía existentes.

En la segunda fase se presentan los datos de los consumos asignados a los consumidores. Esto le muestra dónde se consume qué cantidad de energía. Este conocimiento le permite incrementar la conciencia por los costos en las empresas en específico en los sistemas de generación eléctrica (generadores) con los que cuente la empresa. En el último paso podrá planificar y controlar perfectamente la carga energética para evitar con toda seguridad los costosos picos en el consumo y aprovechar al máximo los recursos no utilizados.

## **4.2 RESUMEN DE VENTAJAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.**

### **4.2.1 REDUCCIÓN DE LOS GASTOS DE EXPLOTACIÓN.**

Identificación de los equipos que consumen energía eléctrica en forma intensiva a fin de implementar medidas que mejoren la eficiencia energética.

Asistencia a los compradores de energía eléctrica suministrando perfiles de demanda históricos y modelos de consumos de energía eléctrica.

Optimización de los gastos de capital invertidos en los proyectos de ampliación de las instalaciones por medio de la localización de reservas ocultas en la distribución de energía eléctrica.

La asignación exacta de los consumos a las cuentas costeadoras mejora la conciencia por los costos en las diferentes secciones.

La limitación de los picos de carga permite obtener una reducción en el precio por potencia consumida cuando se negocian los contratos de suministro de energía eléctrica.

Se eliminan los costos adicionales que implica el manejo de las cargas.

#### **4.2.2 AUMENTANDO LA DISPONIBILIDAD DE LAS INSTALACIONES.**

El reconocimiento inmediato y automático de condiciones críticas (por ejemplo, protocolos de alarmas y eventos) permite incrementar las horas de operación.

La detección temprana de los límites de capacidad de la distribución de energía eléctrica evita problemas de sobrecargas.

La supervisión y el análisis continuos aseguran la calidad de la energía eléctrica.

El análisis del uso de los componentes de la distribución de la energía eléctrica permite optimizar los costos del mantenimiento.

### **4.3 MÉTODO CONVENCIONAL QUE UTILIZAN LOS FABRICANTES DE GENERADORES PARA PRUEBAS DE AISLAMIENTO.**

Los generadores eléctricos son equipos muy importantes en la industria, existen muchas marcas en la actualidad, sin embargo detallaremos algunos aspectos importantes que los fabricantes recomiendan durante el funcionamiento de muchos de ellos.

Para el fabricante de generadores eléctricos marca Stemac, el cual tiene 50 años en el mercado internacional, es necesario que durante el proceso de generación eléctrica o funcionamiento del generador se tomen en cuenta varios aspectos de carácter eléctrico entre los cuales están:

Tensión: Valor nominal.

Frecuencia: 60 Hz +/- 1.5 Hz.

Corriente eléctrica: La corriente máxima indicada en la placa de identificación del equipo es válida solamente para cargas con factor de potencia 0,8 la corriente será menos, variando de acuerdo a la razón  $0,8/\text{fp}$  de potencia real.

Esta limitación es impuesta por la potencia del motor a diesel, responsable por el accionamiento de la carga activa (Kw).

Además de esto se debe tomar en cuenta la resistencia de aislamiento, antes de encender el generador con un largo periodo parado, se debe medir la resistencia de aislamiento de los arrollamientos a la carcasa y entre los mismos.

Para la medida se utiliza un megóhmetro, en este caso de magneto de 500 voltios del tipo megger. El valor mínimo de la resistencia de aislamiento a 40 grados centígrados se suele calcular con la siguiente formula. **(Disponible en: [http:// www.stemac.com](http://www.stemac.com))**

$$R_i = \frac{1 + \text{tensión nominal}}{1000} = \text{M}\Omega$$

Con la operación matemática anterior se calcula por lo general el aislamiento en los generadores eléctricos, sin embargo detallaremos a continuación dos puntos en los cuales se hace referencia del arrollamiento del motor con respecto a la humedad y los métodos para conseguir el secado del mismo.

Resistencia de aislamiento en Mega ohmios (unidad de resistencia, Millón ohm), de acuerdo a la temperatura. (Tabla 4.1).

Si este valor no fuera alcanzado, durante la medida significa, que el generador ha absorbido en su arrollamiento humedad durante el almacenaje; Cuando la resistencia de aislamiento estuviera baja, indican que los arrollamientos están húmedos, se debe proceder a un secado, que puede ser hecho en estufas, a una temperatura de 100 grados centígrados, o poniéndose en corto circuito los terminales del alternador, haciéndolo funcionar en corriente nominal. Para el ultimo método se aconseja tener mucho cuidado con el control de la temperatura del generador. **(Disponible en [http:// www.stemac.com](http://www.stemac.com)).**

En la tabla 4.1 se muestra la relación entre temperatura y tensión para aplicación del método de secado mediante corto circuito.

TEMPERATURA	220V	380V	440V
5°C	47	82	95
15°C	22	38	44
25°C	10	17	20
35°C	5	8.5	10
45°C	2.2	3.8	4.4
55°C	1	1.7	2
65°C	0.5	0.8	1
75°C	0.2	0.7	0.5
85°C	0.1	0.17	0.2

**Tabla 4.1: Relación de temperatura y tensión.**  
**Fuente: Documento, Manual Técnico y de Mantenimiento de Generadores Stamac.**

#### **4.3.1 MEDICIÓN DE ENERGÍA ABARCADORA Y PRECISA.**

El multimedidor SENTRON PAC 3200 mide energía activa, reactiva y aparente de manera muy flexible, así los valores de energía podrán determinarse tanto para la tarifa alta como para la baja. Además, el instrumento SENTRON PAC 3200 posibilita el registro de los valores medios de la potencia activa y reactiva en un periodo de medición. Luego, estos valores podrán procesarse, por ejemplo, en un sistema de gestión de la energía eléctrica para obtener la evolución de la(s) carga(s).

#### **4.4 COMUNICACIÓN PROFIBUS.**

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

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

#### **4.4.1 PROFIBUS DP.**

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

#### **4.4.2 CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL PROTOCOLO PROFIBUS APLICADO A LA AUTOMATIZACIÓN.**

Dentro de las ventajas que nos ofrece el bus de campo profibus tenemos que mencionar las siguientes:

Profibus es un sistema de bus potente, abierto y robusto que brinda una comunicación sin perturbaciones.

Es un sistema completamente normalizado que permite conectar de forma sencilla componentes normalizados de diferentes fabricantes.

La configuración, la puesta en marcha y la búsqueda de averías se pueden realizar desde cualquier punto. En consecuencia, las relaciones de comunicación libremente definibles son muy flexibles y fáciles de aplicar en la práctica y de modificar.

Seguridad para las inversiones gracias a desarrollos y perfeccionamientos compatibles.

Componentes de red para el uso en entorno industrial rudo.

Conexión y puesta en marcha rápida a pie de máquina mediante el sistema de cableado FastConnect.

Vigilancia permanente de los componentes de red por esquema de señalización sencillo y eficaz.

Alto grado de protección de la inversión; las instalaciones existentes se pueden ampliar sin efectos negativos.

Alta disponibilidad gracias a la redundancia en anillo con el componente de red activo OLM.

Alta seguridad de servicio y disponibilidad de las instalaciones mediante diferentes posibilidades de diagnóstico. Comunicación de seguridad con PROFISAFE.

## **4.5 FUNCIONES DE COMUNICACIÓN.**

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

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

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

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

## **4.6 ASPECTOS DESTACADOS DEL MULTIMEDIDOR SENTRON PAC 3200.**

### **4.6.1 AMPLIO CAMPO DE APLICACIONES GRACIAS A SU GRAN GAMA DE FUNCIONES Y PRESTACIONES.**

Entre las aplicaciones que se le pueden dar al multimedidor mencionaremos las más destacadas.

- ✓ Conexión directa a redes industriales con tensiones de hasta 690 V, CAT III.
- ✓ Es posible realizar mediciones a través de transformadores de tensión.
- ✓ Conexión a transformadores de intensidad x/1 A ó x/5 A.
- ✓ Uso en instalaciones que requieren aprobaciones UL / CSA.
- ✓ Utilización en condiciones ambientales extremas: protegido contra polvo y chorros de agua (IP 65) por medio de una junta de goma incorporada.

#### **4.6.2 CONSTRUCCIÓN COMPACTA.**

Con sus dimensiones de 96 x 96 x 56 mm (A x h x P) y profundidad de montaje de 51 mm ó 73 mm con el módulo de ampliación, sólo requiere un espacio muy reducido.

#### **4.7 CARACTERÍSTICAS DEL MULTIMEDIDOR SENTRON PAC 3200.**

El SENTRON PAC 3200 es un multímetro tipo central de medida para la visualización de todos los parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión. Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema TN, TT e IT de dos, tres o cuatro conductores.

Gracias a su diseño compacto en formato 96 x 96 mm representa un sustituto ideal para los instrumentos analógicos convencionales, y a su amplio rango de tensión medida, el SENTRON PAC 3200 con fuente de alimentación multirango puede conectarse directamente a cualquier red de baja tensión con una tensión nominal de hasta 690 V (máx. 600 V para UL). Para la variante con fuente de alimentación de muy baja tensión está permitida la conexión directa a redes de hasta 500 V.

Pueden medirse tensiones superiores si se usan transformadores de tensión. Para la medida de corrientes se pueden utilizar transformadores de corriente x/1 A o x/5 A.

La gran pantalla gráfica de cristal líquido permite la lectura incluso a grandes distancias.

El SENTRON PAC 3200 dispone de una retro iluminación regulable para garantizar una lectura óptima incluso en condiciones lumínicas desfavorables.

Ofrece un manejo intuitivo para el usuario gracias a cuatro teclas de función, e información multilingüe en texto claro. Adicionalmente, el usuario experimentado dispone de una navegación directa, la cual permite realizar una selección rápida del menú deseado.

El SENTRON PAC 3200 dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de tarifa doble de energía activa y reactiva,

Un contador universal y un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio de consumidores conectados.

Para la comunicación se puede utilizar la interfaz Ethernet integrada o un módulo de interfaz opcional.

Además, el SENTRON PAC 3200 dispone de una entrada y una salida digitales multifuncionales. La parametrización puede realizarse directamente en el dispositivo o a través de una interfaz de comunicación.

#### **4.7.1 MEDICIÓN CON EL MULTIMEDIDOR SENTRON PAC 3200**

Obtención de más de 50 magnitudes medidas a partir de las magnitudes básicas con valores máximos y mínimos (función de indicador de arrastre), así como valores medios para tensiones simples y compuestas y corrientes. Además de los valores medios se muestran también sus correspondientes mínimos y máximos.

Dotado de fuente de alimentación multirango, el SENTRON PAC 3200 puede conectarse directamente a redes industriales de 690 V (máx. 600 V para UL) (categoría de medición III, grado de ensuciamiento 2). Mayores tensiones si se usan transformadores de tensión.

Equipado con fuente de alimentación de muy baja tensión, el SENTRON PAC 3200 puede conectarse directamente a redes de hasta 500 V.

Para transformadores de corriente  $\times/1$  A y  $\times/5$  A. Relación del transformador y sentido de corriente programables.

Alta precisión de medida 0,5% del valor medido para energía. Contadores y valores medios (demanda) de potencia.

Un total de 10 contadores de energía totalizan la energía activa, reactiva y aparente para tarifas bajas y altas, energía importada y exportada.

Determinación y memorización del último valor medio del periodo de demanda de la potencia activa y reactiva, para la generación sencilla de perfiles de carga mediante software. Periodo de demanda programable de 1 a 60 minutos.

Contador universal configurable para contar violaciones de límites, modificaciones de estado en la entrada o salida digital, o para visualizar la energía activa o reactiva entregada vía generador de impulsos.

#### **4.7.2 FUNCIONES DE MONITOREO.**

Monitoreo de 6 valores límite. Se pueden vincular lógicamente los valores límite mediante operadores lógicos Y / O. Un operador O permite generar un aviso agrupado que indicará la violación de al menos un límite.

- Monitoreo del sentido de giro.
- Monitoreo del estado de la entrada digital.
- Monitoreo del estado de servicio del SENTRON PAC 3200.

#### **4.7.3 VISUALIZACIÓN Y MANEJO.**

Gran pantalla gráfica retro iluminada de cristal líquido para una lectura óptima incluso a grandes distancias.

- Parametrización y manejo a través de menús en pantalla en texto claro.
- Selección de idioma para la visualización de menús y textos en pantalla.
- Identificadores de fases seleccionables (L1, L2, L3  $\Leftrightarrow$  a, b, c).

#### **4.7.4 ALIMENTACIÓN.**

La fuente de alimentación es multirrango AC/DC: Alimentación con 95 a 240 V AC  $\pm 10\%$ /50/60 Hz ó 110 a 340 V DC  $\pm 10\%$ .

La fuente de alimentación DC de muy baja tensión: Alimentación con 24 V, 48 V y 60 V DC  $\pm 10\%$  ó 22 a 65 V DC  $\pm 10\%$ .

#### **4.7.5 FORMATO DE INSTALACIÓN**

El formato de instalación en el cuadro/tablero 96 x 96 mm; tan sólo 51 mm de profundidad sin módulo de ampliación; 73 mm de profundidad con módulo de alimentación. El conector de interfaz se enchufa lateralmente en el módulo de ampliación, por lo que no incrementa la profundidad de montaje.

#### **4.7.6 INTERFAZ**

Interfaz Ethernet integrada.

Ampliable con módulo opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP).

Ampliable con módulo opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC RS485).

#### **4.7.7 ENTRADA Y SALIDA**

Dentro de las entradas y salidas digitales tenemos las siguientes opciones:

La entrada digital multifuncional para cambio de tarifa, sincronización del periodo de demanda, control de estado o totalización de impulsos de energía entregados por otros dispositivos; en cuanto a la Salida digital multifuncional, programable a modo de salida de impulsos de energía activa o reactiva, tenemos la opción de indicación del sentido de giro, visualización del estado operativo del SENTRON PAC 3200, para indicación de violaciones de límites o como salida lógica para telecontrol vía PC.

#### **4.7.8 MEDICIÓN DE CORRIENTE**

Tenemos la Corriente de medición de 1A o 5A para la conexión de transformadores de corriente estándar. Cada entrada de medición de corriente puede soportar permanentemente 10 A (máx. 300 V). Sobrecarga de choque soportable para corrientes de hasta 100 A y 1 s de duración.

#### **4.7.9 MEDICIÓN DE TENSIÓN.**

La Medición se puede realizar, directa o a través de transformador de tensión. Las entradas voltimétricas del dispositivo miden directamente a través de impedancias de protección. Para medir tensiones superiores a las nominales de entrada admisibles es necesario utilizar transformadores de tensión externos.

Tensión medida hasta 400 V/690 V (máx. 347 V / 600 V para UL) con fuente de alimentación multirango. El dispositivo está diseñado para soportar tensiones de entrada de hasta 400 V respecto al neutro y 690 V entre fases; la tensión medida es hasta 289 V/500 V con fuente de alimentación de muy baja tensión.

El dispositivo está diseñado para soportar tensiones de entrada de hasta 289 V respecto al neutro y 500 V entre fases.

#### 4.8 TIPOS DE CONEXIÓN

Hay 5 tipos de conexiones previstas para la conexión a redes de dos, tres o cuatro conductores con carga balanceada (simétrica) o desbalanceada (asimétrica).

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

**Tabla 4.2: Tipos de conexiones previstas**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

La forma de conexión en las entradas del aparato debe corresponderse con uno de los tipos de conexión anteriormente descritos. Elija el tipo de conexión que se ajuste a la finalidad de uso; para la puesta en servicio debe indicar la abreviatura del tipo de conexión en los parámetros ajustables del dispositivo.

#### 4.8.1 INDICADOR DE SOBRECARGA.

Las sobrecargas de tensión o corriente se muestran en la pantalla como podremos apreciar en la figura 4.2, note usted que aparecerá una alerta grafica indicando corriente fuera de rango.



**Figura 4.2: Indicador de sobrecarga**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

#### 4.8.2 LÍMITE INFERIOR DE MEDICIÓN DE CORRIENTE.

El límite inferior de medición de corriente se puede ajustar a través de la interfaz en un rango entre 0% y 10% del fondo de escala del rango (valor por defecto 0,0 %). Las corrientes comprendidas dentro de este rango se visualizan en pantalla con el valor "0" (cero).

#### 4.8.3 SENTIDO DE CORRIENTE.

El sentido de circulación de la corriente puede cambiarse en el dispositivo o vía la interfaz conjuntamente para todas las fases. De esta forma, en caso de conexión equivocada no es necesario permutar posteriormente las conexiones del transformador de corriente.

#### 4.8.4 VISUALIZACIÓN DE MAGNITUDES MEDIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CONEXIÓN.

El alcance total de las magnitudes medidas representables está limitado por el tipo de conexión del dispositivo.

Las magnitudes medidas no representables a causa del tipo de conexión se muestran en la pantalla mediante una raya "----".

En la siguiente figura podremos apreciar el voltaje medido entre fase y fase.



**Figura 4.3: Visualización de la tensión medida para el tipo de conexión 3P4W**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

En la siguiente imagen se muestra la línea segmentada que aparece cuando no se pueden mostrar las magnitudes medidas no representables a causa del tipo de conexión.



**Figura 4.4: Visualización de la tensión medida con el tipo de conexión 1P2W**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

La siguiente tabla, "Visualización de magnitudes medidas en función del tipo de conexión" tenemos las opciones habilitadas en cuanto a gráficos en el display de magnitudes.

Tipo de conexión	3P4W	3P3W	3P4WB	3P3WB	1P2W
Magnitud medida					
Tensión L1-N	✓		✓		✓
Tensión L2-N	✓				
Tensión L3-N	✓				
Tensión media L1-N, L2-N, L3-N	✓				
Tensión L1-2	✓	✓		✓	
Tensión L2-3	✓	✓		✓	
Tensión L3-1	✓	✓		✓	
Tensión media L1-2, L2-3, L3-1	✓	✓		✓	
Corriente L1	✓	✓	✓	✓	✓
Corriente L2	✓	✓			
Corriente L3	✓	✓			

**Tabla 4.3: Visualización de magnitudes medidas en función del tipo de conexión**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

#### **4.8.5 VALORES MEDIOS (DEMANDA) DE POTENCIA Y CONTADORES.**

Totalización de los valores medios (demandas) de potencia Valores legibles. El SENTRON PAC 3200 suministra los valores medios de potencia del último periodo de demanda finalizado:

- Valores medios de potencia activa y potencia reactiva, importada y exportada.
- Valor mínimo y máximo durante el periodo.
- Extensión del periodo de demanda en segundos. El periodo puede resultar más corto en caso de sincronización externa.
- Tiempo en segundos desde la última sincronización o desde la conclusión del último periodo.

#### **4.8.6 CONTADORES DE ENERGÍA**

El SENTRON PAC 3200 dispone de contadores de energía para tarifa baja y alta de los siguientes tipos de energía (en total 10 contadores):

- Energía activa importada
- Energía activa exportada
- Energía reactiva positiva
- Energía reactiva negativa
- Energía aparente

#### **4.8.6.1 CONTADOR UNIVERSAL CONFIGURABLE.**

La unidad SENTRON PAC 3200 dispone de un contador configurable.

Permite contar, a elección:

- Impulsos a través de la entrada digital para kWh/kvarh
- Cambios de estado en la entrada digital (únicamente flanco creciente)
- Cambios de estado en la salida digital (únicamente flanco creciente)
- Violaciones de límite

#### **4.8.6.2 CONTADOR DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO**

El contador de horas de funcionamiento vigila el tiempo de servicio de un consumidor conectado. (Sólo cuenta para totalización de energía).

#### **4.8.7 TARIFAS**

El SENTRON PAC 3200 admite 2 tarifas para contadores de energía integrados (tarifa alta y baja).

##### **4.8.7.1 CONTROL DEL CAMBIO DE TARIFA**

El cambio de tarifa (tarifa alta/baja) se puede controlar a través de la entrada digital o las interfaces de comunicación.

Una conmutación en función de la hora únicamente puede realizarse mediante un sistema de rango superior. El SENTRON PAC 3200 no dispone de reloj propio.

#### **4.8.7.2 CAMBIO DE TARIFA TRAS LA SINCRONIZACIÓN**

En la sincronización de los valores medios (demanda) de potencia a través de una de las interfaces de comunicación o la entrada digital, el cambio de tarifa es efectivo una vez concluido el periodo. Sin la sincronización, el cambio de tarifa es efectivo inmediatamente.

El telegrama de sincronización contiene la duración del periodo de demanda en minutos.

El comando de sincronización no se tiene en cuenta si junto con el telegrama de sincronización se envía al dispositivo una duración de periodo distinta a la configurada en el dispositivo.

#### **4.9 LÍMITES**

El SENTRON PAC 3200 dispone de una función para monitorear hasta 6 límites. Es posible monitorear violaciones de límites superiores e inferiores. Se pueden programar determinadas acciones en caso de violación de los límites.

Adicionalmente, los límites pueden vincularse entre sí mediante una función lógica. El resultado lógico puede utilizarse, al igual que los distintos límites, para provocar determinadas acciones.

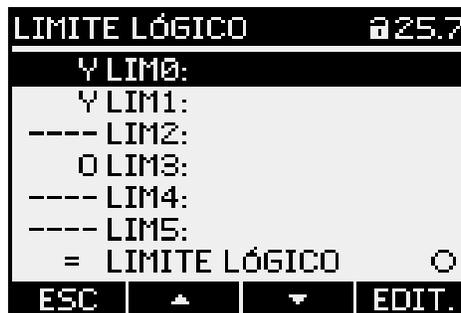
Las violaciones de los límites se muestran en la pantalla.

#### 4.9.1 DEFINICIÓN DE LÍMITES

Para definir la violación de límites se precisan los siguientes datos para cada uno de los seis límites:

- Monitoreo de límite activado/desactivado
- Magnitud monitoreada
- Violación de límite superior o inferior
- Límite
- Retardo
- Histéresis

Vinculación lógica de límites:



**Figura 4.5: Parámetro ajustable "límite lógico"**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

Operadores disponibles:

Y

O

El comodín "----" significa: este límite no está vinculado lógicamente a otro.

La lógica vincula los límites 0 a 5 de la siguiente manera:

(opLIM0 LIM0 opLIM1 LIM1) opLIM2 LIM2) opLIM3 LIM3) opLIM4 LIM4)  
opLIM5 LIM5).

LIM0.- Significa límite 0

LIM1.- Significa límite 1

LIMx.- Significa límite x

“op” Aparece en la fórmula para el operador lógico Y/O.

Los paréntesis en la fórmula indican que la regla de prioridad Y/O no es válida.

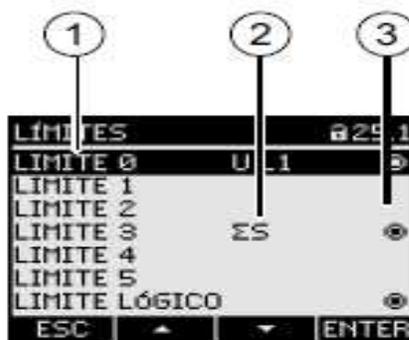
El resultado lógico es el denominado "LÍMITE LÓGICO"

#### 4.9.2 INDICACIÓN DE VIOLACIONES DE LÍMITE

Esto se puede apreciar mediante la Visualización en pantalla de la violación del límite:

"MENÚ PRINCIPAL > AJUSTES > AVANZADO > LÍMITES" Y

"... > LÍMITES > LÍMITE LÓGICO".



**Figura 4.6: Representación de la violación de límites**  
Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200

- (1) Designación del límite
- (2) Fuente de datos monitoreada
- (3) Límite violado actualmente: sí, no

- Indicación de la violación de límite en la salida digital.
- Indicación de la violación de límite a través de la interfaz.
- Recuento de las violaciones de límite a través del contador universal.

#### **4.10 COMPORTAMIENTO EN CASO DE FALLO Y RESTABLECIMIENTO DE LA RED**

Si la red falla, el dispositivo comienza a calcular desde cero los valores medios (demandas) de la potencia activa total y la potencia reactiva total. Los datos de los contadores y los valores extremos (máx. /Mín.) Se escriben desde la memoria volátil en la memoria no volátil conforme a los siguientes intervalos:

Valores de los contadores ----- Cada 5 min

Valores extremos (máx. /mín. :) ----- Cada 5 seg., siempre que existan.

#### **4.11 ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES**

El SENTRON PAC 3200 dispone de:

Una entrada digital multifuncional.

Una salida digital multifuncional.

#### 4.11.1 SALIDA DIGITAL

A la salida digital se pueden asignar las siguientes funciones:

Salida de impulsos de energía, programable para impulsos de energía activa o reactiva

Visualización del sentido de giro.

Indicador del estado de servicio del SENTRON PAC 3200.

Indicación de violación de límites.

Salida lógica para telecontrol a través de la interfaz.

#### 4.11.2 SALIDA DE IMPULSOS DE ENERGÍA

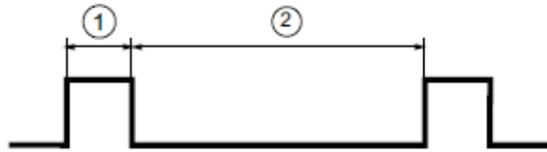
La salida digital suministra un número de impulsos proporcional a la energía medida.



**Figura 4.7: Salida de impulsos de energía**  
**Fuente: Manual de SENTRON PAC 3200**

La salida digital es pasiva e implementada exclusivamente como interruptor.

La ejecución de la función de impulsos cumple la norma IEC 62053-31.



**Figura 4.8: Duración de impulso y tiempo en desconexión.**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

(1) Duración de impulso

(2) Tiempo en desconexión

#### **4.11.3 DURACIÓN DE IMPULSO**

Tiempo de permanencia de la señal en "high" en la salida digital binaria. La duración del impulso puede ser de 30 ms como mínimo y 500 ms como máximo.

#### **4.11.4 TIEMPO EN DESCONEXIÓN**

Tiempo de permanencia de la señal en "low" en la salida digital. El tiempo en desconexión depende, por ejemplo, de la energía medida, y puede abarcar días o meses. El tiempo mínimo en desconexión son 30 ms.

#### **4.11.5 TIEMPO MÍNIMO EN DESCONEXIÓN**

El tiempo mínimo en desconexión está predeterminado por la duración de impulso programada.

#### **4.11.6 ENTRADA DIGITAL**

Se pueden asignar las siguientes funciones a la entrada digital:

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

#### **4.12 INTERFAZ ETHERNET**

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

##### **4.12.1 AJUSTE DE LOS PARÁMETROS DE RED**

En la siguiente figura se muestra los ajustes a seguir para lograr el enlace a la red local, a continuación se detallan los aspectos más importantes de esta configuración.



**Figura 4.9: Parámetro ajustable "Comunicación"**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

Con la tecla F4 **EDIT.** accede al modo de edición.

La tecla F3 **→** recorre las posiciones del valor de izquierda a derecha.

La tecla F2 **+** incrementa el valor de la posición seleccionada. Una vez alcanzado el máximo de los valores disponibles se muestra nuevamente el primer valor.



**Figura 4.10: Introducir dirección IP**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

La tecla F4 **OK** memoriza la dirección IP ajustada y regresa al modo de visualización.

Cambie con la tecla F3 **↓** a la siguiente línea SUBNET y pulse la tecla F4 **EDIT.**

Repita el procedimiento descrito para ajustar los parámetros SUBNET y GATEWAY.



**Figura 4.11: Ejemplo de visualización con valores introducidos.**  
Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200

## 4.13 INSTALACIÓN DEL SENTRON PAC 3200

### 4.13.1 PROCEDIMIENTO

1. Practique un recorte de 92,0+0,8 x 92,0+0,8mm<sup>2</sup> en el panel (a no ser que ya esté hecho).
  2. Descargue su cuerpo de electricidad estática.
  3. Coloque el dispositivo desde fuera por el hueco recortado anteriormente (figura "Paso de montaje A").
  4. Colóquese frente al lado interior del panel del tablero y lleve a cabo allí el resto de los pasos de montaje.
  5. Fije el dispositivo al panel con los dos soportes que se adjuntan (figura "Paso de montaje B").
- Para ello, proceda de la siguiente manera:

– Sujete el dispositivo con una mano.

– Coloque los soportes en los lados izquierdos y derecho de la carcasa.

Para ello, introduzca los salientes del soporte (2) en la abertura de la carcasa (1) destinada a tal efecto.

– Fije el saliente de enganche.

Para ello, coloque los dedos corazón e índice en el apoyo y empuje con el pulgar el saliente de enganche, tal como se muestra en la figura "Paso de montaje C".

El mecanismo de enganche de ambos soportes permite al montador una fijación rápida del dispositivo en el panel sin necesidad de herramientas.

Si se desea una mayor protección, con ayuda de los cuatro tornillos de los soportes es posible aumentar uniformemente por todos los lados la presión de fijación.

6. Apriete uniformemente los 4 tornillos en ambos soportes con un par de 0,025 a 0,03 Nm (figura "Paso de montaje D"). La junta que trae de serie integrada el dispositivo es suficiente para sellar correctamente el recorte en el panel.

7. En caso de utilización de la interfaz Ethernet:

– Garantice el alivio de tracción del conector RJ45.

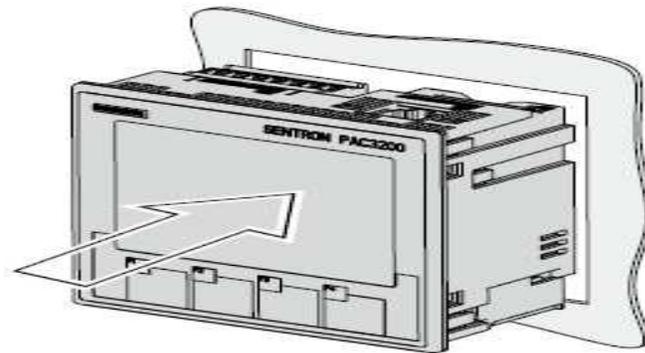
Para ello fije el cable Ethernet al panel. Realice la fijación tal y como se muestra en la figura "Montaje - E" en el punto (3) con un sujetacables autoadhesivo u otro dispositivo de montaje apropiado.

8. Puede enchufarse un módulo de ampliación opcional. Encontrará las instrucciones de montaje en el instructivo del módulo de ampliación.

El montaje ha finalizado.

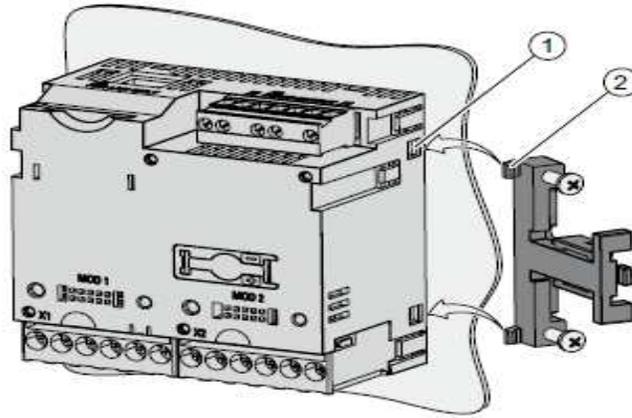
#### 4.13.2 PASOS DEL MONTAJE

En la siguiente secuencia de imágenes les presentaremos el montaje del equipo, el modelo aplicado es el que se muestra en la figura que a continuación se muestra.



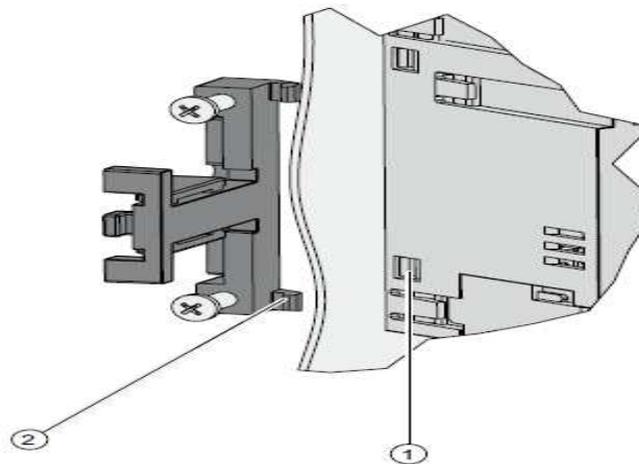
**Figura 4.12: Paso de montaje A, modelo con bornes de tornillo.**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

Para fijar el SENTRON PAC 3200 es necesario utilizar la parte sujetadora (2) la cual fija al equipo en la parte posterior al tablero de control, a continuación se muestra en la figura.



**Figura 4.13: Paso de montaje B.**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

En el siguiente grafico se muestra el acople entre el punto 1 y el punto 2, con lo cual se logra la fijación del sujetador al equipo.



**Figura 4.14: Paso de montaje B, detalle.**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

#### **4.14 MÓDULO DE AMPLIACIÓN PAC PROFIBUS DP**

Al conectar el módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP aparece en el menú "AJUSTES" el parámetro ajustable "MÓDULO PROFIBUS".

Seleccionar: "AJUSTES > MÓDULO PROFIBUS".

#### **4.14.1 DIRECCIÓN PROFIBUS**

Dirección PROFIBUS del dispositivo Rango: 0-126; Módulo de ampliación PAC RS485

Al conectar el módulo de ampliación PAC RS485 aparece en el menú "AJUSTES" el parámetro ajustable "MÓDULO RS485".

Seleccionar: "AJUSTES < MÓDULO RS485".

#### **4.14.2 MÓDULO RS485 VALORES POR DEFECTO DEL DISPOSITIVO**

Dirección 126 (rango ajustable: 0-126)

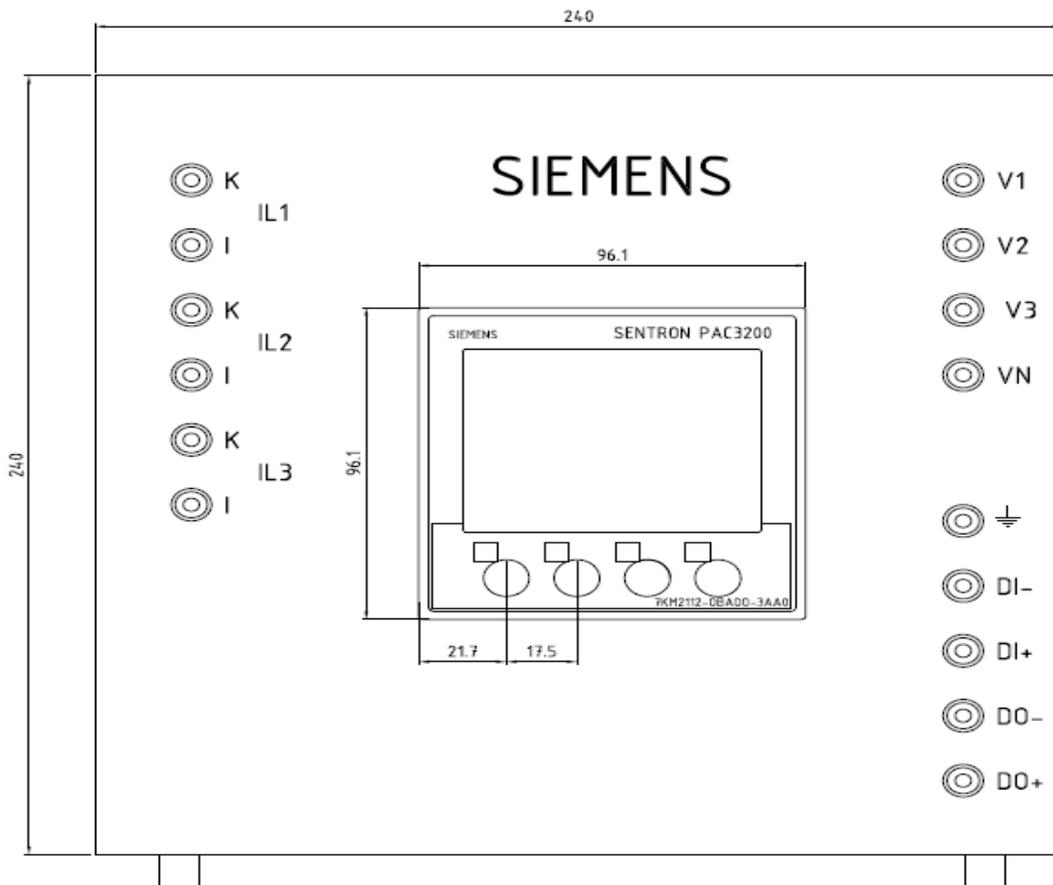
Velocidad 19200

Ajustes 8N2.

En base a estos datos del fabricante siemens, se puede manejar con total sencillez el equipo de medición SENTRON PAC 3200 el cual ha sido Implementado en un sistema didáctico con el objetivo de mejorar la enseñanza de la materia Sistemas De Medición de la carrera "Ingeniería Electrónica En Control Y Automatismo" de la UCSG.

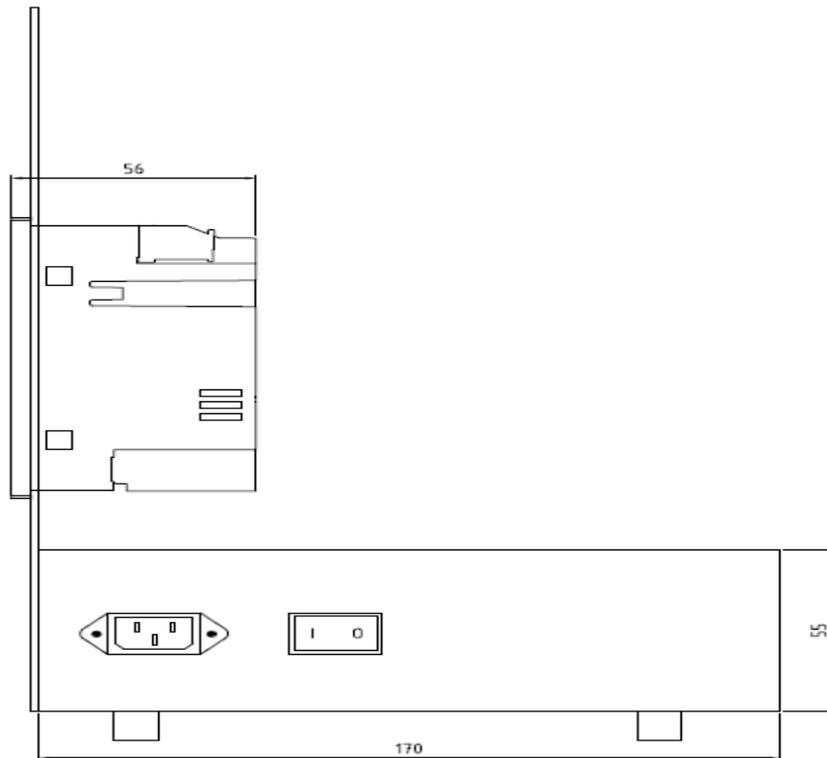
#### 4.15 IMPLEMENTACIÓN DIDÁCTICA DEL MULTIMEDIDOR SENTRON PAC 3200.

A continuación presentaremos el plano en el cual se especifica el modelo didáctico a realizar, además se indica las conexiones para la aplicación de los sistemas de supervisión de generadores eléctricos.



**Figura 4.15: Plano frontal del modelo didáctico para el SENTRON PAC 3200.**  
**Fuente: Autores del documento**

En el siguiente gráfico se muestra la vista lateral del equipo SENTRON PAC 3200, el cual será colocado en un tablero didáctico descubierto en su parte posterior para que el estudiante de la carrera ingeniería electrónica en control y automatismo, pueda realizar con facilidad las maniobras de conexión de entradas y salidas.



**Figura 4.16: Plano vista lateral del modelo didáctico para el SENTRON PAC 3200.**  
**Fuente: Autores del documento**

Para este diseño hemos tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- Facilidad de manejo y maniobra para el estudiante.
- Señalizaciones para guía de conexiones.
- Portabilidad para ser trasladado de un lugar hacia otro con el beneficio de realizar pruebas de campo.

- Fácil acceso a conexiones internas y externas.
- Conexiones confiables a red eléctrica, con Switch de encendido con luz piloto y porta fusibles para su respectiva protección.

#### **4.15.1 FABRICACIÓN DEL DISEÑO EN UNA ESTRUCTURA METAL MECÁNICA.**

El trabajo de la fabricación del tablero metálico fue asignado a artesanos guayaquileños los cuales tomaron nuestras indicaciones por medio del plano realizado anteriormente y lo fabricaron en metal, dándole un acabado con una capa de pintura anti corrosiva color gris, además se perforaron los orificios para los jacks del panel frontal y de los laterales para el ensamblaje de la toma de tensión, switch y porta fusibles. A continuación se muestra en la figura las imágenes de la estructura metálica y el montaje de algunos componentes entre los cuales se encuentra el equipo de medición utilizado para aplicaciones de supervisión de generadores eléctricos Sentron Pac 3200.



**Figura 4.17: Estructura metal mecanica parte inferior.**  
**Fuente: Autores del documento**

Luego de realizar la parte inferior del modulo metálico, se realizo la parte superior en la cual se muestran los orificios según las medidas recomendadas por el fabricante del equipo para

Proceder a su respectivo montaje y asegurarlo con las clavijas, en la siguiente figura se muestra el acople del SENTRON PAC 3200 con la estructura metálica.



**Figura 4.18: Montaje del equipo de medición Sentron pac, inserción en el panel frontal.**  
**Fuente: Autores del documento**

Una vez insertado el equipo en el panel, debemos revisar los orificios en los cuales quedaran insertadas o fijadas las clavijas sujetan el SENTRON PAC 3200, para facilitar así el uso de esta valiosa herramienta de medición, a continuación se muestra en la figura.



**Figura 4.19: SENTRON PAC 3200 insertado en panel frontal.**  
**Fuente: Autores del documento**

En la siguiente figura 4.20 podremos visualizar las partes que componen la estructura metálica en conjunto con el equipo de medición SENTRON PAC 3200.



**Figura 4.20: Conjunto de la estructura metálica modelada para la enseñanza en Sistemas De Medición.**

**Fuente: Autores del documento**

Luego de fijar el SENTRON PAC por medio de las clavijas al panel frontal, se realizó las conexiones correspondientes a la parte de alimentación del equipo, ubicadas en el modulo metálico inferior, a continuación se muestra en la figura 4.21.



**Figura 4.21: Conexión de líneas de alimentación on / off, protecciones, entradas y salidas del SENTRON PAC 3200**

**Fuente: Autores del documento**

En el siguiente gráfico se muestra el conjunto del módulo metálico ensamblado, con el SENTRON PAC 3200, se ha colocado una prensa estopa para los cables que saldrán desde el módulo inferior hacia el panel superior (parte posterior), como se visualiza a continuación.



**Figura 4.22: Vista lateral del dispositivo montado sobre la estructura didáctica**  
**Fuente: Autores del documento**

Una vez colocado los cables del módulo inferior (módulo de alimentación) empezaremos a insertar los jacks con ranura redonda (tipo banana) en los orificios que se muestran, para luego fijarlos al panel frontal, estos jacks estarán encargados de conectar el plug que recibe las magnitudes eléctricas adquiridas.



**Figura 4.23: Vista frontal del montaje del equipo de medición, orificios panel frontal**  
**Fuente: Autores del documento**

Una vez colocados los jacks (color rojo) en la parte frontal de la estructura, se deberá ajustar y fijar para que estos no se puedan retirar con facilidad, en la siguiente figura (4.24) se muestra como quedan después de ser insertados y asegurados por la rosca ubicada en la parte posterior del frontal.



**Figura 4.24: Vista frontal del ensamblaje de conectores jack**  
**Fuente: Autores del documento**

Luego que se han instalado los jacks, se realizó las conexiones entre el equipo SENTRON PAC 3200 y el modulo inferior en el cual se encuentran los cables y protecciones correspondientes a la alimentación, además se realizo las conexiones entre los puntos de prueba y las entradas y salidas del equipo, a continuación se muestra en la figura 4.25.



**Figura 4.25: Cableado de entradas y salidas del equipo SENTRON PAC 3200**  
**Fuente: Autores del documento**

Para realizar las mediciones y conectar correctamente el equipo evitando alguna mala conexión, se procedió a señalar las líneas de entradas y salidas con marquillas para conexiones eléctricas como se muestra en la figura 4.26 a continuación.



**Figura 4.26: Señalización de líneas del cableado**  
**Fuente: Autores del documento**

Luego de señalar se procedió a colocar el módulo PROFIBUS DP para la SENTRON PAC 3200, el cual es utilizado para comunicación. En la siguiente imagen se puede visualizar el modulo acoplado en la parte posterior equipo, este dispositivo cuenta con su puerto serial, además podemos ver el cable de conexión a Ethernet (color crema).



**Figura 4.27: Conexión en red para la supervisión de procesos energéticos (eléctricos)**  
**Fuente: Autores del documento**

Una vez concluido el proceso del ensamblaje del Hardware procederemos a encender el equipo, para luego realizar las configuraciones de comunicación Ethernet y además realizar el enlace en red local con el computador (monitor a distancia).



**Figura 4.28: Pruebas de encendido y conexiones del sistema de supervisión (in – out)**  
**Fuente: Autores del documento**

Para realizar un enlace exitoso se debe instalar en el computador el software SENTRON POWER CONFIG versión 2.1 sp1, el mismo que estará encargado de guardar la información de los sucesos eléctricos que se puedan presentar en una medición o monitoreo permanente de un generador eléctrico.



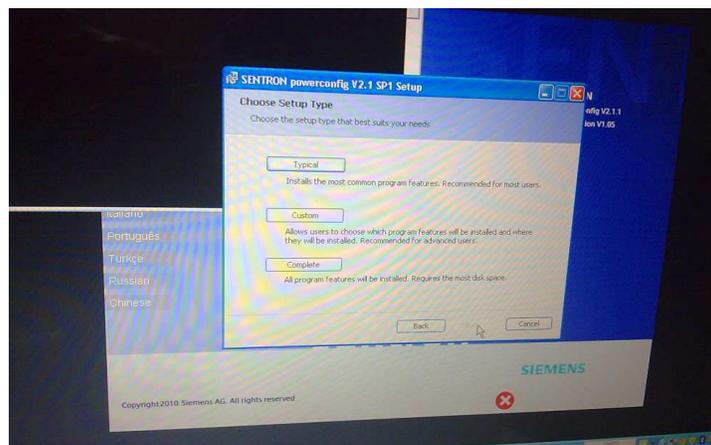
**Figura 4.29: Configuración del sistema sentron power config (software), enlace a distancia.**  
**Fuente: Autores del documento**

En la siguiente imagen se muestra el proceso de instalación del software SENTRON POWER CONFIG versión 2.1 sp1.



**Figura 4.30: Pantalla de inicio del software Sentron Power config.**  
Fuente: Autores del documento

La instalación de este software es muy sencilla y no requiere de conexiones adicionales a alguna red, sin embargo si se desea se puede verificar las instrucciones de instalación que se encuentran en el disco siemens entrega cuando se adquiere dicho software.



**Figura 4.31: Setup SENTRON POWER CONFIG versión 2.1 sp1**  
Fuente: Autores del documento

Antes de realizar el enlace en una red de área local, les damos a conocer la imagen de la estructura terminada y ensamblada del modulo didáctico para enseñanza de la materia sistemas de medición, con su respectiva señalización la cual servirá para realizar las mediciones de magnitudes eléctricas antes mencionadas sin ningún inconveniente.



**Figura 4.32: Adhesivos colocados en el panel frontal, señalización y marca del equipo de Medición. Implementación del hardware concluida. Fuente: Autores del documento**

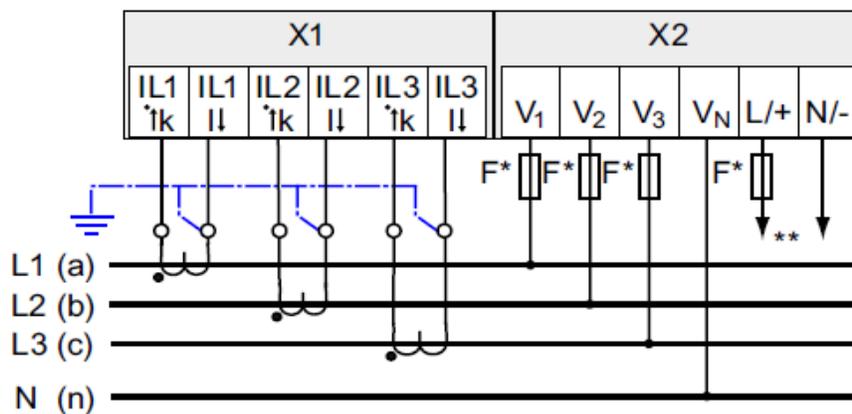
#### **4.15.2 APLICACIÓN DEL EQUIPO SENTRON PAC 3200 PARA LA SUPERVISIÓN DE GENERADORES.**

Para lograr un optimo desempeño en un generador eléctrico es necesaria la supervisión del mismo, a continuación se demuestra que es posible gracias al SENTRON PAC 3200.

A continuación se muestra el esquema utilizado en nuestra aplicación para lo cual fue necesario el uso de los siguientes ítems.

- 3 Transformadores de corriente marca siemens 50 a 5 A.
- Cable # 18 flexible, 20 metros.
- Plug con terminal de tipo banana, 15 unidades.
- Cable del tipo cruzado para conexión de red de área local.
- Banco de motor siemens trifasico (7,5 hp). (disponible UCSG.)
- Arrancador sirius 3R w44 (disponible en UCSG.)

Los ítems anteriormente mencionados fueron necesarios para probar y modelar la simulación del proceso de operación de un generador eléctrico y a su vez poder medir las variables que se puedan adquirir durante el arranque, funcionamiento constante y parada del mismo, a continuación se muestra el esquema eléctrico.



**Figura 4.33: Medición trifásica, cuatro conductores, carga desbalanceada, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente de 50 a 5 A**  
**Fuente: Documento, Manual del SENTRON PAC 3200**

Luego se procedió a realizar las conexiones físicas en el equipo, con lo que debemos indica lo siguiente:

Los transformadores de corriente que utilizamos tienen en su nomenclatura impreso S1 (corresponde a la bobina marcado con el punto ( • ), lo cual se puede verificar de forma sencilla en el esquema eléctrico), S2 corresponde al terminal restante de la bobina del transformador de corriente.

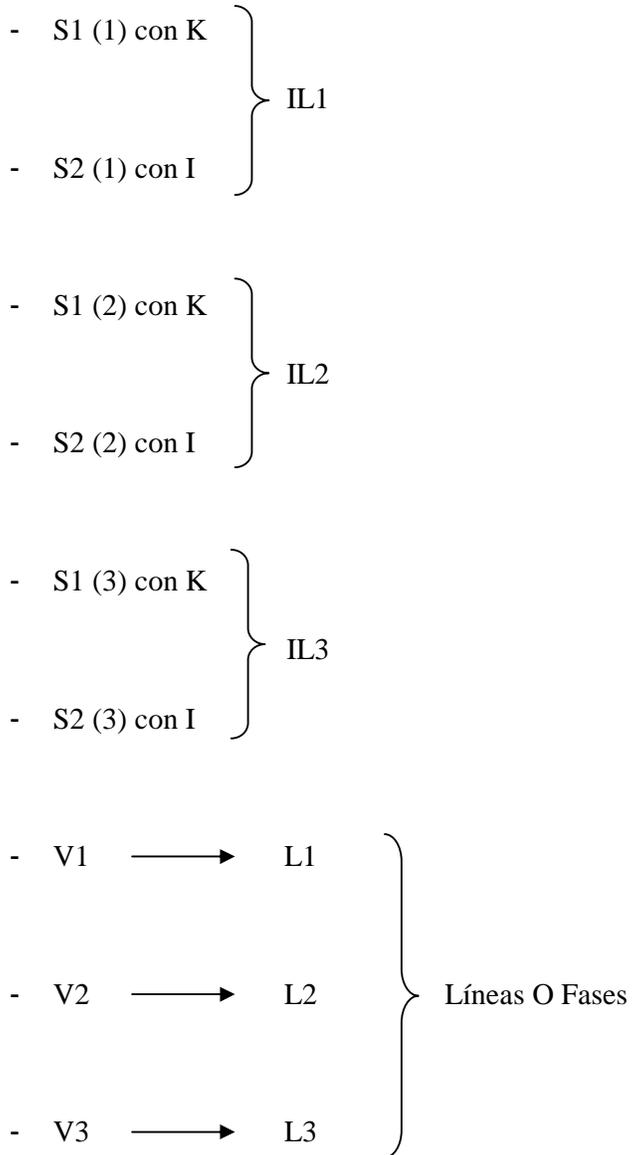
Como vamos a realizar las pruebas con 3 transformadores, tendremos 2 terminales por cada transformador de corriente. S1 (1), S2 (1); S1 (2), S2 (2); S1 (3), S2 (3). Estos son los terminales correspondientes a los transformadores, y en cuanto al equipo de medición tendremos K y I lo cual forman en conjunto IL1, como habíamos mencionado tendremos 3 transformadores de corriente por lo obtendremos 3 pares de conexión, es decir contaremos con IL1, IL2, IL3.

Además de los transformadores tenemos la conexión de los voltajes la cual estará dada por V1, V2, V3, VN.

Estas líneas estarán conectadas a las entradas trifásicas del banco del simulador para el generador de siemens, el mismo que cuenta con todas las variables que se pueden medir en un generador eléctrico.

De esta forma las líneas de voltaje estarán directamente conectadas en las fases y el otro extremo al equipo de medición SENTRON PAC 3200.

Entonces las conexiones estarán colocadas de la siguiente forma:



VN en conexión a tierra (Ground)

A continuación se muestra una secuencia de imágenes en las que se podrá visualizar de mejor manera la conexión de los dispositivos.

En la siguiente figura 4.34, se muestra la estructura y placa del tipo de transformador utilizado en la medición.



**Figura 4.34: Transformador de corriente de 50 a 5 A**  
**Fuente: Autores del documento**

Luego de identificar los pines del transformador de corriente con el cual vamos a realizar las mediciones, necesitamos conectar los cables en el banco de pruebas, se requiere además atravesar el cable o la línea por el orificio central del transformador, en la siguiente imagen se puede visualizar como atraviesan las 3 líneas o fases a los 3 transformadores.



**Figura 4.35: Transformador de corriente de 50 a 5 A atravesados en las fases L1, L2, L3.  
Fuente: Autores del documento**

Para evitar riesgos de mala conexión se señaló los transformadores y terminales, esto fue realizado aparte de la señalización con la que cuenta el modulo de enseñanza del equipo de medición SENTRON PAC 3200.



**Figura 4.36: Transformador de corriente de 50 a 5 A con marquilla.  
Fuente: Autores del documento**

En la siguiente imagen se muestra la conexión de los cables y terminales dentro del banco de pruebas de siemens en el Laboratorio de Control y Movimiento de la UCSG.



**Figura 4.37: Transformador de corriente de 50 a 5 A con marquilla.**  
**Fuente: Autores del documento**

Luego de haber realizado las conexiones respectivas, se procedió a medir los voltajes en las líneas, de forma independiente y luego entre fase y fase.



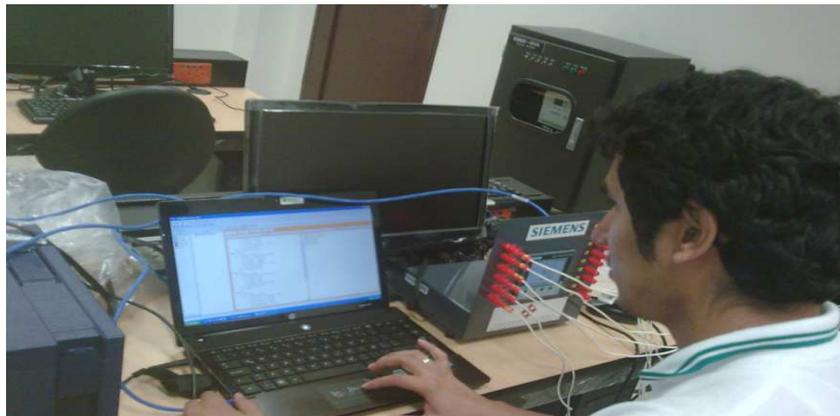
**Figura 4.38: Procedimiento para medir los voltajes, entre fases e independientes.**  
**Fuente: Autores del documento**

En la siguiente imagen podemos visualizar al equipo de medición SENTRON PAC 3200 mostrando la lectura de los voltajes entre fases.



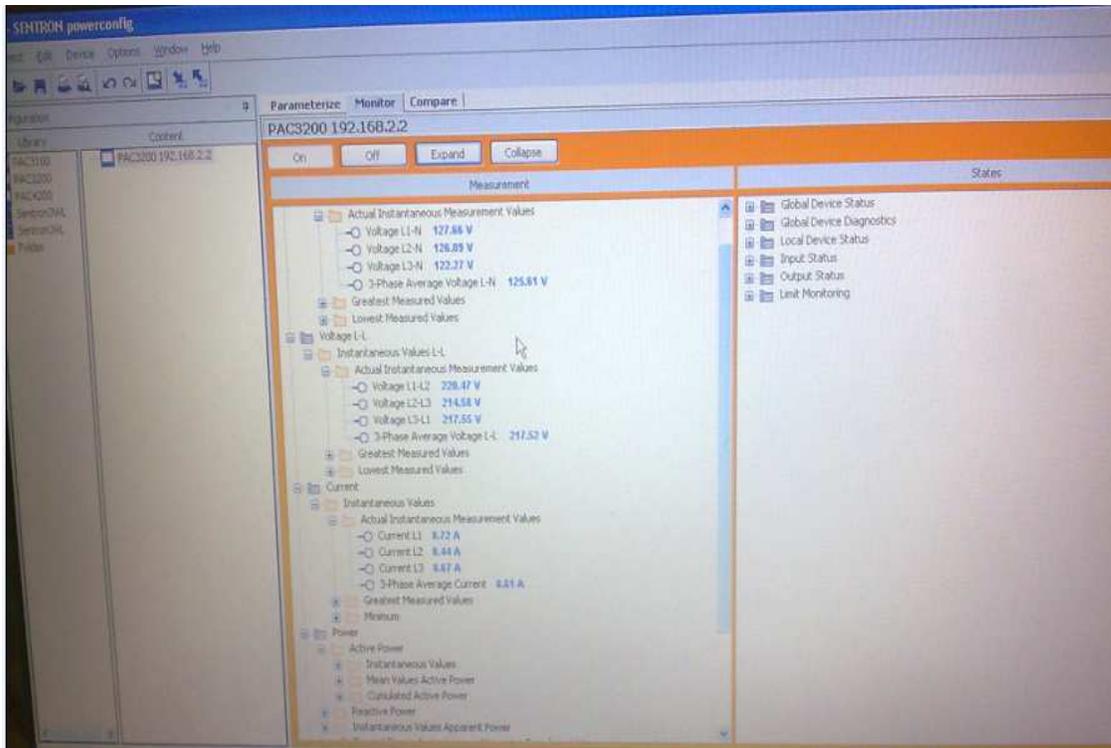
**Figura 4.39: Monitoreo de los voltajes en las fases.**  
**Fuente: Autores del documento**

Luego de medir los voltajes, se conectaron las líneas correspondientes a IL1, IL2, IL3, las cuales permiten las lecturas de las corrientes, en la siguiente imagen se muestra el monitoreo de las intensidades en cada línea.



**Figura 4.40: Procedimiento para el Monitoreo de las intensidades en las fases.**  
**Fuente: Autores del documento**

Una vez que se han realizado las conexiones correspondientes a lo que se vaya a medir, se obtiene la siguiente hoja de datos, los cuales se muestran en la pantalla del computador gracias a la conexión de red de área local que aplicamos en este proceso.

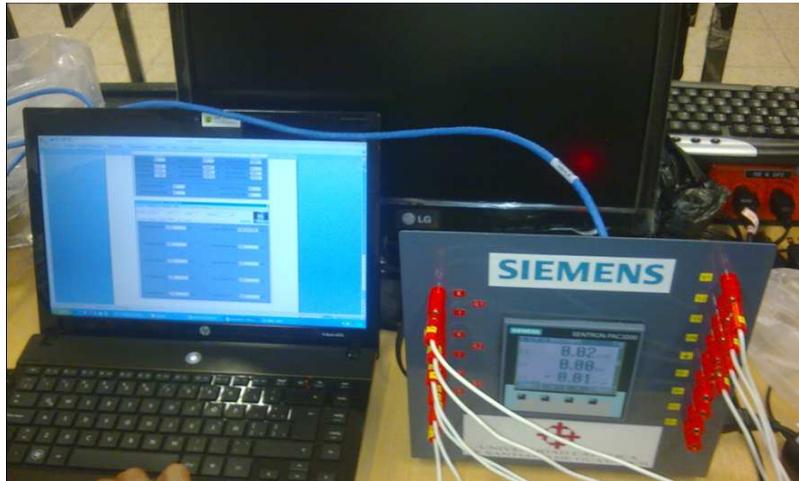


**Figura 4.41: Valores entregados por equipo SENTRON PAC 3200 para la visualización y monitoreo.**

**Fuente: Autores del documento**

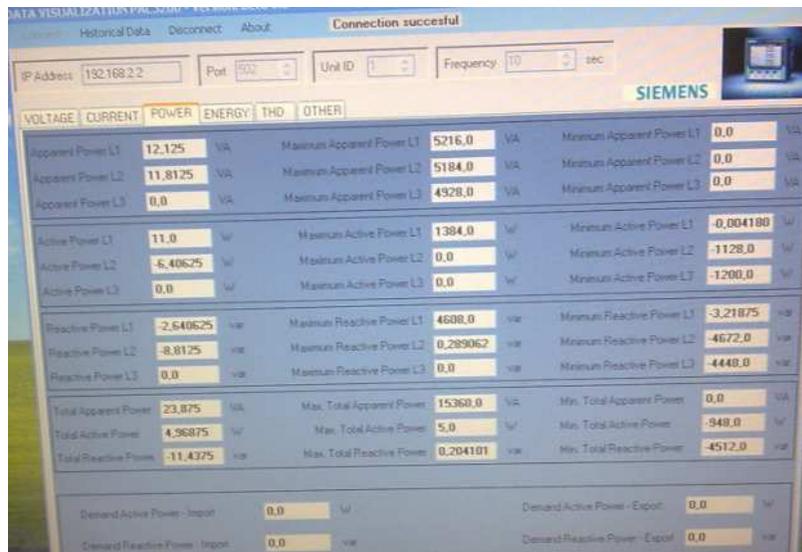
Cabe destacar que el equipo de medición que utilizamos en esta implementación puede brindar muchas ventajas que el usuario podrá aprovechar con el uso y práctica de manejo del dispositivo.

A continuación veremos imágenes de los valores entregados por en SENTRON PAC 3200.



**Figura 4.42: SENTRON PAC 3200 en medición.**  
**Fuente: Autores del documento**

En la siguiente imagen tendremos la hoja de datos entregada por el software beta, este software es mucho más básico que el SENTRON POWER CONFIG, del SENTRON PAC 3200, sin embargo hemos probado su compatibilidad teniendo éxito en la comunicación y en las mediciones.



**Figura 4.43: SENTRON PAC 3200 compatible con software beta V 1.0 de Siemens.**  
**Fuente: Autores del documento**

Luego de realizar las pruebas requeridas al módulo didáctico, podemos sostener con seguridad que el trabajo aquí desarrollado será de gran utilidad para las prácticas y experimentos de los estudiantes que asisten al Laboratorio de Control y Movimiento de la UCSG.

Luego de esta implementación vemos conveniente la donación a la UCSG de los siguientes dispositivos y accesorios los mismos que estarán en custodia y uso del Laboratorio de Control y Movimiento.

- 3 Transformadores de corriente marca siemens 50 a 5 A.
- Cable # 18 flexible, líneas de conexión para el equipo SENTRON PAC 3200.
- Software SENTRON POWER CONFIG versión 2.1 sp1 (Disco con el programa original).
- Equipo Multimedidor SENTRON PAC 3200.
- Módulo para comunicación Profibus DP
- Módulo (tablero metal mecánico) didáctico modelado para la enseñanza, color gris con señalizaciones de conexión.

Al término de este proyecto hemos cumplido con lo establecido en nuestra idea principal y obteniendo los resultados deseados.

## CONCLUSIONES.

Al término del proyecto se ha conseguido cumplir con el objetivo principal de facilitar una herramienta tecnológica de excelentes cualidades y de calidad para facilitar así al estudiante de la materia Sistemas de Medición asimilar de una mejor forma los conocimientos adquiridos en el aula, por lo que debemos indicar en la finalización de este documento lo siguiente:

1.- Se adquirió información importante y necesaria para el estudio de un sistema de supervisión y control de la energía eléctrica, además se ha desarrollado temas como la eficiencia energética y la importancia del monitoreo constante de los consumos eléctricos, esto acompañado con la idea de dar un mejor uso a la energía logrando a su vez obtener energía eléctrica de calidad y un ecosistema sostenible, además con esto se disminuye la contaminación pues los recursos energéticos serán siempre parte fundamental en el tema de contaminación por energía no aprovechada del consumidor .

2.- Se ha realizado un estudio de lo que son los generadores eléctricos, generalidades de estos, además la posibilidad de la aplicación de sistemas de supervisión para la eficiencia energética de la electricidad generada por los mismos.

3.- Se ha la implementación de un sistema de supervisión y control para la energía eléctrica adecuado para fines de enseñanza estudiantil en el laboratorio de control y movimiento de la UCSG. Permitiendo así el desarrollo del estudiante no solo en lo teórico sino también en lo práctico técnico experimental, además se entrego el hardware y Software de ésta

Implementación en donación a la UCSG, Facultad técnica para el desarrollo en el Laboratorio de Control y Movimiento; cumpliendo así nuestro principal objetivo el cual es mejorar las prácticas estudiantiles que se realicen en la materia sistemas de medición.

## **RECOMENDACIONES.**

Para lograr el uso correcto del Multi Medidor SENTRON PAC 3200 se sigue tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se debe tener en cuenta que el SENTRON PAC 3200 es un dispositivo electrónico de nueva generación por lo que se recomienda no exponerlo a condiciones climáticas adversas a las especificadas por el fabricante Siemens. ([www.Siemens.com](http://www.Siemens.com)).
- Para conseguir un exitoso reconocimiento de todas las posibilidades que ofrece el Multi medidor SENTRON PAC 3200 se debe conocer el aspecto teórico de lo que se vaya a medir o a experimentar.
- Se recomienda tener conocimientos básicos de informática y programación debido a que el SENTRON PAC 3200 cuenta con una amplia gama de usos y aplicaciones, las cuales serán aplicadas provechosamente si se conoce el aspecto antes mencionado.
- El uso de este equipo es de exclusiva responsabilidad del Laboratorio de control y Movimiento por lo que se recomienda solicitar la autorización respectiva para pruebas de campo.
- El equipo de medición SENTRON PAC 3200 para utilizarlo en medición de corrientes, deberá ser conectado por medio de transformadores siemens por su compatibilidad y los accesorios se recomienda que sean de la misma marca, además se deberá verificar el

cable de comunicación de red (en buen estado) antes de conectar en el puerto respectivo.

- El estudiante de la carrera Ingeniería electrónica en control y automatismo deberá utilizar el Equipo SENTRON PAC 3200 una vez culminado el ciclo teórico de práctica a realizar, cumpliendo con la correcta forma de conexión especificada en el manual ([www.siemens.com](http://www.siemens.com)).

## Bibliografía

- Arrillaga, J. (1994). *Armónicos en Sistemas de Potencia*. Santander: Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Eguiluz, L. (2002). *Potencia en Régimen*. Santander: Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Farina, A. (2010). *Cables y Conductores Eléctricos*. Buenos Aires: Alsina.
- García, A. (2005). *El Control Automático en la Industria*. Cuenca: Ediciones Universidad de Castilla.
- García, A. y Alabern, X. (2005). *Instalaciones Eléctricas*. Barcelona: Marcombo.
- García, E. (1999). *Automatización de Procesos Industriales*. Valencia: CFP.
- García, F. (2011). *Manual de Estadísticas Energéticas*. Latinoamérica: Olade.
- Kotz, J; Treichel, P. y Gabriela W. (2005). *Química y Reactividad*. Mexico: Thonson.
- Mangosio, J. (2008). *Fundamento de Higiene y Seguridad en el Trabajo*. Mexico: Paraninfo.
- Marroyo, Sanchis, Gubía, Luis, Pablo, Eugenio. (2004). *Generadores Eléctricos*. Ulzama.
- Nuñez, M. (2002). *Física/ Physics*. México: Limusa.
- Ortega, J. (1998). *Maquinas de Corriente Alterna*. Barcelona: Ceac.
- Saavedra, R. (2009). *Instalaciones Eléctricas*. Barcelona: Ceac.
- Seoánes, M. y Calvo, I. (1997). *El Medio Ambiente en la Opinión Pública*. Madrid: Mundi-prensa.
- Siemens. (2010). *Soluciones de Red para Profibus*. Sitio Web: <http://www.siemens.com/mcms/infocente>.

- Stemas, G. G. (2011). *Manual Técnico y de mantenimiento de Generadores*. Porto Alegre: Sitio Web: <http://www.stemas.com.br>.
- Harper, G. (2004). *El Libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos*. México: Limusa.