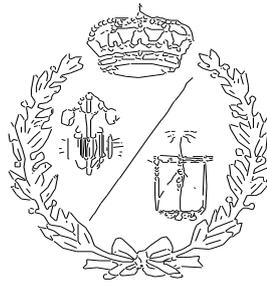


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto / Trabajo Fin de Carrera

**PLATAFORMA Y METODOLOGÍA PARA EL
ANÁLISIS DE DISPOSITIVOS DE
COMPENSACIÓN ENERGÉTICA**
(Platform and methodology for the analysis
of compensation energy devices)

Para acceder al Título de

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD ELECTRICIDAD**

Autor: Alejandro Alonso Núñez
Julio-2012

Agradecimientos:

A mis padres, que me dieron la opción de realizar estos estudios que ahora finalizo y por su apoyo incondicional durante todo este tiempo que he tardado en terminar.

A mis compañeros de clase y de laboratorio, por los buenos ratos que hemos pasado juntos.

A mi tutor Mario, por proponerme este proyecto y ayudarme en todo lo que ha podido.

ÍNDICE

1.1 COMO SURGIÓ EL PROYECTO.....	6
1.2 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	6
1.2.1 <i>Introducción.</i>	6
1.2.2 <i>Definición.</i>	7
1.2.3 <i>Factores de los que depende la eficiencia energética.</i>	9
1.2.3.1 La eficiencia propia de la máquina.....	9
1.2.3.2 El insumo energético.....	9
1.2.3.3 El hábito o costumbre.	9
1.2.4 <i>Formas de gestionar la eficiencia energética.</i>	10
1.2.4.1 Uso racional de energía.	10
1.2.4.2 Manejo desde el lado de la demanda.	10
1.2.4.3 Conservación de la energía.	10
1.2.4.4 Gerencia energética.....	11
1.3 ESTADO DEL ARTE DE LOS MÉTODOS DE COMPENSACIÓN ENERGÉTICA.	11
1.3.1 <i>Regulador de tensión.</i>	11
1.3.1.1 Reguladores electromecánicos.....	12
1.3.1.2 Reguladores electrónicos.....	13
1.3.1.3 Reguladores ferorresonantes.	13
1.3.1.4 Beneficios principales.	13
1.3.2 <i>Baterías de condensadores.</i>	14
1.3.2.1 El condensador	14
1.3.2.2 Factor de potencia.	15
1.3.2.3. ¿Por qué corregir el factor de potencia?	18
1.3.2.4. Como se corrige el factor de potencia.....	19
1.3.2.5 Métodos de compensación de la energía reactiva.	27
1.3.2.6 Otros usos de los condensadores.....	29
1.3.3 <i>Gestión energética y Gestor energético.</i>	30
1.3.3.1 Definición.	30
1.3.3.2 Factores con los que está relacionada la gestión energética. .	30
1.3.3.3 Gestor Energético.	32
2.- EL COMPENSADOR ENERGÉTICO “ULTRA”	34
2.1 DESCRIPCIÓN.	34
2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.	35
2.2.1 <i>Superconductividad.</i>	35
2.2.2 <i>Teoría BCS de la superconductividad.</i>	37
2.2.3 <i>Limitaciones de la teoría BCS.</i>	40
2.2.4 <i>Tipos de superconductores.</i>	41
2.2.5 <i>Interacción entre el aparato ULTRA y los conductores eléctricos.</i> 43	
2.3 PROCESO DE INSTALACIÓN.	46
2.4 DETALLES TÉCNICOS DE LOS DIFERENTES MODELOS DISPONIBLES DEL ULTRA.	47
2.5 CERTIFICADOS.	48
3.- PLATAFORMA DE ENSAYO Y METODOLOGÍA.	49
3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS APARATOS DE UTILIZADOS.	49
3.1.1 <i>Variador (Altivar 71).</i>	49
3.1.1.1 Definición.	49
3.1.1.2 Principales características del Altivar 71.....	50
3.1.2 <i>Autómata (Siemens logo 230 rc).</i>	53

3.1.2.1 Definición.....	53
3.1.2.2 Descripción.....	54
3.1.2.3 Funciones.....	57
3.1.2.4 Programa utilizado.....	62
3.1.3 <i>Motor Asíncrono</i>	66
3.1.3.1 Definición.....	67
3.1.3.2 Descripción del motor utilizado.....	71
3.1.4 <i>Volantes de Inercia</i>	72
3.1.4.1 Definición.....	72
3.1.4.2 Momento de inercia de los discos.....	72
3.1.5 <i>Contador de precisión (TVH 4.322)</i>	76
3.1.5.1 Generalidades.....	76
3.1.5.2 Campos de aplicación.....	77
3.1.6 <i>Analizador de potencia (Yokogawa WT1600)</i>	80
3.1.6.1 Características generales del WT1600.....	80
3.1.6.2 Circuito de entrada de tensión.....	82
3.1.6.3 Circuito de entrada de corriente.....	83
3.1.6.4 Modos de medida y representación.....	83
3.1.6.5 Memoria y Comunicaciones.....	84
3.2 ESQUEMAS DE CONEXIÓN.....	85
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS.....	85
3.3.1 <i>1º Ensayo</i>	85
3.3.2 <i>2º Ensayo</i>	87
4 RESULTADOS.....	92
4.1 EXPOSICIÓN DE DATOS 1º ENSAYO.....	92
4.2 EXPOSICIÓN DE DATOS 2º ENSAYO.....	94
5. CONCLUSIONES.....	95
6. BIBLIOGRAFÍA.....	97
6.1 CATÁLOGOS Y MANUALES DE FUNCIONAMIENTO.....	97
6.2 PÁGINAS WEB.....	97
6.3 PROGRAMAS.....	98
ANEXOS.....	99

Anexo I Planos generales e individuales.

Anexo II Certificados oficiales del dispositivo ULTRA.

Anexo III Glosario de todas las figuras.

Anexo IV Ejemplo de obtención de datos durante el 2º ensayo.

1.- Introducción y origen del proyecto.

1.1 Como surgió el proyecto.

Este tiene proyecto debe su origen al interés de la empresa Feigonsa, concretamente la sección de Feigonsa Energy, de realizar algún tipo de ensayo o experimento en el cual quede constancia de las posibles ventajas de uno de los productos que importa, esta empresa, a España desde Corea del Sur, que es el país donde se ha fabricado y desarrollado el producto.

Su intención era hacer algún ensayo más para complementar los que ya habían hecho. Los ensayos ya realizados se basaban en regímenes de trabajo y consumo continuados y querían algún otro diferente para de alguna manera complementara a los ya existentes. Por mencionar algún ejemplo, ya habían experimentado con el instituto nacional de técnica aeroespacial (INTA), además se ha instalado el dispositivo en el ministerio fomento y en un supermercado DIA (calle Chile nº 7, Madrid).

El responsable de la empresa se puso en contacto con el departamento de gestión de la universidad de Cantabria y este a su vez habló con el profesor Mario Mañana Canteli para proponer que se realizara algún tipo de ensayo o prueba, así nació este proyecto de fin de carrera con el fin de realizar dichas pruebas.

1.2 La eficiencia energética.

1.2.1 Introducción.

La sostenibilidad energética, más que un tema de moda es una necesidad apremiante. Aunque hace algunas décadas para una serie de investigadores universitarios y algunos ecologistas (muy criticados por muchos) se convirtió en un tema de reflexión y análisis constante, para otros se convertía en bandera electoral o en fuente de recursos y ayudas financieras. Hoy la sostenibilidad energética se ha convertido en un tema recurrente en diversos foros y fenómeno de masas gracias a interesantes debates televisivos y

filmes con protagonistas importantes. Esto sin embargo no debe quitarle la seriedad y la trascendencia que tiene el tema.

En relación con lo anterior, una conclusión inevitable de todas las ideas vigentes acerca de la sostenibilidad es que si se continúa con los patrones actuales de consumo nuestra sociedades inviable. Esta visión apocalíptica de la sociedad actual no es para nada alarmista, estudios de diversos autores concluyen lo mismo: o desarrollamos un modelo de crecimiento sostenible o el colapso es inevitable.

En este horizonte la energía está en el ojo del huracán: nuestros recursos fósiles, y especialmente el petróleo, están agotándose: Estudios de especialistas muy serios concluyen que la tan llamada curva de explotación de pozos y el punto de máxima producción (curva de Hubbert) ya fue sobrepasado. Los recursos renovables son la solución, pero a pesar de esto se están construyendo más plantas de generación eléctrica no renovable que renovable. Los recursos renovables (alcoholes carburantes, por ejemplo) no llegan a ser tan siquiera un porcentaje importante del total de las gasolinas consumidas, por lo tanto sigue existiendo una separación entre lo que se está haciendo actualmente y las necesidades actuales y futuras de los pueblos.

Si bien no es la única, la energía es una de las principales culpables de la situación actual; el uso indiscriminado de esta y el tan buscado confort energético ha llevado a nuestro planeta a la “complicada” situación actual.

1.2.2 Definición.

La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto.

Eficiencia energética es un término polivalente, muy empleado en los últimos años en muy diferentes contextos, y tal vez por este motivo, parece oportuno delimitar su significado. La palabra eficiencia proviene del latín “efficientia”

que en español quiere decir, acción, fuerza, producción. En principio la eficiencia energética atendería a la definición física referente a un proceso o a un dispositivo, correspondiéndose esta a la relación entre la energía útil y la energía empleada. Actualmente esta acepción se emplea, casi exclusivamente, para maquinaria, electrodomésticos o luminarias, es decir procesos o aparatos que se relacionan más directamente con el usuario, y en los que ambas magnitudes son fácilmente medibles. Esta se relaciona con la eficiencia energética a micro escala, entendida como la reducción del consumo para el mismo servicio, bien sea por avances tecnológicos o mejoras en la. Sin embargo estas mejoras, que pueden tener repercusión a la macroescala dominante en el mundo globalizado, no son la base de las mediciones energéticas. Durante los últimos años este término se viene empleando asiduamente con un concepto más amplio, que no sólo engloba la optimización en el uso, sino lo que esta conlleva para el medio y la vida, En general todas las definiciones que encontramos en esta línea son similares, aunque algunas estén más próximas a la industria como la que se explica a continuación.

La eficiencia energética está relacionada con la cantidad de producto que se obtiene de un proceso por unidad de energía y se define como el conjunto de actividades encaminadas a reducir (u optimizar) el consumo de energía en términos unitarios, manteniendo el nivel de los servicios prestados. Según lo anterior un proceso puede compararse con otro, en materia de eficiencia, comparando índices de consumo.

La eficiencia energética se puede medir en una parte de una máquina, en la máquina completa, en el proceso que tiene esa máquina o en el conjunto de procesos integrados. La medición de la eficiencia energética empieza a dificultarse en el caso de presentarse procesos o máquinas con más de dos insumos o productos, al igual que en el caso de presentarse agregaciones de procesos. La medición de la eficiencia energética de un proceso se convierte por lo tanto en una actividad compleja dependiendo de los insumos y de los procesos asociados.

1.2.3 Factores de los que depende la eficiencia energética.

La eficiencia energética depende de tres factores que se nombran a continuación:

1.2.3.1 La eficiencia propia de la máquina.

Una máquina tiene una capacidad de conversión asociada con la transformación de la energía: puede ser tan eficiente como un transformador eléctrico (80% – 90% o más) o tan poco eficiente como la producción de luz en una bombilla incandescente (5%-10%).

1.2.3.2 El insumo energético.

En este caso la eficiencia final del proceso energético depende del tipo de insumo, es el caso de procesos térmicos como la cocción de alimentos, donde la eficiencia cambiará si se usa electricidad o gas combustible. Otro ejemplo es un quemador dual de fuel oil y gas natural; dependiendo del uso final cada uno de los combustibles significará mayor eficiencia de acuerdo con la rapidez o efectividad que se requiera de la combustión.

1.2.3.3 El hábito o costumbre.

En el caso de industrias este término se conoce y se confunde con el protocolo de utilización, manual, norma etc., y en general no es más que la forma en que interpretamos debe utilizarse un equipo o proceso. Es común que en la industria se tengan, de forma consciente o inconsciente, procesos ineficientes. Esto responde a que no es habitual realizar análisis en la búsqueda de mecanismos para operar de forma eficiente, desde el punto de vista energético las plantas. Por otra parte existen tendencias en el uso de energía que los humanos repetimos sin explicación, esto se convierte inevitablemente en pérdidas energéticas. El ejemplo más sencillo de este tipo de comportamientos son los hábitos “ineficientes” en el hogar como encender lámparas inútiles o sin presencia de personas, usar la lavadora con mediana carga y muchos más. Este tipo de comportamientos en la industria es habitual. Después de un diagnóstico más o menos sencillo se pueden encontrar procesos en los

cuales se producen pérdidas energéticas sin tener respuesta: caso de calderas y procesos en vacío, errores en la operación y diseño de sistemas de climatización e iluminación entre otros.

1.2.4 Formas de gestionar la eficiencia energética.

1.2.4.1 Uso racional de energía.

Este término, que engloba la eficiencia energética, se puede entender como la utilización de tecnologías y/o prácticas más eficientes en el uso de la energía de forma que se traduzcan en un menor consumo energético. Ahora bien, una definición formal del uso racional de energía puede ser: “Es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades de la cadena el desarrollo sostenible”.

1.2.4.2 Manejo desde el lado de la demanda.

El manejo desde el lado de la demanda es una práctica habitual en empresas de distribución. Manejar la demanda de energía tiene beneficios innegables para las empresas eléctricas como el poder sustituir compras en periodos de punta (donde la generación es más costosa) y poder planificar las inversiones tanto en generación como en transporte o distribución. Todas las acciones en DSM no están diseñadas para ahorrar energía, algunas de ellas están dirigidas a aprovechar horas de mejor precio de generación como sustitución entre picos y valles. Por lo tanto se convierte en una actividad con beneficios más financieros que ambientales, sin embargo es posible buscar algún tipo de incentivo regulatorio que signifique beneficios a los que a su vez apliquen medidas de DSM que signifiquen mejoras en el consumo de energía.

1.2.4.3 Conservación de la energía.

Es un término americano relacionado con reducir la cantidad de energía manteniendo las cantidades producidas. Este término aparece más relacionado con planes

energéticos y con la política energética regional o global y no tanto con la industria o el hogar. En general “energy conservation” es una práctica destinada a mejorar el consumo de energía en diversos sectores y sus efectos pueden estar relacionados con el medio ambiente.

1.2.4.4 Gerencia energética.

Para los autores la Gerencia energética es el conjunto de actividades dedicadas a realizar la gestión de la energía, en cualquier sector, desde el punto de vista económico, tecnológico, social y ambiental, buscando el uso óptimo de esta y su mejor relación con el entorno.

1.3 Estado del arte de los métodos de compensación energética.

El consumo de energía de cualquier instalación eléctrica viene determinada por la siguiente expresión:

$$E = V \times I \times \text{Cos } \varphi \times t$$

Donde:

E → Energía eléctrica (kWh).

V → Tensión (voltios).

I → Intensidad (amperios).

Cos φ → Factor de potencia. .

t → Tiempo (segundos).

Por lo tanto, si se quiere influir en su valor se debe modificar alguno de los términos que componen. En la actualidad hay diversos aparatos o técnicas que nos dan la facultad de modificar estos términos.

1.3.1 Regulador de tensión.

Un regulador de voltaje (también llamado estabilizador o acondicionador de voltaje) es un equipo eléctrico que acepta una tensión eléctrica de voltaje

variable a la entrada, dentro de un parámetro predeterminado y mantiene a la salida una tensión constante (regulada).



Figura 1.1 Regulador de tensión genérico.

Existen diversos tipos de reguladores de voltaje, los más comunes son de dos tipos: para uso doméstico o industrial. Los primeros son utilizados en su mayoría para proteger equipo de cómputo, video, o electrodomésticos. Los segundos protegen instalaciones eléctricas completas, aparatos o equipo eléctrico sofisticado, fabricas, entre otros.

Existen diversos tipos de reguladores en el mercado, los cuales se clasifican de acuerdo al principio o tecnología de regulación que utilizan. Los más importantes son:

1.3.1.1 Reguladores electromecánicos.

Estos reguladores basan su principio de funcionamiento en un auto transformador de columna, sobre la cual se dispone un cursor accionado por un servomotor, que en su recorrido suma o resta espiras. Este movimiento de auto ajuste es controlado por un comando electrónico, que se activa cada vez que la tensión de salida se desvía de su valor de calibración, ajustándose automáticamente y con ello mantiene permanentemente la tensión de salida estable, la respuesta es lenta a las variaciones rápidas de tensión. Las ventajas que ofrece este principio son que cuenta con una alta precisión (1,5%) y eficiencia del 99%, teniendo capacidad de sobrecarga de hasta 500% sin generación de contenido armónico, sin embargo aunque no genera ruido armónico tampoco lo elimina. Su vida útil es mayor a 25 años en funcionamiento continuo a plena carga por su diseño y robustez.

1.3.1.2 Reguladores electrónicos.

Este tipo de estabilizadores basan su regulación en un control electrónico, pueden llevar microprocesador para regular o simplemente un circuito de control que detecta las variaciones del voltaje y hace la corrección a través de relevadores para regular la tensión. Su tiempo de respuesta y velocidad de regulación son rápidos además de ser económicos en comparación a los otros tipos. Sin embargo, los rangos de tensión de entrada son reducidos y la precisión de la tensión de salida es baja de +/- 3% a +/- 5%. Su diseño propicia que se desconecten para autoprotgerse en condiciones extremas de alta y baja tensión, lo que genera costos de mantenimiento haciéndolos equipos de corta duración. En la mayoría de los casos solo ofrecen regulación en la fase y no en la línea de neutro, se autoprotegen utilizando varistores a la salida para provocar un corto circuito y activar su fusible.

1.3.1.3 Reguladores ferrosresonantes.

La ferrosresonancia es la propiedad del diseño de un transformador en el cual el transformador contiene dos patrones magnéticos separados con acoplamiento limitado entre ellos. La salida contiene un circuito resonante paralelo que toma su potencia del primario para reemplazar la potencia entregada a la carga. Hay que notar que la resonancia en la ferrosresonancia es similar a aquella en los circuitos lineales con condensadores o inductores en serie o paralelo, en donde la impedancia tiene un pico a una frecuencia en particular. En un circuito no lineal, como el que se usa en los transformadores ferrosresonantes, la resonancia se usa para reducir los cambios en el voltaje de alimentación para suministrar un voltaje más constante a la carga.

1.3.1.4 Beneficios principales.

Entre las ventajas más importantes hay que destacar las siguientes:

- Funcionamiento permanente y seguro de todos sus equipos, las variaciones de voltaje de la red eléctrica no afectarán el

funcionamiento, la calidad de sus procesos y tiempo de fabricación.

- Eliminar los recursos económicos gastados innecesariamente, aprovechando todo el potencial instalado: recursos técnicos, humanos, materiales, y de tiempo.
- Incremento en la productividad y eficiencia del sistema protegido así como aumento de la vida útil de los equipos que lo forman.

1.3.2 Baterías de condensadores.

1.3.2.1 El condensador

Se llama condensador a un dispositivo que almacena carga eléctrica. El condensador está formado por dos conductores próximos uno a otro, separados por un aislante, de tal modo que puedan estar cargados con el mismo valor, pero con signos contrarios.

En su forma más sencilla, un condensador está formado por dos placas metálicas o armaduras paralelas, de la misma superficie y encaradas, separadas por una lámina no conductora o dieléctrico. Al conectar una de las placas a un generador, ésta se carga e induce una carga de signo opuesto en la otra placa. Por su parte, teniendo una de las placas cargada negativamente (Q^-) y la otra positivamente (Q^+) sus cargas son iguales y la carga neta del sistema es 0, sin embargo, se dice que el condensador se encuentra cargado con una carga Q .

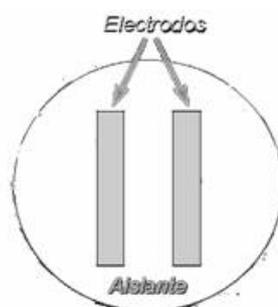


Figura 1.2 Esquema de un condensador.

Los condensadores pueden conducir corriente continua durante sólo un instante, aunque funcionan bien como conductores en circuitos de corriente alterna. Es por esta propiedad lo convierte en dispositivos muy útiles cuando se debe impedir que la corriente continua entre a determinada parte de un circuito eléctrico.

Los condensadores se utilizan junto con las bobinas, formando circuitos en resonancia, en las radios y otros equipos electrónicos. Además, en los tendidos eléctricos se utilizan grandes condensadores para producir resonancia eléctrica en el cable y permitir la transmisión de más potencia.

Los condensadores se fabrican en gran variedad de formas y se pueden mandar a hacer de acuerdo a las necesidades de cada uno. El aire, la mica, la cerámica, el papel, el aceite y el vacío se usan como dieléctricos, según la utilidad que se pretenda dar al dispositivo. Pueden estar encapsulados en baquelita con válvula de seguridad, sellados, resistentes a la humedad, polvo, aceite; con terminales para conector hembra y/o soldadura. También existen los condensadores de Marcha o Mantenimiento los cuales están encapsulados en metal. Generalmente, todos los Condensadores son secos, esto quiere decir que son fabricados con cintas de plástico metalizado, autoregenerativos, encapsulados en plástico para mejor aislamiento eléctrico, de alta estabilidad térmica y resistentes a la humedad.

.1.3.2.2 Factor de potencia.

El factor de potencia se define como el desfase (φ) entre la tensión y la intensidad, o en otras palabras, el retraso en el tiempo que sufren la onda de tensión y de intensidad en pasar por un punto determinado.

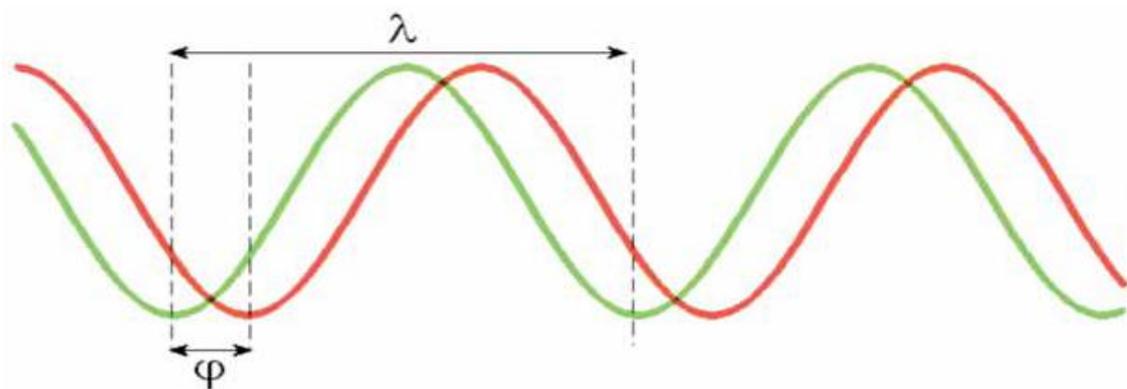


Figura 1.3 Desfase (ϕ) entre tensión (rojo) e intensidad (verde) en forma de onda para un caso inductivo.

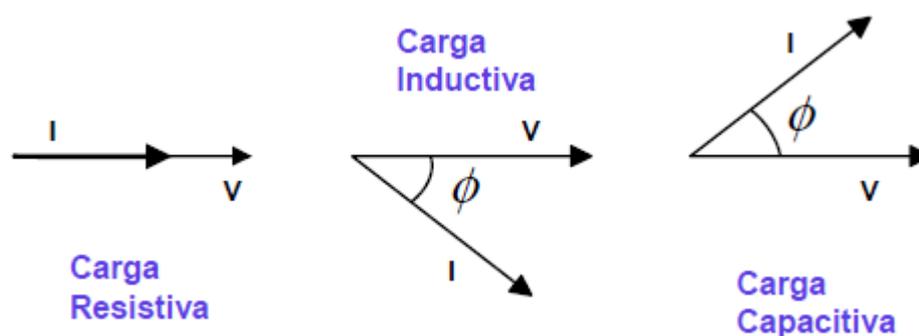


Figura 1.4 Desfase (ϕ) entre tensión e intensidad en forma vectorial para diferente tipos de cargas.

Este desfase viene producido por la creación de campos electromagnéticos necesarios para muchos procesos en la industria, comercio y vivienda. Cualquier motor, reactancia o transformador necesita para su funcionamiento la creación de una inducción magnética. Esta inducción magnética aparece cuando se hace circular una determinada intensidad a través de un arrollamiento, creándose un campo magnético que se hace incidir sobre un segundo arrollamiento. Este segundo arrollamiento puede ser fijo (en los transformadores y reactancias) o móvil (en los motores).

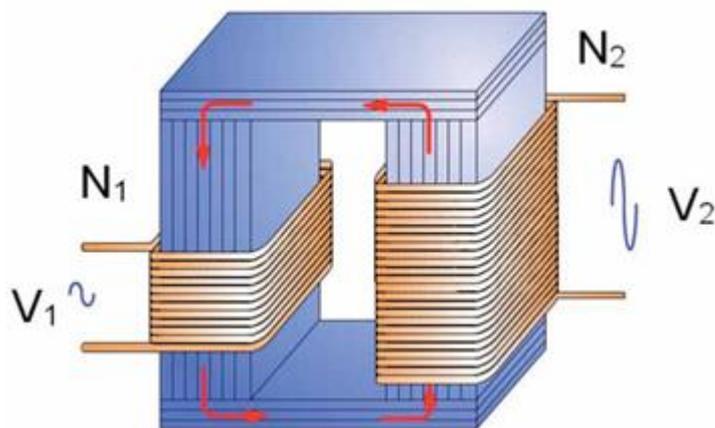


Figura 1.5 Núcleo de transformador genérico.

Por lo tanto, en este fenómeno de creación del campo magnético se produce una división de la energía entregada por la red:

- Potencia efectiva o real.

Es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo. Se mide en vatios (w), se designa con la letra P y viene determinada mediante la expresión:

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

- Potencia reactiva.

Es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores. Se mide en voltamperios reactivos (var), se denomina con la letra Q y viene determinada por la siguiente expresión:

$$Q = V \times I \times \sin \varphi$$

- Potencia aparente.

La potencia aparente o compleja de un circuito eléctrico de corriente alterna es la suma (vectorial) de la potencia que disipa dicho circuito y se transforma en calor o trabajo (P) y la potencia utilizada para la formación de los campos eléctrico y magnético de sus componentes, que fluctuará entre estos

componentes y la fuente de energía (Q). La relación entre todas las potencias aludidas es:

$$S^2 = P^2 + Q^2.$$

Se mide en voltamperios (va), se representa con la letra S y también viene definida por la siguiente expresión:

$$S = V \times I^*$$

Donde la I^* es la Intensidad conjugada.

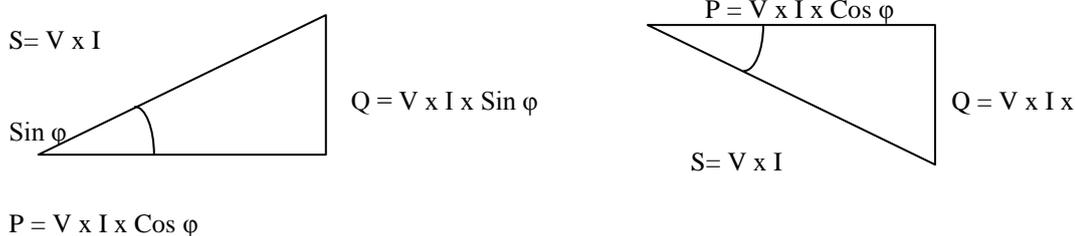


Figura 1.6 Triángulo de potencias, caso inductivo ($Q > 0$) y capacitivo ($Q < 0$)

Como se puede apreciar el factor de potencia es igual al cociente entre la potencia real y la aparente siendo máximo cuando estas son iguales.

$$\cos \phi = P / S$$

Desde el punto de vista de la distribución eléctrica, tanto de la industria dedicada a su generación como de la propia industria que la consume, la existencia de la energía reactiva no es asumible desde un punto de vista económico. Es por ello, que sucesivos Reales Decretos permiten a las compañías eléctricas la aplicación de penalizaciones en sus facturas según el nivel de energía reactiva.

1.3.2.3. ¿Por qué corregir el factor de potencia?

Las principales razones por la que se quiere corregir el factor de potencia son intentar erradicar o reducir los siguientes problemas:

a) Problemas económicos:

Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.

Penalización de hasta un 120 % del costo de la facturación.

b) Problemas técnicos:

Mayor consumo de corriente.

Aumento de las pérdidas en conductores.

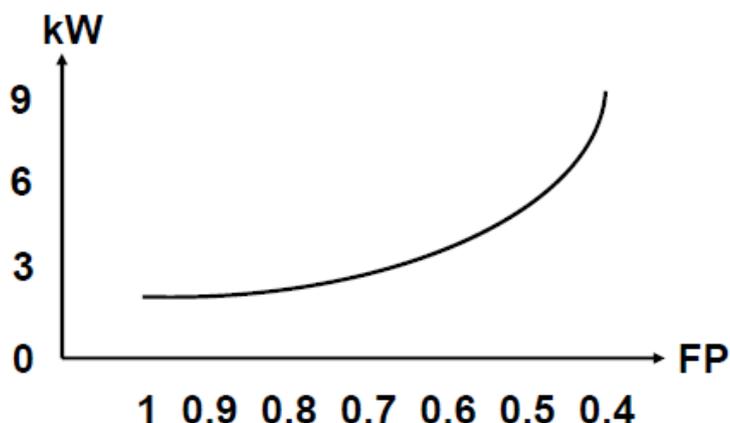


Figura 1.7 Pérdidas en un conductor frente al factor de potencia.

- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
- Incremento de las caídas de voltaje.

La corrección del factor de potencia se realiza básicamente por razones económicas. Durante los primeros meses después de la instalación de un equipo de corrección del factor de potencia, el ahorro en la factura se destina a sufragar los gastos de la compra e instalación del mismo. Una vez pasados estos meses, el funcionamiento del equipo revierte en una disminución de los costes fijos de la empresa.

1.3.2.4. Como se corrige el factor de potencia.

a) Cálculo de la potencia y capacidad de los condensadores:

Las cargas inductivas requieren potencia reactiva para su funcionamiento. Esta demanda de potencia reactiva ($Q > 0$) se puede reducir e incluso anular si se colocan baterías de condensadores en paralelo con la carga que consumen potencia reactiva capacitiva ($Q < 0$) contrarrestando o anulando esa potencia reactiva requerida por las cargas inductivas.

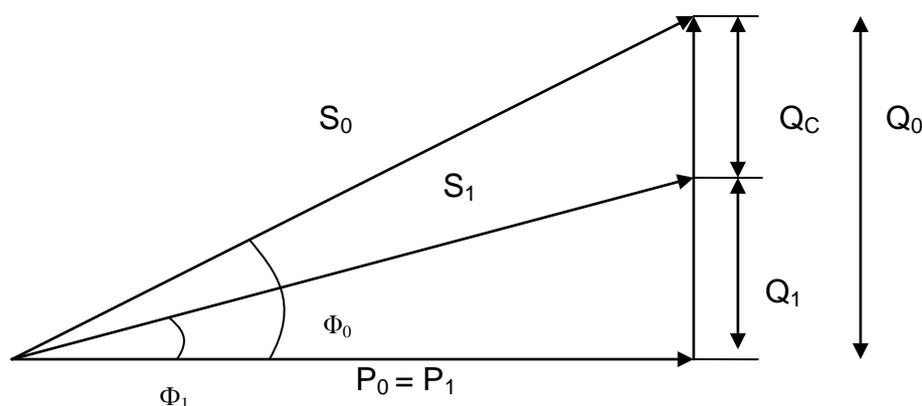


Figura 1.8 Triángulo de potencias compensado con energía capacitiva (Q_c).

En la figura anterior se tiene:

Q_0 es la demanda de reactivos de una carga inductiva y la potencia aparente correspondiente S_0 .

Q_c es la potencia reactiva aportada por los condensadores.

Q_1 es el nuevo consumo después de instalar los condensadores junto con su potencia aparente correspondiente S_1 .

La compensación de reactivos no afecta el consumo de potencia activa, por lo que esta es constante ($P_0 = P_1$).

Por tanto de la figura se obtiene que en cualquier instalación eléctrica si se quiere pasar de tener $\cos(\Phi_0)$ a tener $\cos(\Phi_1)$, siendo $\Phi_0 > \Phi_1$, se debe instalar una batería de condensadores capaz de suministrar una Q_c (potencia reactiva de carácter capacitivo).

Como la potencia reactiva (Q) es:

$$Q = P \times \tan \Phi \quad \text{var}$$

La potencia reactiva total suministrada por la batería de condensadores es:

$$Q_c = Q_0 - Q_1 \quad \text{var}$$

$$Q_c = P \times (\tan \Phi_0 - \tan \Phi_1) \quad \text{var}$$

Para el caso monofásico la Q_c sería la potencia necesaria que debe aportar la batería de condensadores en cuestión cuya capacidad vendría determinada por:

$$X_c = \frac{1}{C \cdot W} \longrightarrow C = \frac{1}{X_c \cdot W}$$

$$Q = \frac{V^2}{X_c} \longrightarrow X_c = \frac{V^2}{Q} \longrightarrow C = \frac{1}{\frac{V^2}{Q} \cdot W}$$

Donde:

X_c es la reactancia del condensador (en valor absoluto) cuya unidad es ohmios (Ω)

C es la capacidad del condensador cuya unidad son faradios (F)

W es la velocidad angular definida por $2\pi f$ cuya unidad son los radianes/segundo (Rad/s)

V es la tensión a la que se conectan los condensadores medida en voltios (V)

Q es la potencia reactiva capacitiva de los condensadores cuya unidad son los voltamperios reactivos (var).

Para el caso de que el sistema sea trifásico valen las expresiones anteriores, solo hay que tener en cuenta de que la potencia total Q se

tendría que dividir entre 3 para hallar la capacidad por fase y dimensionar los condensadores.

b) Tipo de conexión de la batería (trifásica):

Para el caso trifásico habría que hacer una diferenciación si conectas la batería de condensadores en estrella o triángulo.

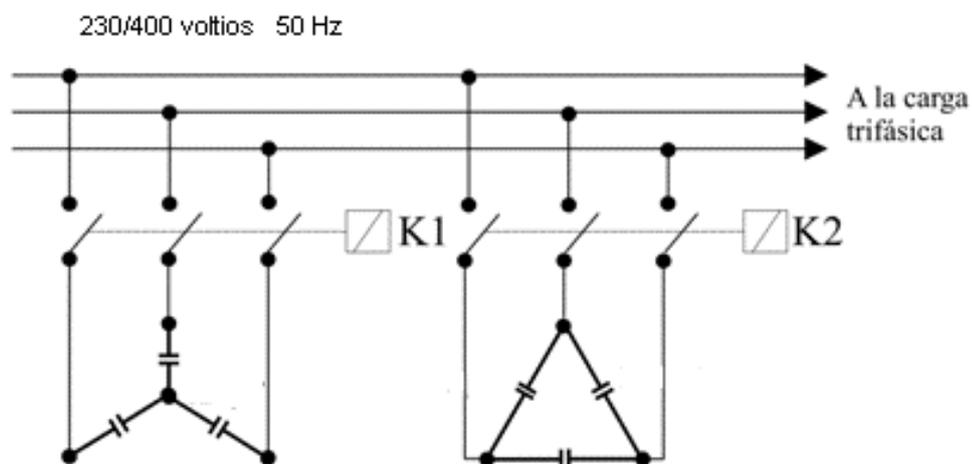


Figura 1.9 Esquema de conexión de baterías de condensadores en estrella y triángulo.

$$C = \frac{1}{\frac{V^2}{Q} \cdot W}$$

Teniendo en cuenta la expresión de la capacidad anterior y la forma de conexión de la batería de condensadores:

- Estrella

En este caso los condensadores soportan la tensión simple cuyo valor es 230 v y por consiguiente la capacidad de cada condensador sería mayor que en el caso de conexión triángulo.

- Triángulo

En este caso los condensadores deben soportar la tensión compuesta cuyo valor son 400 v y por consiguiente la capacidad de los condensadores sería menor que en caso anterior.

c) Asociación de condensadores:

Puede darse el caso de que el valor de la capacidad de los condensadores calculada no se encuentre disponible en el mercado, por lo que se tendría que intentar con los condensadores que se comercializan acercarse lo más posible a la calcula por medio asociaciones en paralelo o en serie.

- Asociación en paralelo

En la siguiente figura tenemos un ejemplo de asociación en paralelo de tres condensadores con capacidades C_1 , C_2 , C_3 y estando la asociación conectada a una fuente de continua.

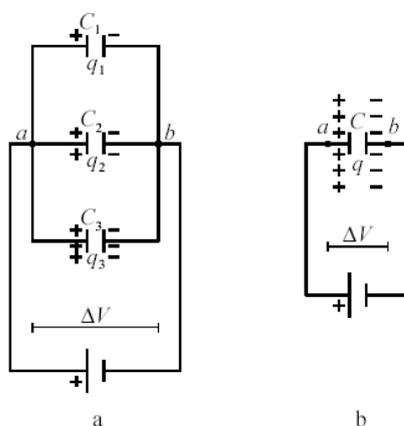


Figura 1.10 Condensadores en paralelo (a) y su circuito equivalente (b).

Suponiendo ideales los conductores del circuito, las armaduras izquierdas (con signo positivo por estar conectadas al borne positivo de la fuente) de los tres condensadores están al mismo potencial. Las armaduras derechas (con signo negativo) también están al mismo potencial. Obsérvese que en la asociación en paralelo de condensadores los bornes del mismo signo están conectados entre sí. En consecuencia, la diferencia de potencial) V de los

tres condensadores es la misma e igual a la de la fuente, por lo que se verifica:

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$$

Durante todo el proceso de carga de los condensadores de la asociación, la fuente desplaza carga eléctrica para cargar con q_1 el condensador C_1 , con q_2 el condensador C_2 , etc. de tal forma que la carga total q desplazada por la fuente al final del proceso de carga viene determinada por:

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

Siendo los valores de dichas cargas q_i los siguientes (teniéndose en cuenta que $\Delta V_1 = \Delta V$, $\Delta V_2 = \Delta V$, etc.):

$$q_1 = C_1 \Delta V_1 = C_1 \Delta V$$

$$q_2 = C_2 \Delta V_2 = C_2 \Delta V$$

$$q_3 = C_3 \Delta V_3 = C_3 \Delta V$$

Por otra parte, de la figura b tenemos el condensador equivalente con capacidad C que reemplaza a la asociación en paralelo de los tres condensadores. Este condensador equivalente, para producir los mismos efectos que la asociación, tendrá que almacenar la carga total q suma de los tres condensadores (la fuente deberá desplazar la misma carga que antes de substituir la asociación por el condensador equivalente) y estar sometido a la misma diferencia de potencial de la asociación, ΔV , siendo el valor de q :

$$Q = C \Delta V$$

Para calcular la capacidad C del condensador equivalente se substituyen las expresiones de las cargas obteniendo:

$$C \Delta V = C_1 \Delta V + C_2 \Delta V + C_3 \Delta V$$

que al eliminar el factor común ΔV queda:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Expresión que se puede generalizar muy fácilmente para una asociación en paralelo de n condensadores:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum C_i$$

La capacidad equivalente de una asociación de condensadores en paralelo es igual a la suma de las capacidades de los condensadores asociados, observándose que al añadir más condensadores a la asociación se incrementa la capacidad de la misma, siendo la capacidad del condensador equivalente superior a la del condensador de mayor capacidad de la asociación.

- Asociación en serie

En la siguiente figura tenemos un ejemplo de asociación en serie de dos condensadores con capacidades C_1 y C_2 , estando conectada la asociación a una fuente de continua que somete a la asociación a una diferencia de potencial V . En el proceso de carga, la fuente desplaza electrones de la armadura izquierda de C_1 a la armadura derecha de C_2 a través de la fuente, en una cantidad equivalente en carga positiva que podemos denominar q , adquiriendo las armaduras los signos que se indican en dicha figura y con la misma cantidad de carga.

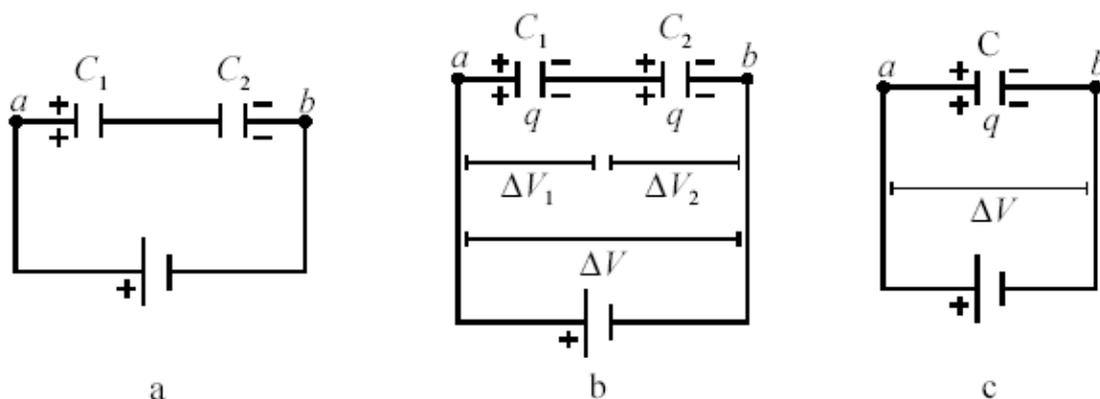


Figura 1.11 Condensadores en serie (a y b) y su circuito equivalente(c).

Los electrones del metal de la armadura izquierda de C2 son repelidos desplazándose hacia la izquierda, quedando la armadura derecha de C1 cargado con $-q$ y la armadura izquierda de C2 con $+q$, tal como se indica en la Figura b. En consecuencia, las armaduras interiores se cargan por inducción.

En definitiva, la carga adquirida por cada condensador es la misma en todos ellos:

$$q = q_1 = q_2$$

Quedando claro que la fuente sólo desplaza una cantidad de carga q . Puesto que la carga en cada condensador es la misma y en general la capacidad será diferente, entonces cada condensador de la asociación estará sometido a una diferencia de potencial) V_i cuyos valores vendrán dados por:

$$\Delta V_1 = q_1 / C_1 = q / C_1$$

$$\Delta V_2 = q_2 / C_2 = q / C_2$$

Siendo la caída de tensión total igual a la suma de las caídas de tensiones:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

Además, tal como se observa en la Fig.b, en una asociación en serie las armaduras de distintos signos están unidas entre sí.

En la Fig.c, tenemos el condensador equivalente de capacidad C que substituye a la asociación.

Este condensador equivalente, para que produzca los mismos efectos en el circuito que los que produce la asociación, tendrá que almacenar una carga q (la misma que desplazó la fuente para cargar los dos condensadores de la asociación) y estar sometido a la tensión total V , por lo que para dicho condensador equivalente se cumple:

$$\Delta V = q / C$$

con un valor de la capacidad que obtendremos al substituir las expresiones anteriores en:

$$q / C = q / C_1 = q / C_2$$

De donde eliminamos el factor común q :

$$1 / C = 1 / C_1 = 1 / C_2$$

Que generalizando para una asociación en serie de n condensadores se obtiene:

$$1 / C = 1 / C_1 + 1 / C_2 + \dots + 1 / C_n = \sum 1 / C_i$$

Obsérvese que la adición de un condensador en serie incrementa $1/C$, lo que significa que la capacidad equivalente de la asociación en serie disminuye a medida que se añaden condensadores a dicha asociación, siendo la capacidad del condensador equivalente inferior a la del condensador de la asociación de menor capacidad.

1.3.2.5 Métodos de compensación de la energía reactiva.

a) Compensación centralizada y regulada.

Es la más utilizada entre todos los tipos de compensación. Se trata de compensar en la acometida de la instalación, de forma que la instalación quede sin energía reactiva justo antes del contador de energía eléctrica.

Para ello es necesaria una batería de condensadores regulada. El equipo, pues, contiene un regulador que a partir de las señales de intensidad y tensión provenientes de la instalación es capaz de conectar y/o desconectar aquellos pasos necesarios para alcanzar el nivel de compensación requerido.

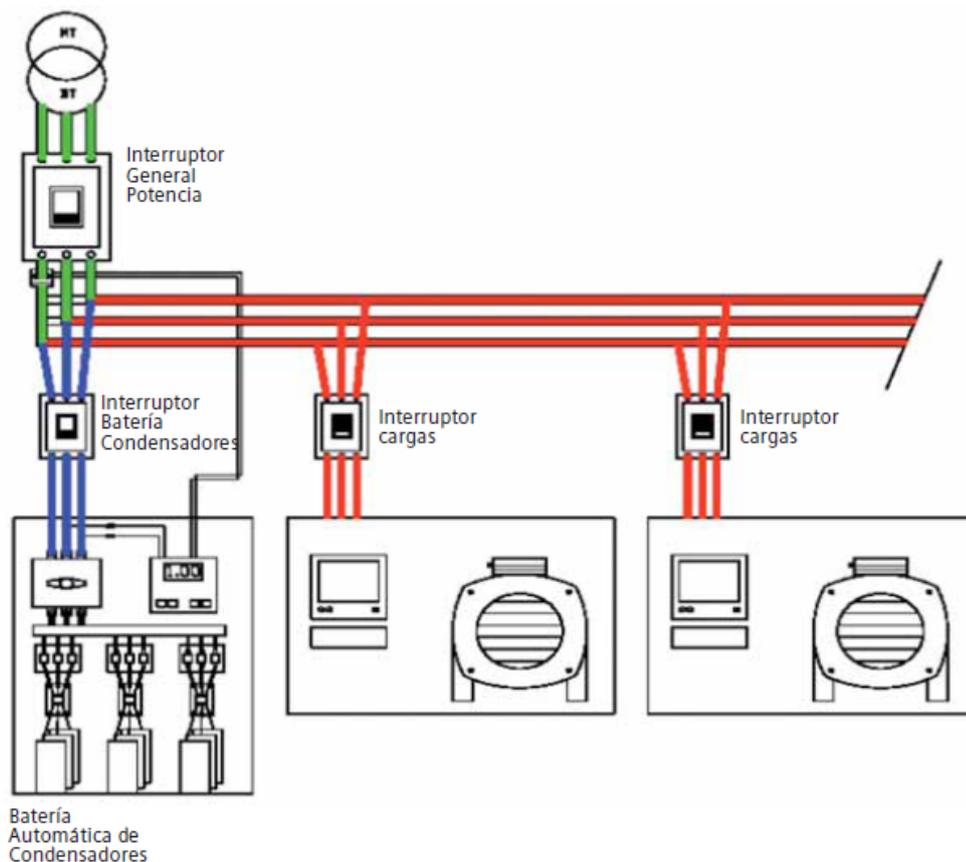


Figura 1.12 Esquema de una compensación centrada y regulada.

b) Compensación fija: motores y transformadores.

La compensación fija o distribuida acomete la compensación de todos los elementos generadores de energía reactiva punto a punto. Para los motores se realiza una compensación retardada para evitar la desexcitación del rotor durante la arrancada del motor.

Para los transformadores se instalan condensadores fijos dimensionados al 5% de la potencia nominal del transformador. Estas compensaciones de transformadores se realizan en instalaciones donde el contador de la compañía se halla situado en Media Tensión, debiéndose compensar en esta situación, la energía reactiva del mismo. Es aconsejable la colocación de seccionadores en carga para la eventual sustitución de fusibles.

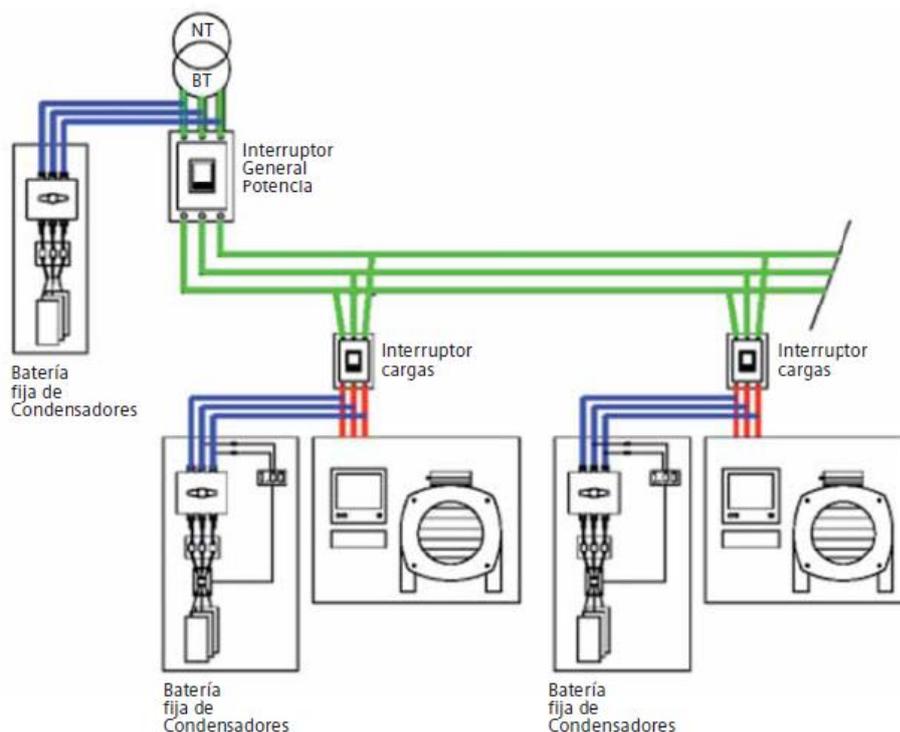


Figura 1.13 Esquema de una compensación fija: motores y transformadores.

1.3.2.6 Otros usos de los condensadores.

Los condensadores suelen usarse, además de como corrector del factor de potencia, para:

- Baterías, por su cualidad de almacenar energía.
- Memorias, por la misma cualidad.
- Filtros.
- Adaptación de impedancias, haciéndolas resonar a una frecuencia dada con otros componentes.
- Modular la amplitud (AM), junto con un diodo.
- El flash de las cámaras fotográficas.
- Tubos fluorescentes.
- Mantener corriente en el circuito y evitar caídas de tensión.

1.3.3 Gestión energética y Gestor energético.

1.3.3.1 Definición.

La gestión energética es la suma de medidas planificadas y llevadas a cabo para conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía mientras se mantienen los niveles de confort (en oficinas y edificios) y los niveles de producción (en fábricas).

Se puede aplicar a una fábrica, a un edificio de oficinas, a un centro deportivo, a una vivienda, y a cualquier tipo de edificio dónde se requiera un uso de energía. Para hacer un uso eficiente de la energía y, como consecuencia, para ahorrarla, las acciones se centran en:

- Conservación de la energía
- Recuperación de la energía
- Sustitución de la energía

1.3.3.2 Factores con los que está relacionada la gestión energética.

a) Personas:

- Comportamiento.
Normalmente, el principal problema es que las personas tienen unos hábitos de uso de la energía que se deben mejorar. Cambiando estos hábitos, utilizaremos la energía más eficientemente y, como consecuencia, ahorraremos energía y, normalmente, también dinero. Por un lado, el que decide en temas de Gestión Energética es principalmente el Gestor Energético con el soporte del Director General. Son personas que pueden cambiar la política energética. Por otro lado, todos los que utilizan el edificio pueden hacer algo para mejorar su uso energético. Una de las tareas más importantes de la Gestión Energética es informar a la personas con el objetivo de cambiar sus hábitos en lo que se refiere al uso de la energía.

- Ocupación.

El número de horas que el edificio está ocupado es un factor que influye en la demanda de energía.

b) Edificio:

Hay algunos aspectos del edificio que influyen en las necesidades energéticas.

- Luz natural: Se debería utilizar tanta luz del sol como sea posible. De esta forma, es seguro que necesitaremos menos luz artificial.
- Calor del sol: En verano se puede utilizar menos aire acondicionado si se protege el hogar utilizando persianas o cortinas.
- Controles del sistema energético: Los aparatos de control como termostatos, interruptores... deberían ser fácilmente accesibles por los usuarios. Esto permitirá que las personas hagan un uso más efectivo de la energía.
- Distribución del sistema energético: Con una distribución más eficiente de los sistemas energéticos podemos reducir el consumo de energía.
- Eficiencia del sistema energético: El consumo de energía disminuirá si se utiliza un sistema más eficiente.

c) Tipo de energía utilizada:

Algunos servicios energéticos se pueden conseguir con diferentes tipos de energía. La calefacción se puede obtener con el gas, combustibles sólidos, petróleo, electricidad o el sol. Se puede considerar el cambio del tipo de energía que se utiliza para conseguir un ahorro energético. El coste de la energía se debe incluir en los costes de los equipos. Generalmente, el equipo de calefacción eléctrica es más barato que los paneles solares, pero el sol es gratis.

Se puede necesitar menos consumo de energía con un sistema eléctrico de calentamiento de agua que con una caldera de gas, pero en realidad utilizaremos más energía. Se compra energía final, pero en realidad lo que es realmente consumido es energía primaria, es decir, la cantidad de energía bruta que se utiliza para proporcionar la energía final que se compra o se mide. Por ejemplo, las centrales térmicas tradicionales necesitan alrededor de tres veces la energía eléctrica que proporcionan.

Al final se compra electricidad, pero en realidad lo que se consume es carbón, petróleo, gas o uranio, o agua, viento o sol. Cuando se compra electricidad procedente de las fuentes renovables, no se consume energía primaria. En algunos países de la UE se puede escoger la electricidad generada a partir de las fuentes renovables.

d) Control de carga.

Controlando el tiempo de las cargas eléctricas se puede reducir el coste de la electricidad sin reducir el consumo. Hay que evitar las puntas de carga o el consumo en niveles de tarifa altos.

e) Equipo instalado.

El equipo instalado es uno de los solicitantes de energía más importantes del edificio. Dependiendo de su eficiencia y comportamiento, habrá diferentes niveles de demanda en energía.

f) Factores externos.

Hay algunos factores externos, como las condiciones meteorológicas, que influyen en la demanda energética y, por tanto, en la Gestión Energética.

1.3.3.3 Gestor Energético.

De todo lo descrito anteriormente se encarga el Gestor Energético, persona responsable de llevar a cabo medidas para poder alcanzar una buena gestión energética.

Depende del tamaño del edificio y de su consumo energético. Esto significa que en un edificio de oficinas normalmente hay suficiente con el Gestor Energético con el soporte del Director. En este caso, el Gestor Energético puede ser el Responsable del Mantenimiento. En cada gran edificio o fábrica, normalmente se necesita un equipo energético mayor, que se denomina Comité Energético.

Entre sus principales funciones cabe destacar:

- Organizar la recogida de datos.
- Realizar el análisis de los datos.
- Controlar el suministro de energía.
- Identificar las oportunidades de ahorro energético.
- Motivar el personal para seguir sus recomendaciones.
- Analizar los resultados.
- Informar al personal, al Director General, al los Directores de Departamento, al Director Financiero.

2.- El compensador energético “Ultra”.

Como se ha visto anteriormente, hay diversos aparatos o técnicas capaces de influir beneficiosamente en el consumo eléctrico, reguladores de tensión, condensadores, figuras como el gestor energético o la concienciación sobre la eficiencia energética son algunos ejemplos.

Pero ninguno de estos actúa sobre la variable de la intensidad específicamente ya que su reducción o ahorro se hace por medios indirectos y son consecuencia de los mismos.

En la actualidad se han desarrollado diversos dispositivos llamados *compensadores energéticos* o *reductores de flujo eléctrico* que supuestamente reducen los valores de intensidad por medio de diferentes efectos sin que la instalación o el proceso se vean afectados directamente.

Un ejemplo de estos aparatos es el compensador energético “ULTRA” que se describirá ampliamente a continuación.

2.1 Descripción.

El dispositivo “ULTRA” es un compensador energético que reduce las pérdidas de energía térmica debido a una mejora del flujo de corriente ya que es capaz de crear efectos de la superconductividad a temperatura ambiente pudiéndose aplicar en la mayoría de ambientes.



Figura 2.1 Imagen del dispositivo “ULTRA”.

Internamente el dispositivo está compuesto por:

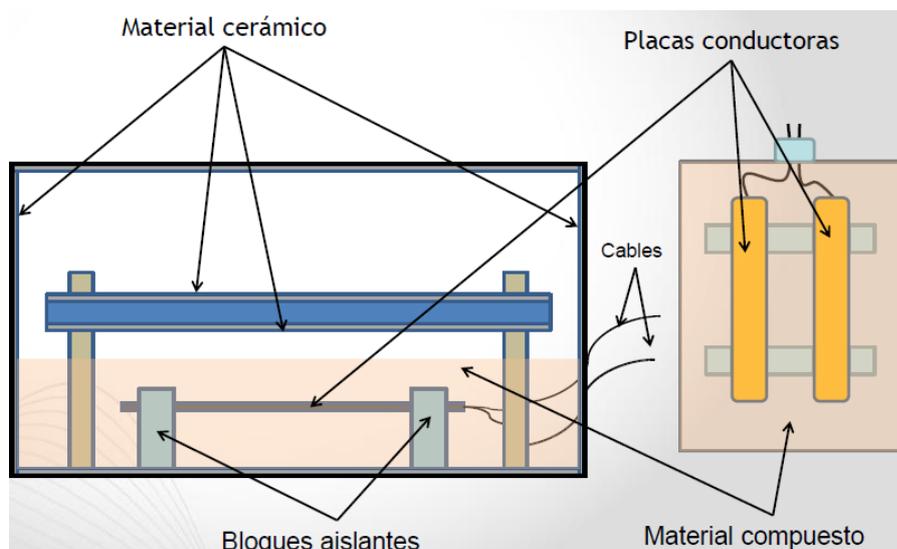


Figura 2.2 Composición interna del dispositivo "ULTRA".

2.2 Principio de funcionamiento.

El dispositivo "ULTRA" basa su principio de funcionamiento en temas relacionados con la teoría de la superconductividad, por eso antes, se deben desarrollar algunos aspectos fundamentales de la superconductividad como son: el efecto en sí de la superconductividad, las teorías que la explican y los pares de Cooper

2.2.1 Superconductividad.

Se denomina superconductividad a la capacidad intrínseca que poseen ciertos materiales para conducir corriente eléctrica sin resistencia ni pérdida de energía en determinadas condiciones.

Las principales observaciones experimentales asociadas al fenómeno de la superconductividad son las siguientes:

- a) Por debajo de una temperatura crítica T_c la resistividad eléctrica en corriente continua se vuelve ≈ 0 , observándose una corriente persistente o *supercorriente*. En bobinas superconductoras se han observado corrientes persistentes que no disminuyen su valor incluso

al cabo de un año implicando este hecho que la resistividad eléctrica $< 10^{-25}$ Ohm·m. Para corriente alterna, el superconductor ofrece resistencia, aunque para frecuencias bajas es muy pequeña.

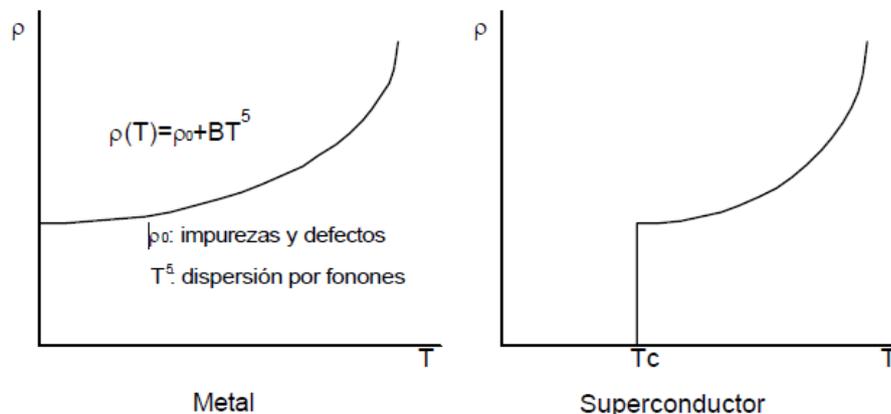


Figura 2.3 Resistividad de un metal y de un superconductor a baja temperatura.

- b) Los materiales superconductores poseen propiedades magnéticas sorprendentes; un superconductor masivo en un campo magnético débil se comporta como un diamagnético perfecto, es decir, la inducción magnética en su interior es nula dado que el flujo magnético es expulsado del interior de la muestra. Este fenómeno recibe el nombre de efecto Meissner.

El efecto *Meissner* consiste en la expulsión del campo magnético del interior del superconductor al aplicar un campo magnético externo menor que B_c , de manera que un superconductor se comporta como un diamagnético ideal. Este hecho provoca fenómenos tales como la levitación de un imán sobre un superconductor.

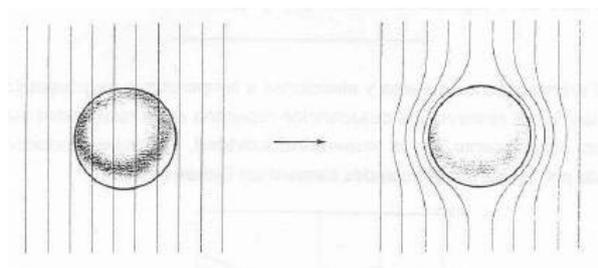


Figura 2.4 Efecto Meissner en una esfera superconductora enfriada en presencia de un campo magnético constante; al enfriarla por debajo de la temperatura de transición el flujo magnético es expulsado del interior de la esfera.

- c) Destrucción de la superconductividad por campos magnéticos. La tercera propiedad fundamental de un superconductor consiste en que al aplicar un campo magnético superior a un valor crítico, B_c , a una muestra superconductora, ésta recupera su resistencia eléctrica normal provocando la desaparición de la superconductividad. El valor del campo crítico B_c depende de temperatura, tal y como se muestra en la figura inferior, comprobándose como a la temperatura crítica T_c el campo crítico es nulo: $B_c(T_c) = 0$. Una buena aproximación para la dependencia del campo crítico B_c con la temperatura viene dada por la expresión:

$$B_c(T) = B_c(0) \left[1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^2 \right]$$

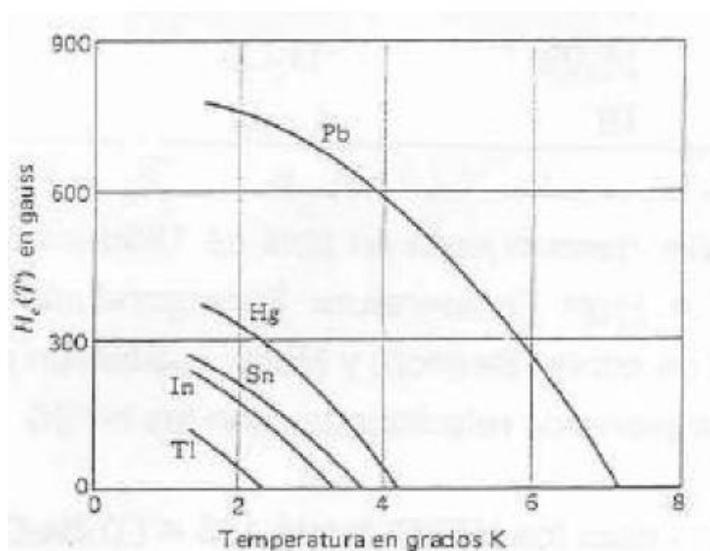


Figura 2.5 Curvas umbral del campo crítico H_c (en Gauss; 1 Gauss = 10^{-4} Tesla) en función de la temperatura.

La superconductividad ocurre en una gran variedad de materiales, incluyendo elementos simples como el estaño y el aluminio, diversas aleaciones metálicas y algunos semiconductores fuertemente dopados. La superconductividad no ocurre en metales nobles como el oro y la plata, ni en la mayoría de los metales ferromagnéticos.

2.2.2 Teoría BCS de la superconductividad.

Desde el descubrimiento de la superconductividad en 1911, los científicos han intentado explicar el funcionamiento de los superconductores. La elaboración de una teoría que desvele los misterios de la superconductividad podría permitir a los científicos desarrollar nuevos y mejores superconductores, y aprender más acerca de su comportamiento. En 1957 tres investigadores, John Bardeen, Leon Cooper y J. R. Schrieffer, publicaron una teoría que intentaba explicar cómo funcionan los superconductores. Esta teoría recibió el nombre de teoría BCS, y los tres investigadores fueron galardonados con el premio Nobel por su trabajo en 1972.

La teoría BCS afirma que los electrones que fluyen a través de un superconductor se agrupan en pares (llamados pares de Cooper).

Supongamos que un electrón pasa cerca de un núcleo iónico. Debido a la interacción (atractiva) de Coulomb, el ion positivo empezará a vibrar, es decir, se originará un fonón (partícula asociada a las vibraciones de la red cristalina), y la cantidad de movimiento del electrón se reducirá a. Si un segundo electrón pasa cerca de esa vibración de la red, ese segundo electrón se verá influenciado por ella, y si las condiciones (de cantidad de movimiento y energía) son favorables, es posible que el electrón absorba el fonón creado por el primer electrón, de manera que habrá una transferencia de cantidad de movimiento entre los dos electrones. De esta manera, el intercambio continuo de fonones entre electrones da lugar a una interacción efectiva electrón-electrón.

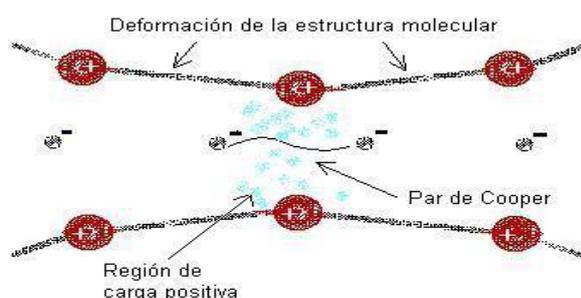


Figura 2.6 Ejemplo de formación de un par de Cooper.

En resumen, mientras que la conductividad en un metal es el resultado de movimientos individuales más o menos anárquicos de los electrones, la superconductividad se deriva del movimiento coordinado del conjunto de las parejas de electrones (pares de Cooper).

La teoría BCS supone que la actividad molecular de los átomos en la estructura cristalina del superconductor es muy reducida, cuando explica cómo los electrones pueden fluir a través de la red sin interferir con otras partículas. Los pares de Cooper sólo aparecen por debajo de una cierta temperatura crítica. La teoría BCS también explica porque un superconductor pierde su capacidad de conducir sin resistencia cuando se encuentra a una temperatura superior a su temperatura crítica. Por encima de esta, la agitación térmica de los iones (sus vibraciones alrededor de sus posiciones de equilibrio) se hace demasiado fuerte y provoca la ruptura del par de electrones, el segundo electrón de una pareja ya no puede “sentir” la huella del pasaje de su compañero.

Debido a que los nuevos superconductores fabricados en las últimas décadas tienen temperaturas críticas bastante superiores al Cero Absoluto, parece ser que la teoría BCS no explica por qué se produce superconductividad en estos nuevos materiales. Un ejemplo es el ibacuo (Y-Ba-Cu-O) cuya resistencia se vuelve nula a los 93 ° Kelvin (-180°C). Las temperaturas críticas son demasiado elevadas para poder suponer vibraciones atómicas reducidas, como ocurre en los antiguos superconductores. Aun así, la mayor parte de los teóricos creen que los electrones en los superconductores de alta temperatura fluyen emparejados.

Resulta bastante difícil encontrar una razón que explique el emparejamiento de los electrones en los nuevos superconductores de alta temperatura. Los físicos experimentales encuentran continuamente materiales a temperaturas críticas cada vez mas altas, sucediéndose sus descubrimientos en menos tiempo que el que necesitan los teóricos para poder explicarlos. Las teorías actuales atribuyen el emparejamiento de los electrones a un mecanismo

mucho más poderoso que la unión electrón-ion-electrón de la teoría BCS. Dicho mecanismo es el *excitón*.

El *excitón*, es un mecanismo de interacción más fuerte que los fonones y puede continuar operando a temperaturas más altas. Cuando los nuevos superconductores de alta temperatura son enfriados a su temperatura crítica, las vibraciones de la estructura cristalina se sincronizan de tal manera que los electrones son guiados a través de la red. Existen otras teorías que atribuyen el emparejamiento de electrones a altas temperaturas a mecanismo diferentes.

Aún no existe una explicación ampliamente aceptada de por qué se produce superconductividad a alta temperatura. Para las antiguas generaciones de superconductores con temperaturas críticas próximas al Cero Absoluto, basta la teoría BCS. Sin embargo, es preciso encontrar una nueva teoría para los nuevos materiales que tenga en cuenta su importante actividad atómica. Es dudoso que se acepte a corto plazo una teoría completa de la superconductividad, puesto que existen superconductores con temperaturas críticas aún más altas que están en fase de experimentación.

2.2.3 Limitaciones de la teoría BCS.

Aunque la teoría es notable en cuanto que fue la primera en arrojar luz en este campo, está lejos de ser la teoría definitiva. He aquí algunos ejemplos de ello:

- No logra explicar todos los superconductores:

Esta teoría explicó bien el comportamiento de ciertos superconductores, conocidos como superconductores convencionales (la mayoría de los cuales son superconductores de tipo I, como el aluminio, el plomo o el mercurio), pero fallaba a la hora de predecir resultados experimentales para los llamados superconductores no convencionales (que suelen ser sustancias más complejas, como aleaciones, cerámicas o fulerenos). Estos superconductores no convencionales tienen su temperatura crítica por encima de 77 K, los

cuales son famosos porque a día de hoy aún no se ha encontrado una explicación satisfactoria de sus propiedades.

- No logra predecir qué materiales serán superconductores:

Aún conociendo las propiedades de un material a temperaturas elevadas, la teoría tampoco consigue predecir si éste alcanzará el estado superconductor o no, puesto que se da por sentado que la superconductividad está asociada a la interacción electrón-fonón. Partiendo de esta idea, se supone que una sustancia debería tener más probabilidades de ser superconductora a temperaturas relativamente elevadas en los siguientes casos:

- Interacción electrón-fonón elevada.
- Densidad de estados electrónica elevada.
- Iones de poca masa.

Sin embargo, en la práctica, se ha visto que la correlación es muy débil al medir estas propiedades frente al hecho de que la muestra sea superconductora.

2.2.4 Tipos de superconductores.

Dependiendo de cómo pasan del estado superconductor al normal al aplicar un campo magnético $B_{ext} > B_c$ existen dos tipos de superconductores.

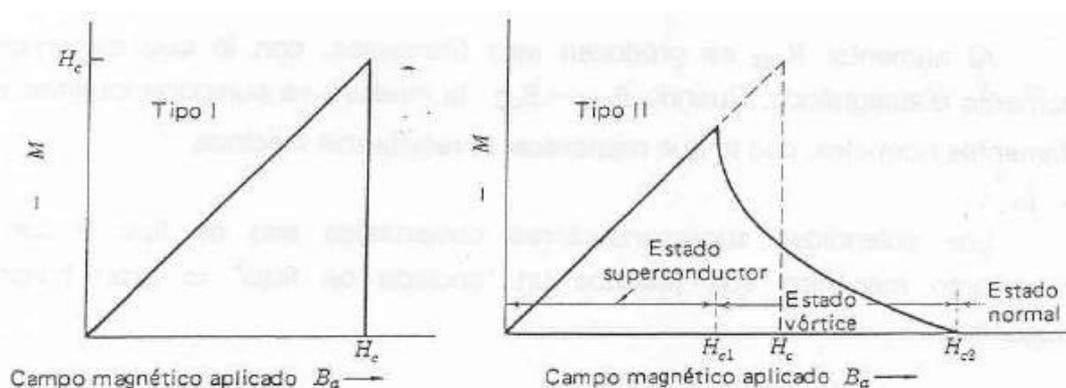


Figura 2.7 Curvas de imanación superconductora de un superconductor tipo I y tipo II. Curvas para muestra cilíndrica con el eje paralelo al campo y para una $T < T_c$.

- Tipo I

Este tipo de superconductores experimentan una transición abrupta de la imanación diamagnética cuando el campo magnético externo B_{ext} supera el campo crítico B_c . El valor de B_c en este tipo de superconductores es pequeño ($\approx 10^2$ gauss) y no tienen aplicación técnica en bobinas para imanes superconductores. Es un comportamiento característico de casi todos los elementos.

- Tipo II

Esta clase de superconductores sufren una transición gradual de la imanación diamagnética desde un campo crítico inferior B_{c1} hasta un campo crítico superior B_{c2} . Es un comportamiento característico de muchas aleaciones y metales de transición (Nb, Tc, V) con valores altos de la resistividad eléctrica en estado normal, es decir, en materiales en los que el camino libre medio de los electrones en estado normal es pequeño. Los superconductores tipo II tienen propiedades superconductoras hasta B_{c2} ($\approx 10^5$ gauss).

Compuesto	B_{c2} (T) a 4,2 K
$Pb_{0,5}Mo_{5,1}S_6$	60,3
V_3Ga	23,9
NbN	10
Nb_3Ge	36,4
Nb_3Ga	32,7

Figura 2.8 Campo crítico superior para algunos compuestos.

Cuando $B_{ext} > B_{c1}$, filamentos muy delgados de material se vuelven normales y un cilindro de flujo magnético se centra en cada filamento. A este estado se le denomina estado mixto o estado vórtice:

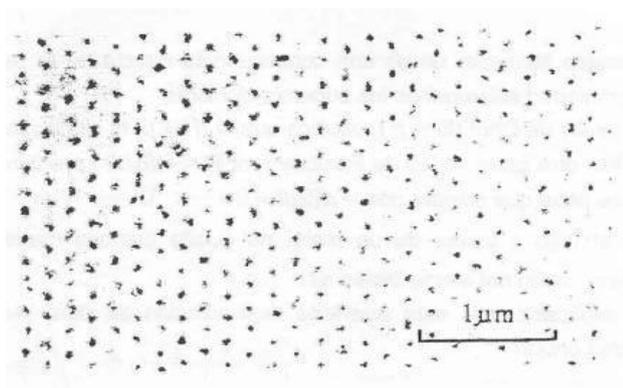


Figura 2.9 Estructura filamentaria del estado vórtice en un superconductor tipo II (Nb). Los puntos oscuros son regiones normales donde se ha depositado polvo ferromagnético.

Al aumentar B_{ext} se producen más filamentos, con lo que disminuye el momento diamagnético. Cuando $B_{ext} = B_{c2}$ la muestra se compone totalmente de filamentos normales, con lo que reaparece la resistencia eléctrica.

2.2.5 Interacción entre el aparato ULTRA y los conductores eléctricos.

Para explicar el proceso es preciso recordar cómo está compuesto el dispositivo internamente:

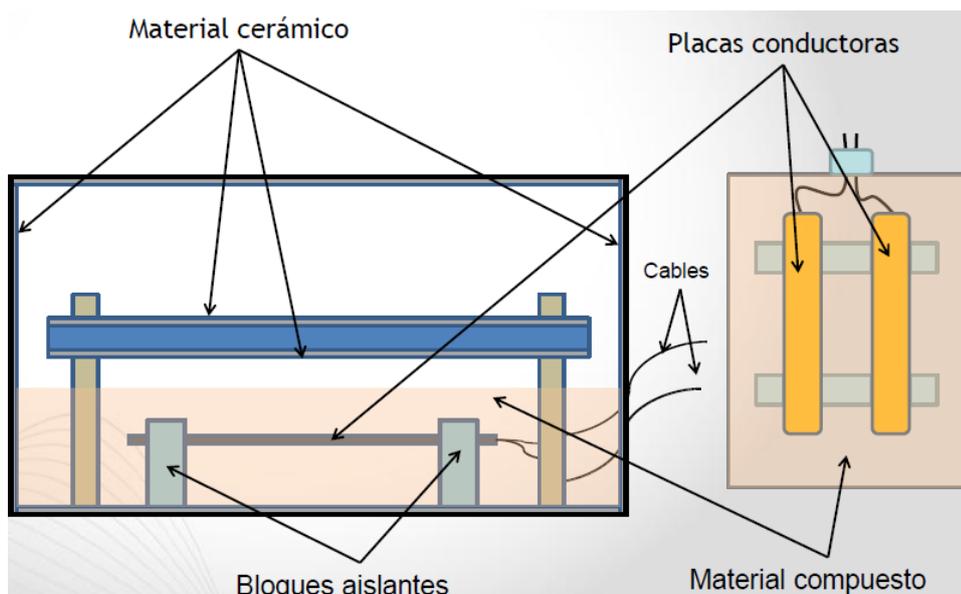


Figura 2.10 Composición interna del dispositivo "ULTRA".

Cuando el aparato es conectado en la instalación el dispositivo crea una reacción química. A partir de la placa de metal óxido y cerámico en su interior, genera un compuesto llamado Cuprato.

El cuprato es un ión negativo que en grandes cantidades genera un campo magnético giratorio. Por consiguiente, creado el campo magnético alterno, se generan ondas electromagnéticas que permiten un aumento en la energía de la instalación. A continuación de las ondas electromagnéticas se forman pares de Cooper.

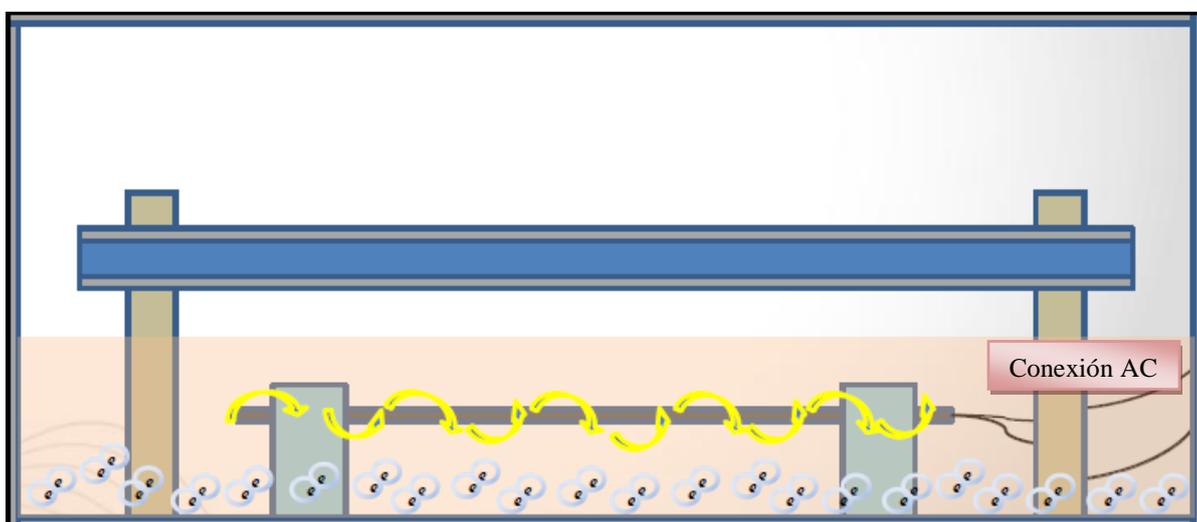


Figura 2.11 Generación de un campo electromagnético alterno y de los pares de Cooper.

El material cerámico genera una radiación infrarroja lejana ($\lambda = 8-11 \mu\text{m}$). La onda electromagnética se encarga de sincronizar los niveles de energía de los Pares de Cooper y la placa conductora. Después los Pares de Cooper son atraídos a las placas conductoras y son inyectados a la red.

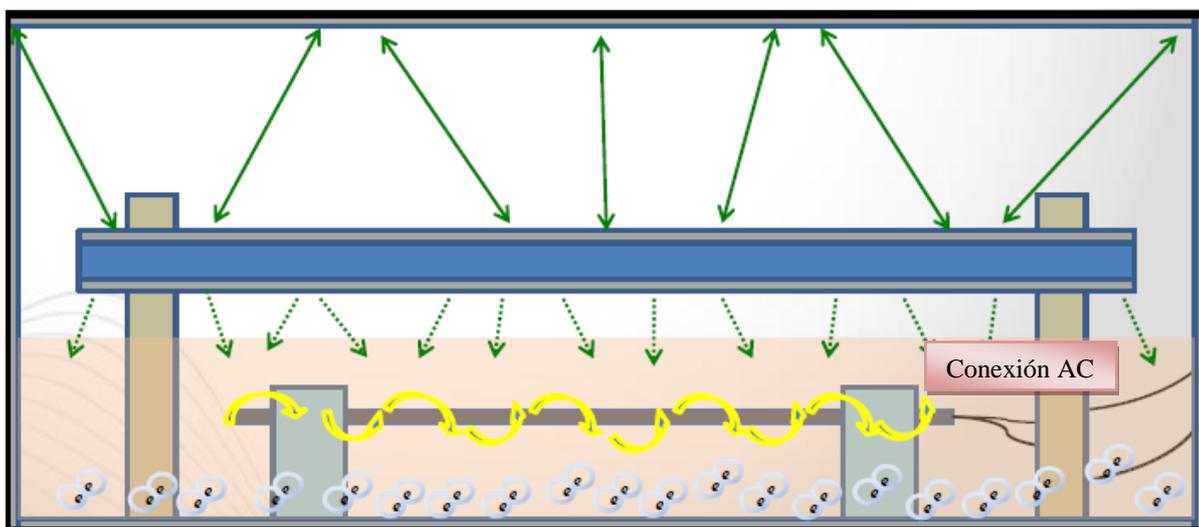


Figura 2.12 Material cerámico generando radiación infrarroja lejana.

La inyección de esos Pares de Cooper en los conductores, supuestamente mejora el flujo de los electrones ocasionando menos pérdidas con el ahorro económico que esto supone.

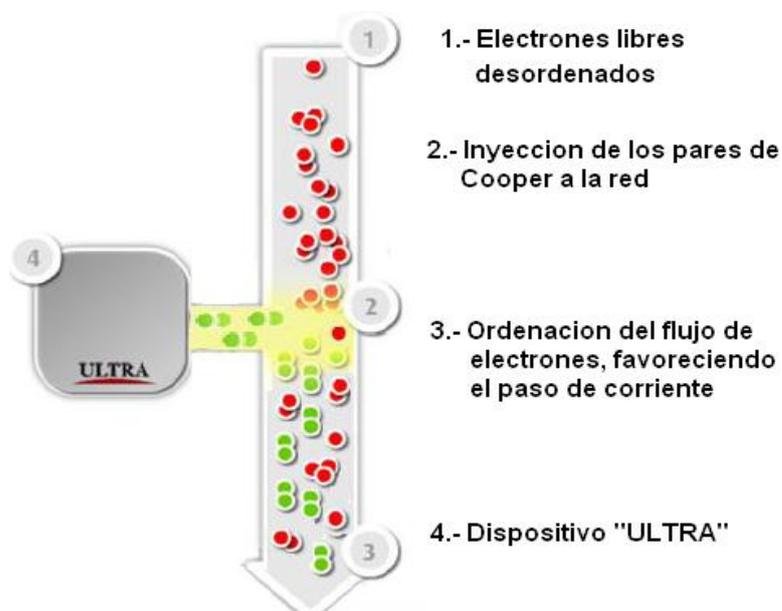


Figura 2.13 Mejora del flujo de electrones.

2.3 Proceso de instalación.

La instalación del dispositivo “ULTRA” es relativamente sencilla, solo hay que conectarlo en paralelo en la instalación eléctrica justo a la salida de las protecciones principales.



Figura 2.14 Ejemplo de conexión de ULTRA en una instalación genérica.

2.4 Detalles técnicos de los diferentes modelos disponibles del Ultra.

En color azul el modelo usado para realizar las pruebas.

Características	INDUSTRIAL					COMERCIAL					RESIDENCIAL			
	U-1500	U-1000	U-700	U-500	U-300	UC-200	UC-100	UC-50	UC-30	UR-20	UR-10	UR-7	UR-5	
Nº Modelo	U-1500	U-1000	U-700	U-500	U-300	UC-200	UC-100	UC-50	UC-30	UR-20	UR-10	UR-7	UR-5	
Voltaje	110-1000 V													
Frecuencia	50-60 Hz													
Dimensiones(cm)	40x60x25	40x60x20	37x62x15	35x45x15	30x40x10	25x35x8	22x30x8	18x25x8	14x20x6	13x20x6	13x18x5	11x17x4	9x14x4	
Peso(Kg)	50	40	30	25	15	11	8	5	3,5	2,7	2,3	1,6	1	
Capacidad(KVA)	1500	1000	700	500	300	200	100	50	30	20	10	7	5	
Corriente Máxima (A)	Trifásico (380V)	2300	1500	1050	760	450	300	150	80	50	30	15	10	7
		Monofásico (220V)												
Largo del cable de conexión (cm)	500	500	500	500	500	400	400	400	400	200	200	200	100	

Se ha utilizado el dispositivo de 10 kVA, aunque nuestro montaje apenas llega a los 5000 W, debido a que este modelo es el trifásico de menos potencia del que dispone la empresa distribuidora.

2.5 Certificados.

El dispositivo Ultra dispone de una serie de certificados expedidos por diferentes organismos oficiales, todos ellos adjuntados en el anexo II “Certificados oficiales del dispositivo ULTRA”, como pueden ser:

- Declaración de Conformidad Europea (CE) de diferentes modelos.
- Certificado de cumplimiento de la norma ISO 9001: 2000.
- Declaración de conformidad de ROHS.

3.- Plataforma de ensayo y metodología.

3.1 Descripción de los aparatos de utilizados.

A continuación se describen uno por uno todos los aparatos que componen la bancada utilizada para realizar los ensayos.

3.1.1 Variador (Altivar 71).

3.1.1.1 Definición.

Un variador de frecuencia es un dispositivo electrónico utilizado para controlar la velocidad de rotación en motores eléctricos de corriente alterna mediante la variación de la frecuencia de la potencia que le suministran.



Figura 3.1 Imagen del Variador Altivar 71.

Para arrancar un motor, el variador aplica un voltaje y una frecuencia bajos, típicamente 2 Hz o menos. De esta manera se evitan las altas intensidades que se inyectan en los motores cuando estos son arrancados simplemente conectándolos a la tensión nominal mediante un interruptor. Seguidamente, la tensión y la frecuencia aumentan progresivamente para acelerar la carga sin incurrir en intensidades excesivas. El procedimiento para detener el motor es el mismo pero a la inversa.

Este método normalmente permite al motor desarrollar un par 1.5 veces superior a su par nominal durante el arranque, sin absorber más del 150%

de su intensidad nominal. Si conectáramos el motor directamente, el pico de intensidad superaría en más de un 300% la intensidad nominal.

Altivar 71 es una gama de variadores de frecuencia para motores asíncronos trifásicos de potencias comprendidas entre los 370 W y los 75 kW. Dentro de esta gama se encuentra nuestro modelo, que puede proporcionar potencias entre los 370 W y los 75 kW, y que dispone además de un terminal gráfico que facilita su programación y operación. Es posible encontrar modelos del ATV71 con un display de cuatro dígitos de tipo 7 segmentos, más económicos.

El variador de frecuencia es uno de los elementos principales de la instalación, por accionar y controlar el motor eléctrico.



Figura 3.2 El variador de velocidad Altivar 71 una vez incorporado al montaje de la bancada.

3.1.1.2 Principales características del Altivar 71.

En este apartado describiremos las propiedades y funciones principales del variador de velocidad

a) Terminal gráfico.

El terminal gráfico se encuentra conectado al variador por su cara frontal, de la que puede ser extraído. Esto le permite ser utilizado remotamente

instalándolo por ejemplo en la puerta de un armario mediante accesorios apropiados, o ser conectado a diferentes variadores de velocidad. En el caso de los modelos suministrados sin terminal gráfico, un terminal de 7 segmentos se encuentra integrado en el dispositivo.



Figura 3.3 Terminal gráfico extraíble del variador Altivar 71.

El terminal gráfico se utiliza para:

- Controlar, ajustar y configurar el variador.
- Mostrar valores de corriente, par, E/S, etc.
- Almacenar y descargar configuraciones: Se pueden almacenar en el propio terminal hasta cuatro archivos de configuración, que podrán ser descargados al conectarlo en otro ATV71.

Presenta una ventaja clara frente al limitado terminal de 7 segmentos, al ofrecer un diálogo mucho más claro y rico. Además permite configurar funciones accesibles mediante teclas de método abreviado.

b) Entradas/salidas del variador.

El propio ATV de base dispone de unos borneros para entradas y salidas, que son igualmente asignables de la misma manera que se pueden asignar las variables de la tarjeta Profibus. El ATV71 dispone de:

- 1 entrada analógica diferencial.

- 1 entrada analógica.
- Entradas digitales.
- 1 salida analógica.
- Relés configurables.

Para nuestra aplicación solo se han utilizado una de las 6 entradas digitales, concretamente la LI1, para recibir la señal de la salida del autómeta.

c) Aplicaciones y Funciones.

Altivar 71 contiene una treintena de aplicaciones y funciones integradas que pueden ser configuradas desde el terminal gráfico y activadas mediante las entradas del variador o la red Profibus.

El variador dispone de una función llamada arranque rápido para facilitar su utilización cuándo solo se requieren unas funciones mínimas de funcionamiento no muy complejas como pueden ser: arranque y paro, control de velocidad o asignación de velocidad constante, asignación de escalones de arranque y parada.

Por otra parte el variador también dispone de otras muchas funciones, a parte de la de arranque rápido, para tener un control más específico del motor dependiendo la función que queremos que lleve a cabo.

Algunas de ellas son de utilidad general y otras están orientadas a algunas utilizaciones específicas comunes de los variadores de velocidad:

- Velocidades preseleccionadas.
- Más/menos velocidad en torno a una referencia.
- Regulador PID.
- Control de freno electromagnético.
- Parada por inyección de corriente continua.

- Parada en rueda libre.
- Control de par.
- Control de un contactor aguas abajo del variador.
- Conmutación de juegos de parámetros.
- Conmutación de motores o de configuración.
- Gestión de final de carrera, medida de la carga (Aplicaciones de manutención, elevación, ascensores...)
- Guiado de hilo (Aplicaciones textiles)

Para el listado completo, consultar el manual de programación del ATV71.

3.1.2 Automata (Siemens logo 230 rc).

3.1.2.1 Definición.

En electrónica un autómata es un sistema secuencial. Puede definirse como un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales. Sin embargo, la rápida evolución de los autómatas hace que esta definición no esté cerrada.



Figura 3.4 Aspecto del autómata Logo utilizado.

3.1.2.2 Descripción.

En la imagen inferior se describe con gran detalle el aspecto físico del autómata LOGO! así como las principales partes que lo componen.

Estructura de LOGO!

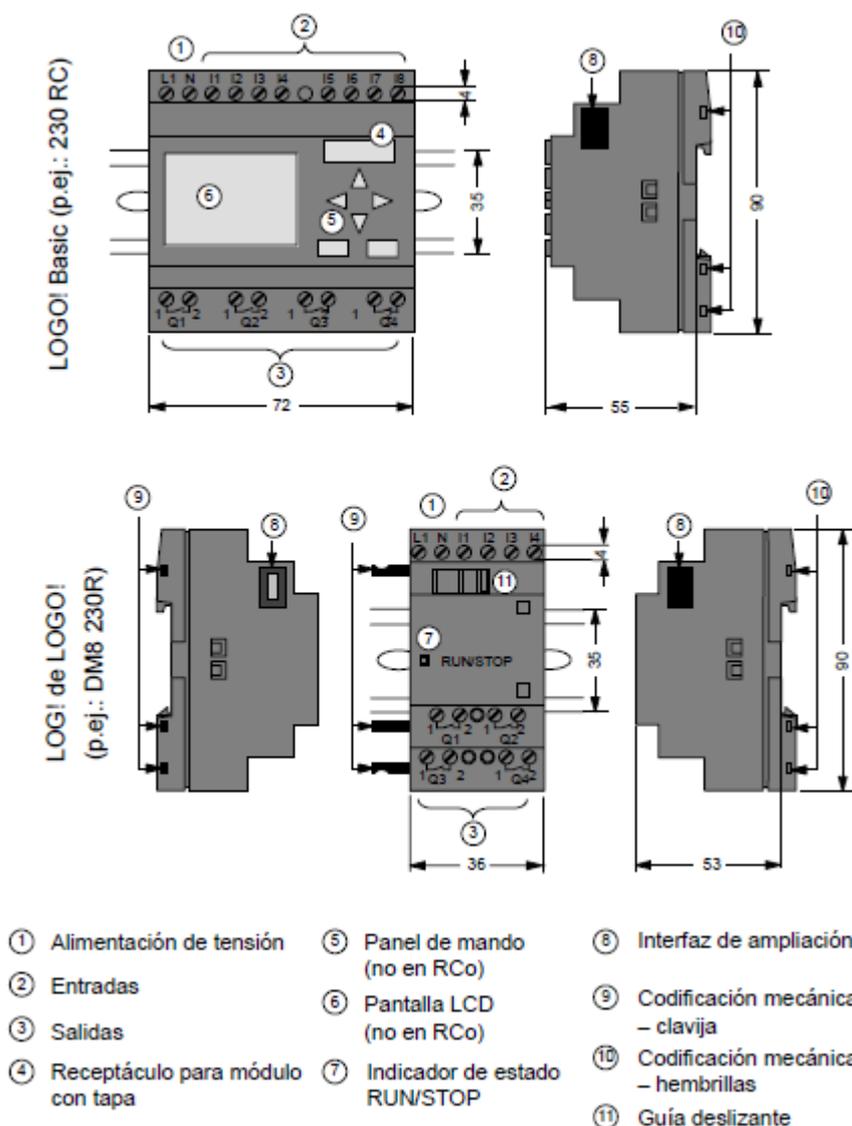


Figura 3.5 Descripción física del logo.

Este autómata se caracteriza por su tamaño compacto lo que le hace ideal (cualquiera de sus modelos, largo o corto) para ser alojado en cualquier armario o caja con raíl DIN normalizado.

La intensidad permanente en los bornes de salida varía según el modelo, siendo en todos los casos inferior a 10 A, por lo tanto si el poder de corte que necesitamos es mayor, están disponibles un contactores auxiliares, a 24 ó 230v, de hasta 25A, que puede ser alojado directamente en el raíl del cuadro de protección.

Toda la programación se realiza, de una forma bastante sencilla, con las 6 teclas que están situadas en su frontal. La visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros, etc, se realiza en una pequeña pantalla LCD de forma gráfica.

Las funciones básicas (and, or, nand, nor, etc...) son idénticas en todos lo modelos. La funciones especiales, como relojes, temporizadores, etc, están limitadas en alguno de los modelos de gama baja, por lo tanto se hace imprescindible consultar las características para saber si el Logo! adquirido puede realizar lo que teníamos previsto.

Existen 3 modos de funcionamiento:

- Modo programación - Para elaborar el programa.
- Modo RUN - Para poner en marcha el Logo.
- Modo parametrización - Para modificar los parámetros de algunas de las funciones, tiempo, computo, relojes, etc.

El modo parametrización resulta muy interesante ya que permite al usuario realizar los ajustes de la instalación sin modificar el programa. El técnico, en modo programación, decidirá cuales son los parámetros que el usuario pueda cambiar. Es decir que si desea que el tiempo de un temporizador no sea modificado, se puede configurar dicho bloque para que no esté disponible en la parametrización.

El software de programación para PC es el LogoSoft (que se encuentra traducido al castellano). Actualmente Siemens España lo distribuye de forma gratuita, incluso por Internet. Cosa extraña, ya sabemos lo que es Siemens

para esto del Software. LogoSoft permite la programación de forma gráfica sobre un determinado modelo de LOGO!. Las principales ventajas que aporta este software con respecto a la programación directa en el aparato son:

- Permite imprimir y visualizar los esquemas programados.

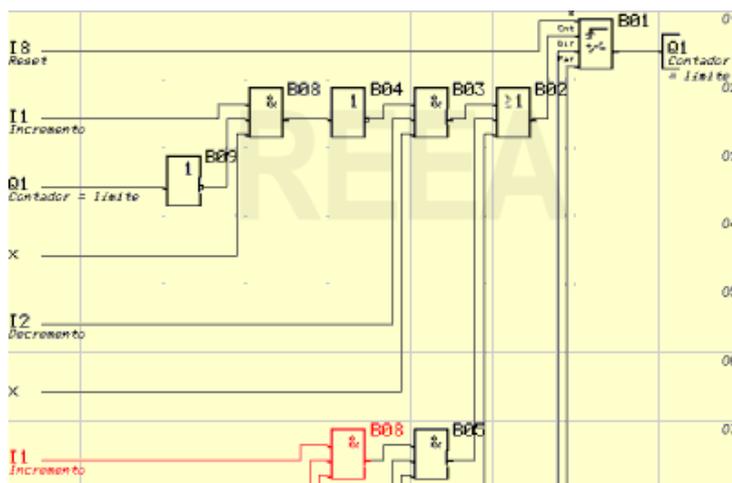


Figura 3.6 Ejemplo de un esquema programado.

- Permite la simulación, de forma gráfica, para comprobar el funcionamiento del circuito sin estar conectado al LOGO!.
- Las entradas se pueden definir como pulsadores o interruptores.

Modo Simulación

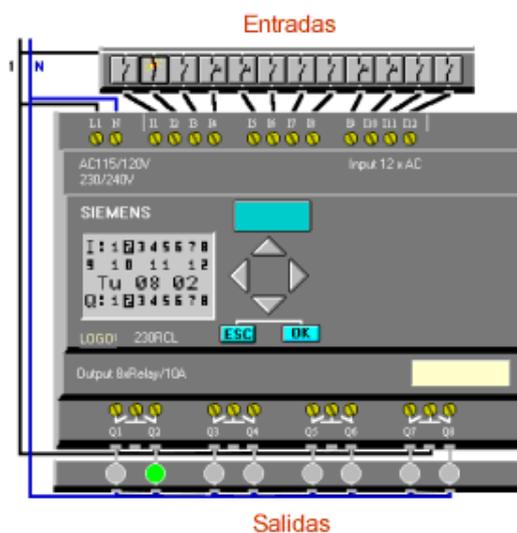


Figura 3.7 Ejemplo del modo simulación.

- Los pequeños cartuchos de memoria EEPROM pueden ser programados directamente con el PC en conexión directa con el cable.
- Los programas se pueden almacenar en disco en formato de fichero.
- Las entradas y salidas tienen la posibilidad de etiquetarse con comentarios.
- La Ayuda es un estupendo manual de usuario en el que podemos aclarar cualquier duda de programación. Incluyendo las características técnicas de todos los modelos de LOGO! disponibles en la actualidad.

Limitaciones relacionadas con la capacidad de almacenamiento y magnitud del circuito:

- Entre una salida y una entrada es posible prever hasta 7 bloques en serie.
- Un programa no puede tener más de 30 bloques. Si se utilizan varias funciones especiales el número de bloque se reduce correspondientemente.

3.1.2.3 Funciones.

a) Funciones Generales.

Las operaciones combinacionales más comunes se realizan con los bloques de funciones básicas, conexión serie, paralelo, negación, etc. Todas las funciones AND, OR, XOR, NAND y NOR tienen tres entradas y una salida. Si deseamos realizar operaciones con más de tres entradas, se conectan varios bloques en cascada:

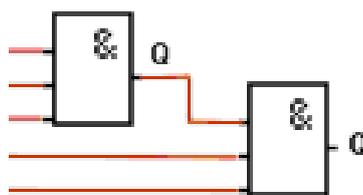


Figura 3.8 Ejemplo de conexión en cascada.

La función inversora, NOT, tiene una entrada y una salida. Y la función OR exclusiva (XOR) posee dos entradas y una salida.

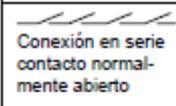
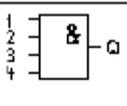
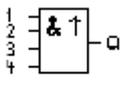
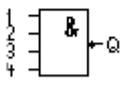
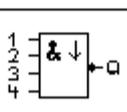
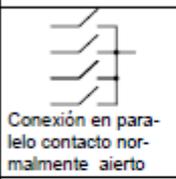
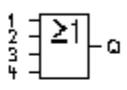
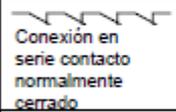
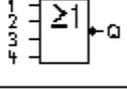
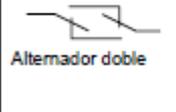
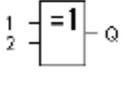
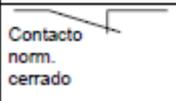
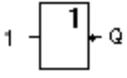
Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 Conexión en serie contacto normalmente abierto		AND (AND) (véase la página 96)
		AND con evaluación de flanco (véase la página 96)
 Conexión en paralelo contacto normalmente cerrado		AND-NEGADA (NAND) (véase la página 97)
		NAND con evaluación de flanco (véase la página 98)
Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 Conexión en paralelo contacto normalmente abierto		O (OR) (véase pág. 99)
 Conexión en serie contacto normalmente cerrado		O-NEGADA (NOR) (véase pág. 100)
 Alternador doble		O-EXCLUSIVA (XOR) (véase pág. 101)
 Contacto norm. cerrado		INVERSOR (NOT) (véase pág. 101)

Figura 3.9 Esquemas de contactos de las principales funciones lógicas.

b) Funciones Especiales.

El autómata LOGO dispone de las siguientes funciones especiales:

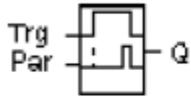
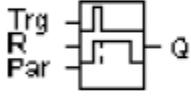
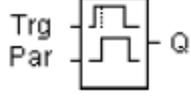
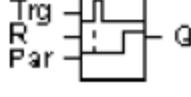
Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
Tiempos		
	Retardo a la conexión (véase la página 114)	Rem
	Retardo a la desconexión (véase la página 118)	Rem
	Retardo a la conexión/desconexión (véase la página 120)	Rem
	Retardo a la conexión con memoria (véase la página 122)	Rem

Figura 3.10 Funciones especiales del autómata Logo (I).

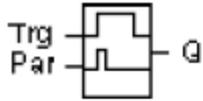
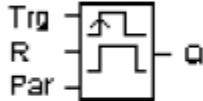
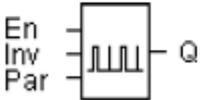
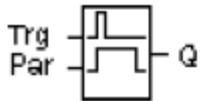
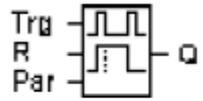
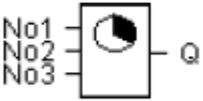
Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
	Relé de barrido (salida de impulsos) (véase la página 124)	Rem
	Relé de barrido disparado por flanco (véase la página 126)	Rem
	Generador de impulsos asíncrono (vea la página 129)	Rem
	Generador aleatorio (véase la página 131)	
	Interruptor de alumbrado para escalera (véase la página 133)	Rem
	Interruptor confortable (véase la página 136)	Rem
	Temporizador semanal (vea la página 139)	
	Temporizador anual (véase la página 144)	

Figura 3.11 Funciones especiales del autómata Logo (II).

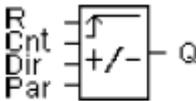
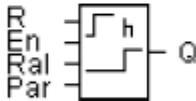
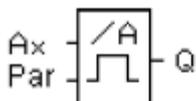
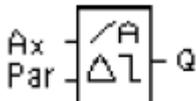
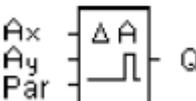
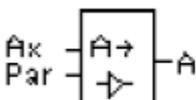
Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
Contador		
	Contador avance/retroceso (vea la página 147)	REM
	Contador de horas de funcionamiento (véase la página 151)	Rem
	Interruptor de valor umbral (véase la página 156)	
Interruptor		
	Conmutador analógico de valor umbral (véase la página 159)	
	Interruptor analógico de valor umbral diferencial (véase la página 162)	
	Comparador analógico (véase la página 166)	
	Vigilancia del valor analógico (véase la página 171)	
	Amplificador analógico (véase la página 175)	

Figura 3.12 Funciones especiales del autómata Logo (III).

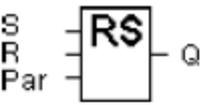
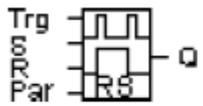
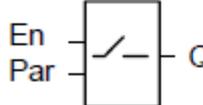
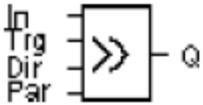
Otros		
	Relé autoenclavador (véase la página 177)	REM
	Relé de impulsos (véase la página 179)	REM
	Textos de aviso (véase la página 182)	
	Interruptor de software (véase la página 189)	REM
	Registro de desplazamiento (consulte la página 193)	REM

Figura 3.13 Funciones especiales del autómeta Logo (IV).

Las páginas, a las que se refiere las tablas de funciones, son del manual del propio autómeta LOGO!

3.1.2.4 Programa utilizado.

1º Ensayo

Para la realización de este ensayo se diseñó un programa para que el motor estuviera en un régimen constante de arranque y parada durante el tiempo que se deseara.

Para ello se utilizó una función especial llamada generador de impulsos asíncronos junto con una entrada I_1 y una salida Q_1 .

A continuación se muestra la descripción, extraída directamente del manual, de la función generador de impulsos asíncronos:

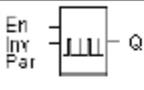
Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada En	A través de la entrada En se activa y desactiva el generador de impulsos asíncrono.
	Entrada Inv	A través de la entrada Inv se puede invertir la señal de salida del generador asíncrono de impulsos activo.
	Parámetro	La duración de impulso T_H y la duración de pausa T_L se pueden ajustar. Remanencia: / = sin remanencia R = el estado se guarda de forma remanente.
	Salida Q	Q se activa y desactiva cíclicamente a las frecuencias de reloj T_H y T_L .

Figura 3.14 Descripción de la función especial generador de impulsos asíncronos.

La forma de impulso de la salida puede modificarse a través de la relación parametrizable impulso- pausa.

Los parámetros T_H y T_L tienen un determinado valor según se trate de un ensayo u otro, es decir, se iniciará un impulso que dure T_H segundos, con una pausa de otros T_L segundos.

El cronograma de la función es el siguiente:

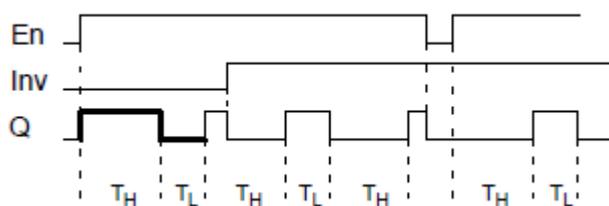


Figura 3.15 Cronograma de la función generador de impulsos asíncronos.

A continuación aparecen los esquemas de funciones y de contactos realizados con el programa *Logo Soft Comfort*, que crea una simulación del PLC Logo!

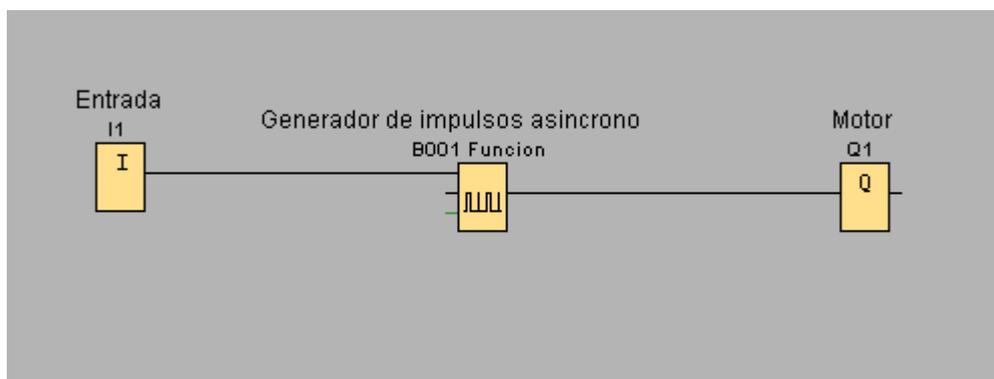


Figura 3.16 Esquema de funciones de la programación del autómata (1º Ensayo).

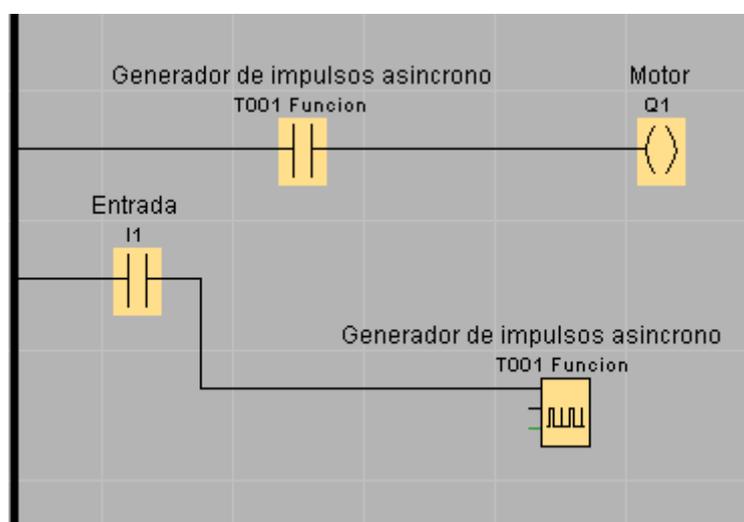


Figura 3.17 Esquema de contactos de la programación del autómata (1º Ensayo).

2º Ensayo.

En este ensayo se siguió con la misma filosofía que con el primero también, se quiso que el motor arrancara y parara consecutivamente pero en esta ocasión los arranques se han programado para que se hicieran en sentidos de giro diferentes de tal manera que se alternan el giro horario con el giro anti-horario.

El ciclo de trabajo se ha logrado gracias a dos funciones iguales a las utilizadas en el primer ensayo (generador de impulsos asíncronos explicada en el 1º ensayo) junto a una entrada I_1 , dos salidas Q_1 y Q_2 y una función

especial llamada retraso a la conexión cuya explicación también esta extraída directamente del manual y se detalla a continuación:

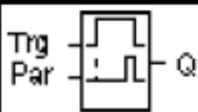
Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (trigger) se inicia el tiempo para el retardo de conexión.
	Parámetro	T es el tiempo tras el que debe activarse la salida (la señal de salida cambia de 0 a 1). Remanencia: / = sin remanencia R = el estado se guarda de forma remanente.
	Salida Q	Q se activa una vez transcurrido el tiempo T parametrizado, si está activada aún Trg.

Figura 3.18 Descripción de la función especial retardo a la conexión.

Mediante el parámetro T se establece el tiempo que se quiere retrasar la salida ante una entrada Trg que sirve para iniciar el tiempo T.

El cronograma de la función es el siguiente:

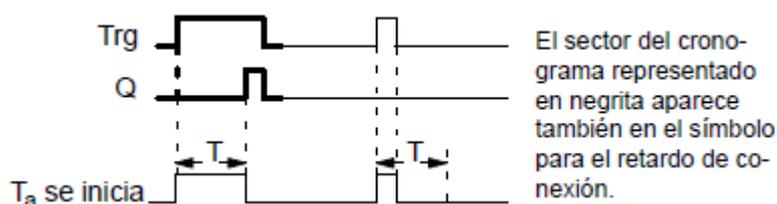


Figura 3.19 Cronograma de la función especial retardo a la conexión.

Este programa se desarrollo también con el *Logo Soft Comfort* y los esquemas de funciones y de contactos son los siguientes:

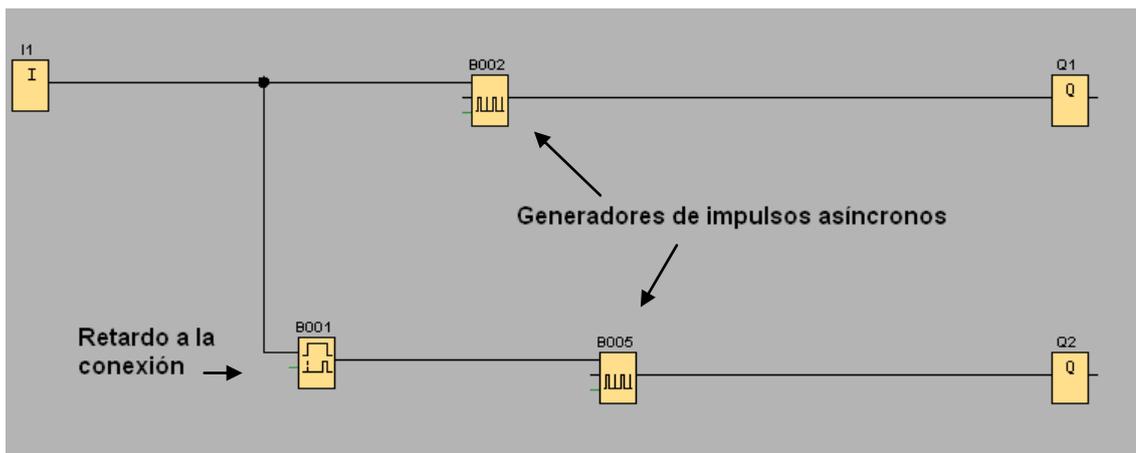


Figura 3.20 Esquema de funciones de la programación del autómeta (2º Ensayo).

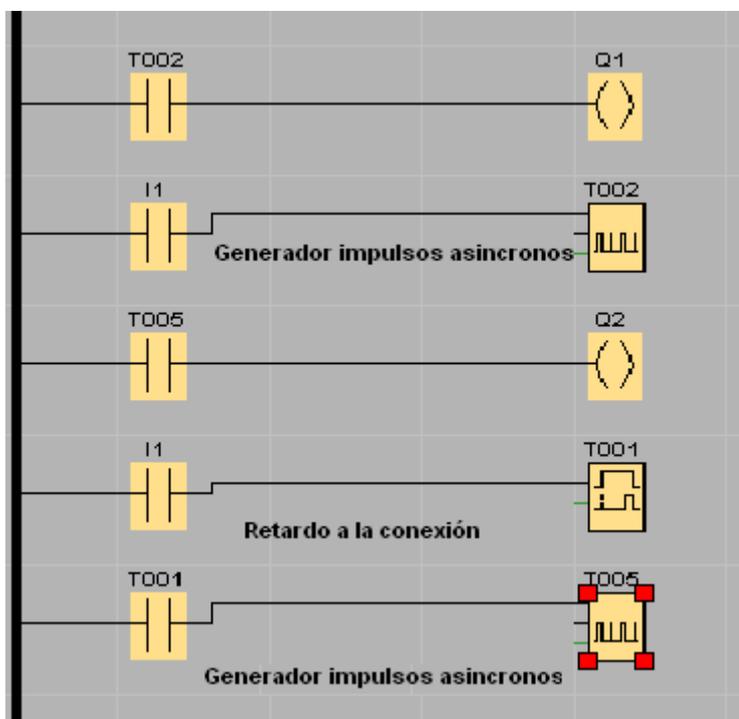


Figura 3.21 Esquema de contactos de la programación del autómeta (2º Ensayo).

3.1.3 Motor Asíncrono.

Un motor eléctrico es un mecanismo que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de fenómenos de electromagnéticos, y existen numerosos tipos tanto por su construcción como por su funcionamiento o alimentación.

Para nuestro ensayo el tipo de motor elegido es un motor asíncrono de inducción trifásico.

3.1.3.1 Definición.

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna. El primer prototipo de motor eléctrico capaz de funcionar con corriente alterna fue desarrollado y construido por el ingeniero Nikola Tesla en 1888.

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: de jaula de ardilla y bobinado; y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° en el espacio. Según el *Teorema de Ferraris*, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas, cuyo desfase en el tiempo es también de 120° , se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday. Tiene barras de conducción en todo su largo, incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia. Las barras están conectadas con anillos (en cortocircuito) a cada extremidad del rotor. Están soldadas a las extremidades de las barras. Este ensamblado se parece a las pequeñas jaulas rotativas y por eso a veces se llama "jaula de ardillas", y los motores de inducción se llaman motores de jaula de ardilla.

Entonces se da el *efecto Laplace* (ó efecto motor): todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento. Simultáneamente se da el *efecto Faraday* (ó efecto generador): en todo conductor que se mueva en el seno de un campo magnético se induce una tensión.

El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estator, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción.

La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor.

La diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento.

El *deslizamiento* en una máquina eléctrica es la diferencia relativa entre la velocidad del campo magnético (velocidad de sincronismo) y la velocidad del rotor.

Las siguientes expresiones son equivalentes para hallar el deslizamiento:

$$s = \frac{\omega_s - \omega_m}{\omega_s} \cdot 100\% = \frac{n_s - n_m}{n_s} \cdot 100\%$$

Donde:

s : Velocidad de deslizamiento (expresada con base por unidad o en porcentaje).

ω_s : Velocidad angular de sincronismo en radianes por segundo.

ω_m : Velocidad angular del rotor en radianes por segundo.

n_s : Velocidad angular sincronismo en revoluciones por minuto.

n_m : Velocidad angular del rotor en revoluciones por minuto.

El deslizamiento es especialmente útil cuando analizamos el funcionamiento del Motor asíncrono ya que estas velocidades son distintas. El voltaje inducido en el bobinado rotórico de un motor de inducción depende de la velocidad relativa del rotor con relación a los campos magnéticos.

Es posible expresar la velocidad mecánica del eje del rotor, en términos de la velocidad de sincronismo (velocidad del campo magnético) y de deslizamiento.

$$n_m = n_e(1 - s)$$

Existen dos tipos de motores asíncronos dependiendo de cómo tenga configurado su devanado rotórico:

a) Rotor de jaula de ardilla.

Este tipo de rotor está formado por conductores de cobre o de aluminio cortocircuitados por ambos lados mediante los anillos de cortocircuito. Este tipo de construcción es el más robusto, tiene un peso bajo y además es el más simple. Por ello es el más barato y es el más utilizado en accionamientos de velocidad constante.

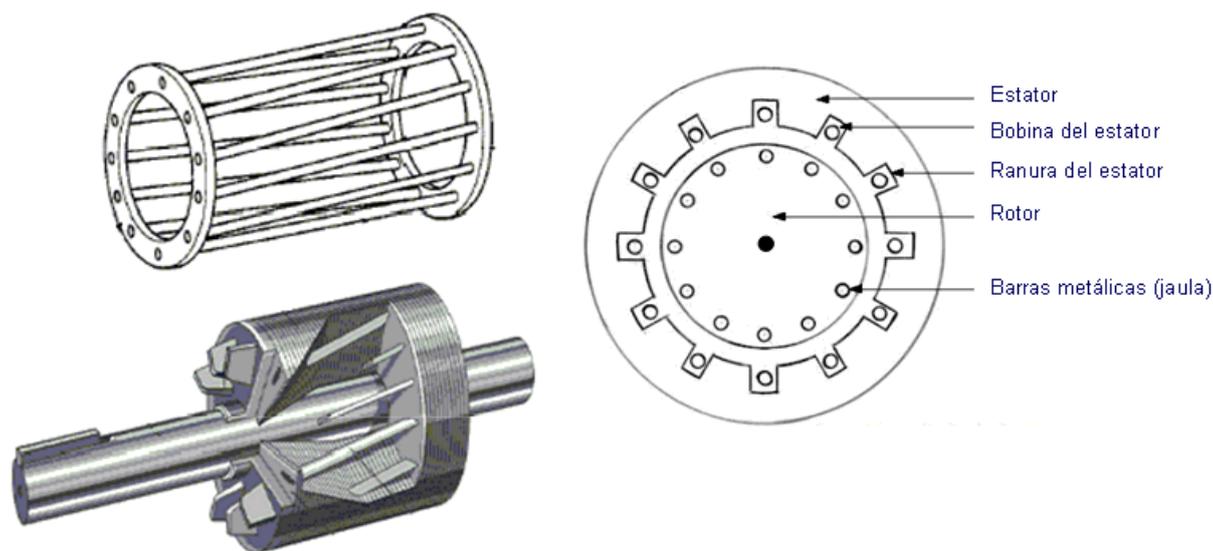


Figura 3.22 Rotor de Jaula de Ardilla y conductores en cortocircuito.

b) Rotor bobinado

Está formado por un devanado trifásico similar al existente en el estator y siempre con el mismo número de polos. Las tres fases están siempre conectadas en configuración tipo estrella en un extremo, permaneciendo el otro extremo conectado a unos anillos rozantes, situados sobre el eje y que giran solidariamente con él. Estos anillos son accesibles desde el exterior mediante tres escobillas que permiten la conexión de resistencias externas para limitar las corrientes en el arranque y controlar las características de

par y velocidad. En igualdad de clase protección y de potencia, es más costoso, menos robusto y sobre todo exige un mayor mantenimiento que los de jaula de ardilla. Sin embargo, también poseen algunas ventajas. La característica del circuito eléctrico del rotor puede ser modificada desde el exterior en cada instante que se desee. También la tensión e intensidad por el rotor son directamente accesibles al control o medida de tipo eléctrico

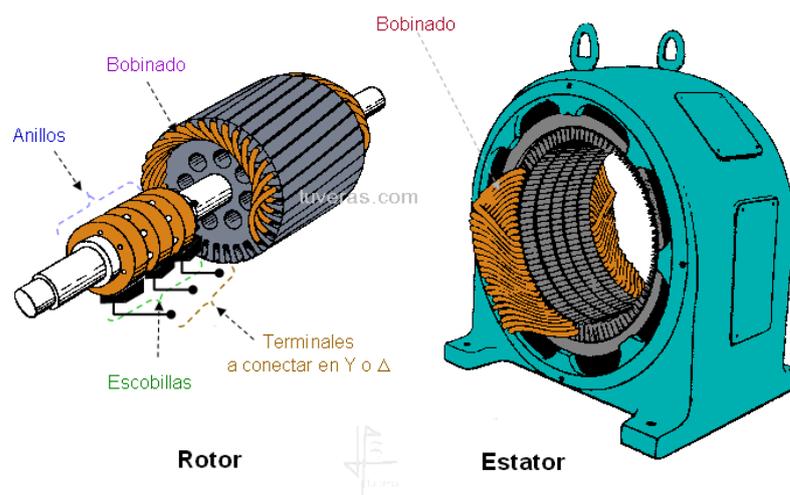


Figura 3.23 Rotor bobinado y anillos rozantes.

Ventajas e inconvenientes de los motores de inducción.

a) Las ventajas principales de los motores de inducción son:

- Sobre todo su simplicidad, que se traduce en un bajo coste y fácil mantenimiento.
- Unas buenas prestaciones con el uso de variadores electrónicos de velocidad mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.
- Mejor rendimiento general que con los motores de corriente continua, ya que los motores asíncronos carecen de escobillas.
- Más económicos a nivel de comercialización que los de corriente continua.

b) En cambio sus desventajas principales son:

- Los variadores necesarios para su control son muy caros.
- Este tipo de motor consume potencia reactiva inductiva por lo que puede descompensar el factor de potencia.

3.1.3.2 Descripción del motor utilizado.

Para el montaje de nuestra bancada de pruebas hemos utilizado un motor asíncrono fabricado por E.M.G elettromeccanica (una empresa Italiana). Su elección es debida a que en el momento de realizar el montaje era el único disponible en la universidad. Sus principales características se describen a continuación:



Figura 3.24 Fotografía del motor asíncrono con los volantes de inercia acoplados a su eje.

- Potencia: 5,5 Hp ó 4103 W (5,5 Hp x 746 w).
- Tensión: 400 / 690 V (estrella / triángulo).
- Intensidad: 8,7 / 5 A (estrella / triángulo).
- Velocidad nominal: 2900 rpm.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Cos Φ : 0,8.
- Tipo de conexión: Estrella.

3.1.4 Volantes de Inercia.

3.1.4.1 Definición.

En mecánica, un volante de inercia o volante motor es un elemento totalmente pasivo, que únicamente aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética. Este volante continúa su movimiento por inercia cuando cesa el par motor que lo propulsa. De esta forma, el volante de inercia se opone a las aceleraciones bruscas en un movimiento rotativo. Así se consiguen reducir las fluctuaciones de velocidad angular. Es decir, se utiliza el volante para suavizar el flujo de energía entre una fuente de potencia y su carga. En la actualidad numerosas líneas de investigación están abiertas a la búsqueda de nuevas aplicaciones de los volantes. Algunos ejemplos de dichos usos son:

- Absorber la energía de frenado de un vehículo, de modo que se reutilice posteriormente en su aceleración (KERS).
- Como dispositivos para suavizar el funcionamiento de instalaciones generadoras de energía eléctrica mediante energía eólica y energía fotovoltaica, así como de diversas aplicaciones eléctricas industriales.
- En los ferrocarriles eléctricos que usan desde hace mucho tiempo un sistema de freno regenerativo que alimenta la energía extraída del frenado nuevamente a las líneas de potencia; con los nuevos materiales y diseños se logran mayores rendimientos en tales fines.

Para nuestra aplicación en particular los volantes de inercia (3 en total) serán usados como carga inercial para que el motor no trabaje en vacío y tenga un par resistente.

3.1.4.2 Momento de inercia de los discos.

Momento de inercia de un cilindro

Vamos a calcular el momento de inercia de un cilindro de masa M , radio R y longitud L respecto de su eje.

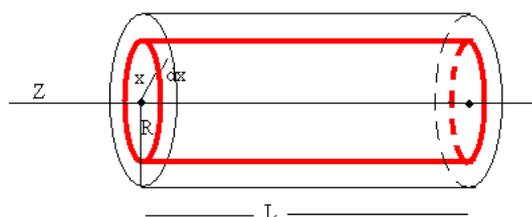


Figura 3.25 Cilindro genérico utilizado para hallar los momentos de inercia de los volantes de inercia.

Tomamos un elemento de masa que dista x del eje de rotación. El elemento es una capa cilíndrica cuyo radio interior es x , exterior $x + dx$, y de longitud L , tal como se muestra en la figura. La masa dm que contiene esta capa es:

$$dm = \frac{M}{\pi R^2 L} 2\pi x dx L = \frac{2M}{R^2} x dx$$

El momento de inercia del cilindro es:

$$I_C = \int x^2 dm = \int_0^R \frac{2M}{R^2} x^3 dx = \frac{1}{2} MR^2$$

Para calcular este momento se necesita saber la masa de cada cilindro y por lo tanto hay que partir de la densidad del material que es:

$$\rho = 7.89 \text{ Kg/dm}^3$$

Como tenemos 3 volantes, de diferente radio cada uno, asociados al eje cuya forma se muestra a continuación:

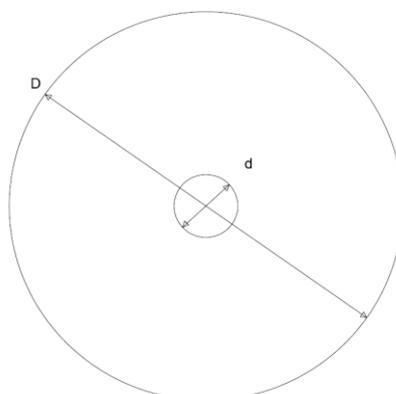


Figura 3.26 Aspecto de los tres volantes de inercia.

Disco nº 1 (grande).

Características:

Diámetro exterior = 300 mm (D)

Diámetro interior = 30mm (d)

Grosor = 30 mm (L)

Volumen cilindro: $V = L \times \pi \times (D^2 - d^2) / 4$

$$V = 30 \times \pi \times (300^2 - 30^2) / 4 = 2099369 \text{ mm}^3 = 2,1 \text{ dm}^3$$

Densidad: $\rho = M / V$

Por lo tanto la masa será:

$$M = \rho \times V$$

$$M = 7'89 \text{ Kg/dm}^3 \times 2,1 \text{ dm}^3 = 16,569 \text{ Kg}$$

Y por consiguiente su momento de inercia valdrá:

$$I_c = \frac{1}{2} \times M \times R^2$$

$$I_c = \frac{1}{2} \times 16,569 \times 0,15^2 = 0,186 \text{ Kg m}^2$$

Disco nº 2 (mediano)

Características:

Diámetro exterior = 200 mm (D)

Diámetro interior = 30 mm (d)

Grosor = 30 mm (L)

Volumen cilindro: $V = L \times \pi \times (D^2 - d^2) / 4$

$$V = 30 \times \pi \times (200^2 - 30^2) / 4 = 921272,0457 \text{ mm}^3 = 0,921 \text{ dm}^3$$

Densidad: $\rho = M / V$

Por lo tanto la masa será:

$$M = \rho \times V$$

$$M = 7'89 \text{ Kg/dm}^3 \times 0'921 \text{ dm}^3 = 7,267 \text{ Kg}$$

Y por consiguiente su momento de inercia valdrá:

$$I_c = \frac{1}{2} \times M \times R^2$$

$$I_c = \frac{1}{2} \times 7,267 \times 0,1^2 = 0,036 \text{ Kg m}^2$$

Disco nº 3 (pequeño).

Características:

Diámetro exterior = 150 mm (D)

Diámetro interior = 30 mm (d)

Grosor = 30 mm (L)

Volumen cilindro: $V = L \times \pi \times (D^2 - d^2) / 4$

$$V = 30 \times \pi \times (150^2 - 30^2) / 4 = 508938 \text{ mm}^3 = 0'509 \text{ dm}^3$$

Densidad: $\rho = M / V$

Por lo tanto la masa será:

$$M = \rho \times V$$

$$M = 7'89 \text{ Kg/dm}^3 \times 0'509 \text{ dm}^3 = 4,016 \text{ Kg}$$

Y por consiguiente su momento de inercia valdrá:

$$I_c = \frac{1}{2} \times M \times R^2$$

$$I_c = \frac{1}{2} \times 4,016 \times 0,075^2 = 0,0113 \text{ Kg m}^2$$

Una vez hallados los momentos de inercia de cada disco, solo queda sumar los tres momentos para tener el momento de inercia global que ejercen los volantes de inercia acoplados al eje del motor.

$$I_{\text{Total}} = I_{\text{Grande}} + I_{\text{Mediano}} + I_{\text{Pequeño}}$$

$$I_c(\text{Total}) = 0,186 \text{ Kg m}^2 + 0,036 \text{ Kg m}^2 + 0,0113 \text{ Kg m}^2$$

Quedando como momento de inercia total:

$$I_c(\text{Total}) = 0,234 \text{ Kg m}^2$$

3.1.5 Contador de precisión (TVH 4.322).

El contador es un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo esta la aplicación usual.

Existen medidores electromecánicos y electrónicos. Los medidores electromecánicos utilizan bobinados de corriente y de tensión para crear corrientes parásitas en un disco que, bajo la influencia de los campos magnéticos, produce un giro que mueve las agujas de la carátula. Los medidores electrónicos utilizan convertidores analógico-digitales para hacer la conversión.

3.1.5.1 Generalidades.

El equipo de verificación portátil tipo TVH4 comprende un nuevo dispositivo compacto de medida desarrollado especialmente para la verificación de los contadores in situ.

El aparato encuentra igualmente su aplicación en la modernización de las estaciones de verificación existentes o como patrón para las sociedades de electricidad, los laboratorios etc. Resumiendo este aparato permite:

- La verificación de los contadores de energía activa y reactiva por el método de comparación de impulsos en las redes mono y trifásico 3 y 4 hilos, en unión con el dispositivo de contaje incorporado.

- Las medidas de intensidad, tensión, potencia activa y potencia reactiva por medio del multímetro incorporado.

El equipo de verificación portátil tipo TVH4 se caracteriza principalmente por:

- Medida electrónica de la energía y la potencia.
- Medida del consumo de activa y pasiva.
- Ejecución a alcances ampliados:
 - 3 gamas de medida de tensión 40-320 V (Y) o 70-560 V (Δ).
 - 6 gamas de medida de corriente, corriente de ensayo entre 50 mA y 100 A.
- Parte multímetro incorporado con indicación conmutable sobre "Tensión-Corriente-Potencia".
- Dispositivo de conteo incorporado con indicación a 6 dígitos de impulsos y década de preselección a 5 dígitos para los impulsos que provienen del contador a verificar.
- Posibilidad de conexión para calculadora programable Hewlett Packard HP que puede actuar como calculadora del error e impresora.

3.1.5.2 Campos de aplicación.

La alta precisión, la gran resolución de impulsos y la estabilidad en el tiempo predestinan el dispositivo de verificación TVH4 para servir como aparato de medida en los ensayos en los que se exigen precisión elevada.

Los campos de aplicación del TVH4 son:

- Ensayo de contadores in situ, con conexión directa o indirecta. Tanto los contadores Ferraris como los contadores estáticos pueden ser verificados.
- Modernización y mejora de la precisión de medida de las estaciones existentes por la utilización del TVH4 como aparato de medida.
- Verificación de la precisión global de la instalación de verificación, aquí el TVH4 aparece como referencia estable, al error propio bien conocido y reproducible. Gracias a las gamas amplificadas de tensión y de intensidad, así como el hecho de que las energías activa y reactiva pueden ser medidas, las instalaciones de verificación existentes pueden ser verificadas en todos los calibres y para cada acoplamiento.
- Medidas de rendimiento de maquinas eléctricas.
- Medidas universales para laboratorios eléctricos.
- Alta precisión, correspondiente aproximadamente a la clase 0,2 en medida de energía activa.
- Igual exactitud en carga monofásica o trifásica.
- Ningún error del campo giratorio.
- Excelente estabilidad en temperatura.
- Registro correcto de las potencias armónicas.
- Débil consumo propio.
- Insensible a la posición y a los choques.

Concretamente para nuestra aplicación el equipo TVH4 será usado como contador para medir la energía consumida en cada prueba o ensayo, irá conectado antes del variador de velocidad y su tipo de conexión será monofásica ya que es el tipo de alimentación del variador de velocidad. A

continuación se muestran dos fotografías con el aspecto frontal y trasero del equipo TVH4:

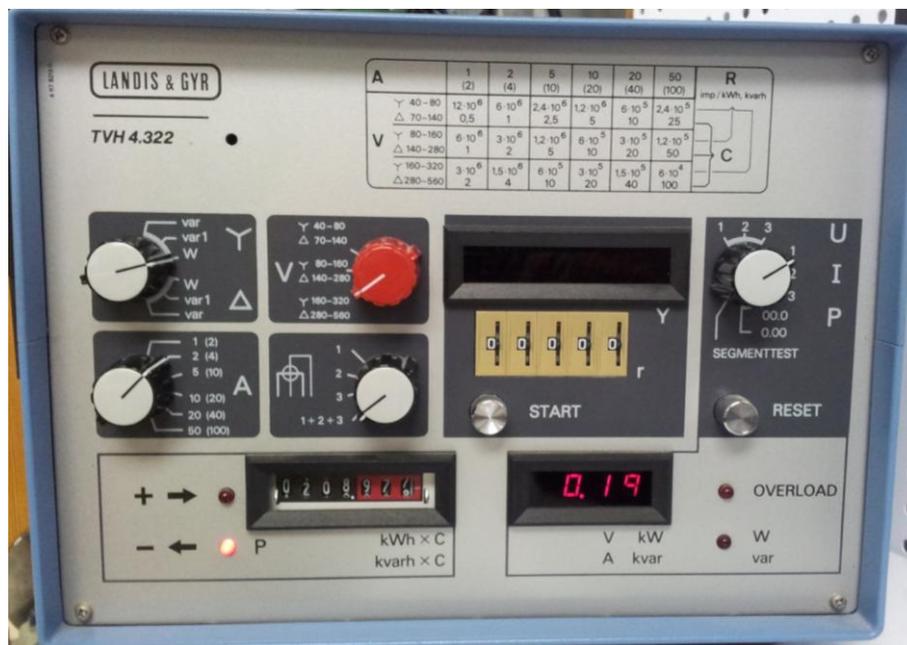


Figura 3.27 Fotografía de la parte frontal del contador TVH 4.322.



Figura 3.28 Fotografía de la parte trasera del contador TVH 4.322.

3.1.6 Analizador de potencia (Yokogawa WT1600).

El equipo de medida empleado es un analizador de potencia digital de la marca Yokogawa, modelo WT1600. Es un equipo que trabaja en el dominio del tiempo, mediante el uso de la FFT. En esta sección se describen las principales características del equipo y se hace una comparación con lo que señala la norma EN 61000-4-7 respecto al equipo de medida.

3.1.6.1 Características generales del WT1600.

Las figuras de abajo nos muestran la parte de atrás de atrás del WT1600. El equipo posee una serie de módulos de entrada en su parte trasera, cada módulo con una entrada de tensión (fase-neutro en este caso) y otros dos de intensidad, una para la medida directa de corriente y la otra para la medida de corriente a través de una sonda o sensor de corriente mediante un conector BNC. El aparato tiene capacidad para alojar hasta seis módulos, pero en nuestro montaje solo hicieron falta 5 módulos, suficientes para la medición de una alimentación monofásica (módulo 1) y dos trifásicas (motor, módulos 3 y 4 y el dispositivo ULTRA, módulos 5 y 6). Aunque las especificaciones del equipo indican que el equipo puede tener varios puertos de comunicaciones (ethernet, GP-IB, o conexión serie RS-232), solo posee un puerto de comunicación GP-IB.

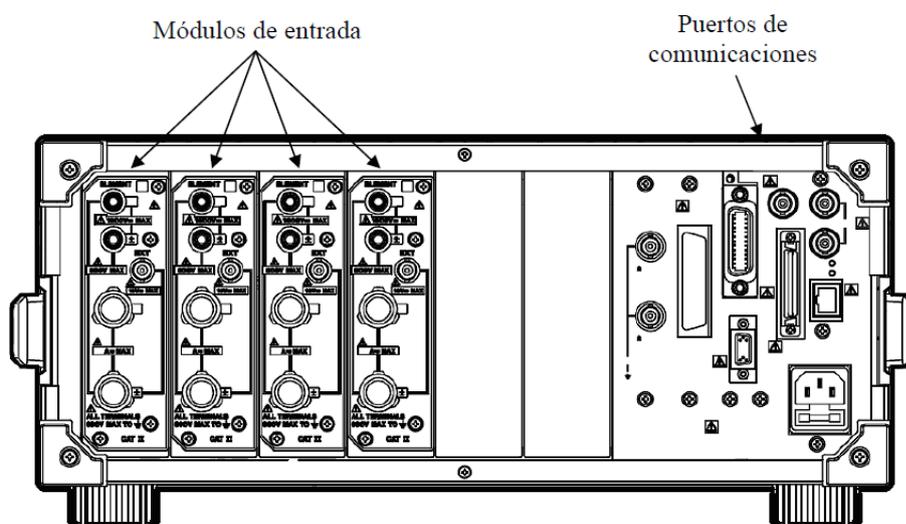


Figura 3.29 Descripción de la parte trasera del WT1600.

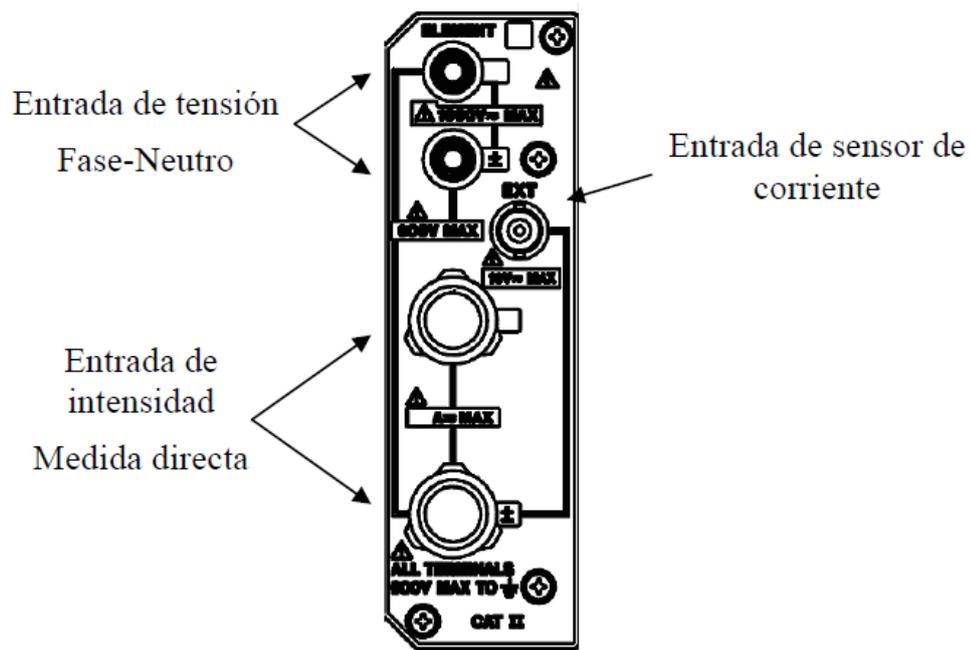


Figura 3.30 Detalle de uno de los canales del WT 1600 con su toma de corriente y de tensión.



Figura 3.31 Fotografía en la que se muestra el cableado de los canales 1,3,4,5 y 6.

La siguiente figura muestra la parte frontal del WT1600. En ella está la pantalla LCD en la que se puede visualizar las medidas en múltiples formas y modos, que se explicaran más adelante. Existen una serie de botones, que

sirven para acceder y/o configurar las múltiples funciones del equipo. También existe una disquetera para disquetes de 3,5”.

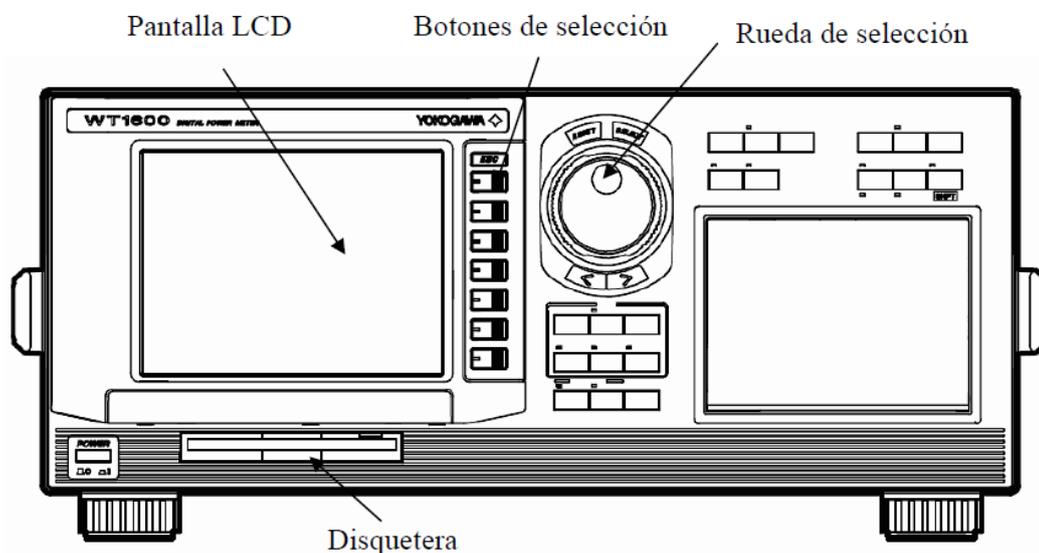


Figura 3.32 Descripción de la parte frontal del WT 1600.

3.1.6.2 Circuito de entrada de tensión.

El circuito de entrada de tensión de cada elemento del WT1600 puede admitir los siguientes rango de tensión: 1,5V, 3V, 6V, 10V, 15V, 30V, 60V, 100V, 150V, 300V, 600V, y 1000V, siendo capaz de cubrir las tensiones nominales recomendadas en la norma: U_N : 115, 230, 400V.

Las especificaciones del WT1600 indican que la máxima tensión sostenida admisible en la entrada del circuito de tensión es de 1500V de pico o 1000 V_{rms} . En relación a los límites que el aparato de medida es capaz de soportar, la norma sugiere que forzar durante 1 segundo la entrada de tensión con una tensión alterna 4 veces mayor que la entrada nominal o $1kV_{rms}$, la menor de ambos, no debe dañar el instrumento, por lo cual el equipo cumple esta condición.

La norma EN 61000-4-7 menciona que la potencia absorbida del circuito de entrada no deberá superar los 3VA. La impedancia de entrada de cada circuito de entrada de tensión del WT1600 es de aproximadamente unos $2M\Omega$, y sabiendo que la máxima tensión admisible es $1kV_{rms}$, dato dado en

el párrafo anterior, la máxima potencia absorbida será aproximadamente $S = (1kV)_2 / 2M\Omega = 0,5VA$, entrando dentro del límite de la norma.

Otra característica a mencionar es el factor de amplitud, que es la relación entre el valor máximo de la onda y su valor eficaz. El modelo WT1600 con el que se han hecho las medidas tiene por defecto un factor de amplitud de 3, y aunque en el manual indique que se puede seleccionar entre un factor de amplitud de 3 y de 6 (Pág. 5-29 Manual WT1600), este modelo no dispone de dicha funcionalidad.

En el caso del equipo WT1600, según las especificaciones de precisión, el rango de entrada efectivo va del 1 al 110% del rango de medida para U_{RMS} , I_{RMS} (Pág. 17-8 Manual WT1600) cumpliendo el límite indicado por la norma, que señala que el equipo deberá mantener sus características y precisión sin cambios hasta 1,2 veces la tensión nominal de la tensión que se va a medir. En este caso la tensión nominal es de 230V y el rango de medida del aparato para esta tensión nominal es de 300V.

3.1.6.3 Circuito de entrada de corriente.

Como se ha dicho anteriormente, existen dos entradas de circuito de corriente, una para la medida directa de corriente, y otra destinada a un sensor o sonda de corriente. Precisamente la presencia de estos dos tipos de entrada para la medida de corriente son requisitos necesarios, según la norma, del equipo de medida. En el caso que ocupa el proyecto, la medida de corriente se realizará de manera directa según se indica en los planos generales de montaje.

3.1.6.4 Modos de medida y representación.

Existen dos modos seleccionables de medida, uno denominado medida normal (Normal measurement) y otro denominado medida de armónicos (Harmonic measurement), exclusivo para la medición de armónicos, Además de estos modos de medida, en la pantalla se puede representar los datos medidos de múltiples formas:

- Numérica: Se puede presentar en pantalla una lista de los valores de los parámetros previamente seleccionados, tales como tensión, intensidad, desfase, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, etc. de cualquier elemento de entrada. El número de valores que aparecen en la pantalla puede ser seleccionado.
- Gráfico de ondas: Se puede presentar en pantalla la forma de las ondas medidas. Dicha representación también se puede almacenar en la memoria interna.
- Gráfico de barras: Se puede representar en un gráfico de barras la amplitud de los armónicos, situándose en el eje horizontal el orden de los armónicos y en el vertical la amplitud. Este tipo de gráfica solo se puede representar cuando está activo el modo de medida de armónicos.
- Gráfico de vectores: Con el modo de medida de armónicos activado se pueden representar vectores de las ondas fundamentales de las medidas, tanto ángulo como amplitud en valor eficaz.
- Gráfico de tendencias: Puede representar gráficamente la evolución de los valores de varios parámetros a lo largo del tiempo.

Las únicas representaciones de valores en pantalla empleadas han sido la numérica y el gráfico de ondas, que se ha empleado en la obtención de la forma de onda de las intensidades de cada fase en cada planta.

3.1.6.5 Memoria y Comunicaciones.

Para el almacenamiento de datos el WT1600 dispone de una memoria interna de hasta 11 MB, que sirve para almacenar datos de medidas, tanto en formato numérico como gráfico de ondas y archivos de la configuración del equipo. También dispone de una disquetera de 3,5", que puede servir para guardar datos anteriormente almacenados en la memoria interna.

El WT1600 puede disponer de una salida para cable de red, para una conexión a una red o un PC, pudiendo enviar mediante FTP datos

almacenados en su memoria interna, aunque el modelo empleado carecía de esta funcionalidad al no tener un puerto de conexión de red. Además de esta función, el WT1600 puede disponer de un interface GP-IB o de un interface de comunicación serie. En el equipo empleado el único interface de comunicaciones existente es el de GP-IB. Mediante este interface se puede conectar a un PC que posea una tarjeta GP-IB y se puede transferir los datos almacenados en la memoria interna del equipo, o bien se puede controlar el equipo remotamente, mediante software, mandando los datos de las medidas al PC en tiempo real, pudiéndose almacenar directamente en el PC.

3.2 Esquemas de conexión.

Todos los esquemas de conexión utilizados para la realización de este proyecto se encuentran en el Anexo I “Planos generales e individuales”.

3.3 Descripción de los ensayos.

3.3.1 1º Ensayo.

Los objetivos del 1º ensayo eran poder ver los efectos producidos por el dispositivo ULTRA, así que se decidió realizar 5 horas de ensayo sin el dispositivo Ultra midiendo únicamente el consumo de energía activa del montaje en kWh mediante el contador TVH4. A continuación se volvió a realizar el ensayo, en las mismas condiciones y con la misma duración que en el caso anterior pero esta vez con el dispositivo Ultra conectado en paralelo justo antes del motor por medio del interruptor automático (IA).

Para la realización del primer ensayo el montaje se compuso de variador, autómatas, contador y motor conectados entre sí como se describe en el Anexo I Planos generales e individuales, concretamente es el esquema designado con la numeración 1.1.

Para este ensayo el autómatas se parametrizó con los valores TH y TL de la función con el valor de 30 segundos, estableciéndose un ciclo de arranque y parada cada minuto quedando el cronograma de la siguiente manera:

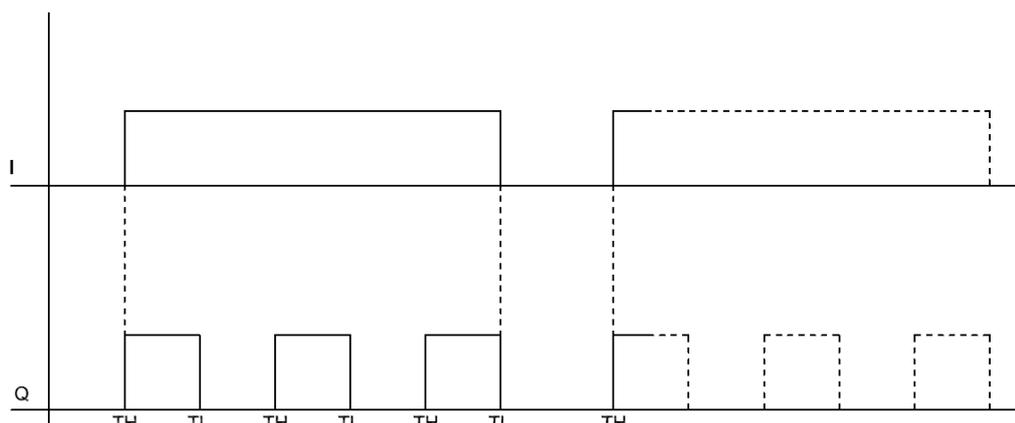


Figura 3.33 Cronograma de funcionamiento del 1º Ensayo.

También hubo que modificar parámetros del variador. Dentro del menú del terminal gráfico del variador en el apartado *1.1 Arranque rápido* se establecieron los siguientes parámetros:

Potencia nominal motor	2'2 kW	Intensidad térmica del motor	7'2 A
Tensión nominal motor	230 V	Rampa aceleración	15 s
Intensidad nominal motor	7'2 A	Rampa deceleración	5 s
Frecuencia motor	50 Hz	Velocidad mínima	30 Hz
Frecuencia máxima	60 Hz	Velocidad máxima	50 Hz
Velocidad motor	2900 rpm		

Se tuvieron que ampliar las rampas de arranque y de frenado respecto a su valor preestablecido de serie, ya que en los primeros arranques de prueba el variador marcaba fallo de sobrecarga y procedía a su desconexión con la consiguiente espera para poder rearmarlo por ello, este primer ensayo se realizó a una frecuencia menor que la nominal del motor. Esta frecuencia fue de 30 Hz, llegando a alcanzar el motor las 1800 rpm. Respecto a la potencia nominal del motor se estableció el valor de 2'2 kW en vez de los 4 kW del motor, ya que era el máximo valor que aceptaba el variador.

Los resultados se fueron obteniendo con mediciones realizadas a mano cada hora durante el tiempo de funcionamiento, por lo tanto, se obtuvieron 5 mediciones por cada ensayo. Estas mediciones se trasladaron a una tabla en una hoja Excel y se realizaron las correspondientes gráficas mostradas en el 4º capítulo.

3.3.2 2º Ensayo.

A la vista de los resultados obtenidos en el 1º ensayo, se quiso ir un paso más allá con el fin de que se demostrara de manera más plausible los efectos del dispositivo ULTRA. Por lo cual se decidió hacer un segundo ensayo, pero esta vez a la velocidad nominal de 50 Hz (alcanzando el motor las 2900 rpm) y con la intención de prolongarlo más en el tiempo, añadiendo más medidas a la única magnitud que se estaba tomando hasta ahora que era, el consumo de energía activa de todo el montaje a través del contador TVH4.

Debido a que la velocidad del motor se aumentó hasta su velocidad nominal, se tuvieron que modificar otra vez los valores del variador para que este no diera fallos debido a problemas de sobrecalentamiento. Los valores del apartado 1.1 Arranque rápido del variador una vez modificados son (en negrita los valores modificados respecto al anterior ensayo):

Potencia nominal motor	2,2 kW	Intensidad térmica del motor	7'2 A
Tensión nominal motor	230 V	Rampa aceleración	50 s
Intensidad nominal motor	7'2 A	Rampa deceleración	50 s
Frecuencia motor	50 Hz	Velocidad mínima	50 Hz
Frecuencia máxima	60 Hz	Velocidad máxima	50 Hz
Velocidad motor	2900 rpm		

Para lograr los objetivos marcados, se sustituyó el contador TVH4 por el analizador de potencia WT1600. Gracias a las características del analizador se establecieron dos mediciones trifásicas, correspondientes a los canales 3,4,5 y 6, y una monofásica ,correspondiente al canal 1, con el fin de obtener las siguientes mediciones:

- Potencia total (W)
- Potencia aparente total(va)
- Potencia reactiva motor(var)
- Potencia Ultra (W)
- Potencia reactiva total(var)
- Potencia motor (W)
- Potencia aparente Motor(va)
- Potencia reactiva Ultra (var)

- Potencia aparente Ultra (va)
- Intensidad total variador (A)
- Intensidad fase R motor (A)
- Intensidad fase S motor (A)
- Intensidad fase R Ultra (A)
- Intensidad fase S Ultra (A)
- Tensión Variador mono (V)
- Tensión R-T Motor (V)
- Tensión S-T Motor (V)
- Tensión R-T Ultra (V)
- Tensión S-T Ultra (V)
- Energía total variador (Wh)
- Energía motor (Wh)
- Energía Ultra (Wh)

Debido a las características de conexión de los canales del WT1600 se tuvo que volver a realizar nuevamente el conexionado de la instalación. Los canales 3-4 y 5-6 tienen como objetivo medir la potencia trifásica del motor y del dispositivo ULTRA, y cuya conexión responde a la siguiente figura:

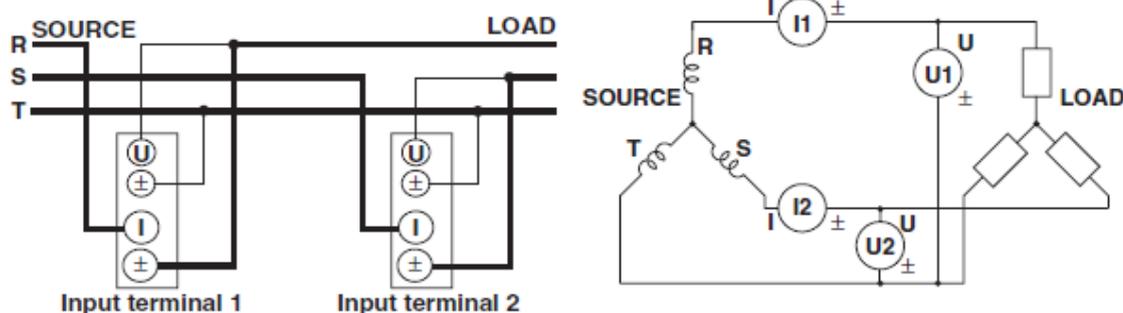


Figura 3.34 Disposición de dos canales para medir indirectamente potencias trifásicas (Conexión Aaron).

Y el canal 1, dado que su objetivo es medir la potencia monofásica que demanda el variador, tiene por conexión el siguiente esquema:

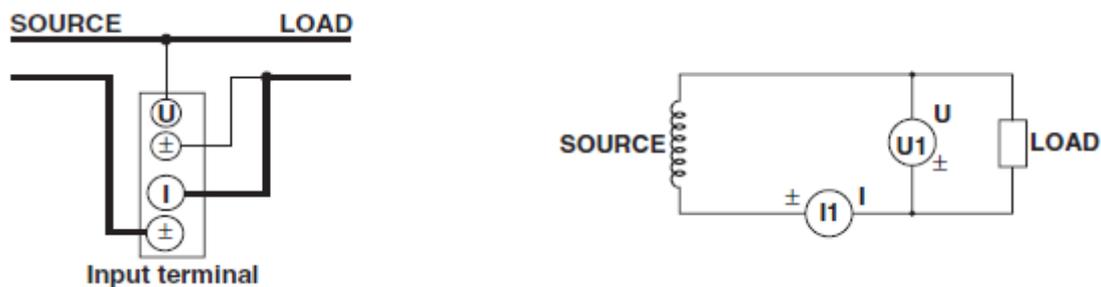


Figura 3.35 Medición de potencia monofásica por medio de un canal.

El esquema completo con el que se han realizado las medidas está en el Anexo I Planos generales e individuales, concretamente es el esquema número 2.1.

Para este definió un ciclo de trabajo estableciéndose los parámetros $T_H = 60$ s y $T_L = 180$ s. El parámetro T_H que define la duración del impulso se dejó igual que en el primer ensayo pero el otro T_L se tuvo que alargar hasta 180 s para que una función (generador de impulsos asíncronos) dejara actuar a la otra tal y como se describe en el cronograma (se muestra a continuación) que define el régimen de trabajo al que está sometido el motor. Y para que las salidas de estas dos no se solaparan en el tiempo, es decir, nunca se llegaran a dar los casos de: que las dos estuvieran activadas a la vez y que no se activara una salida estando el motor decelerando, el parámetro T de la función retardo a la conexión se parametrizó con 120 s para que la segunda función de impulsos esperara a que la primera hubiera completado un arranque con su correspondiente parada.

El cronograma de funcionamiento es el siguiente:

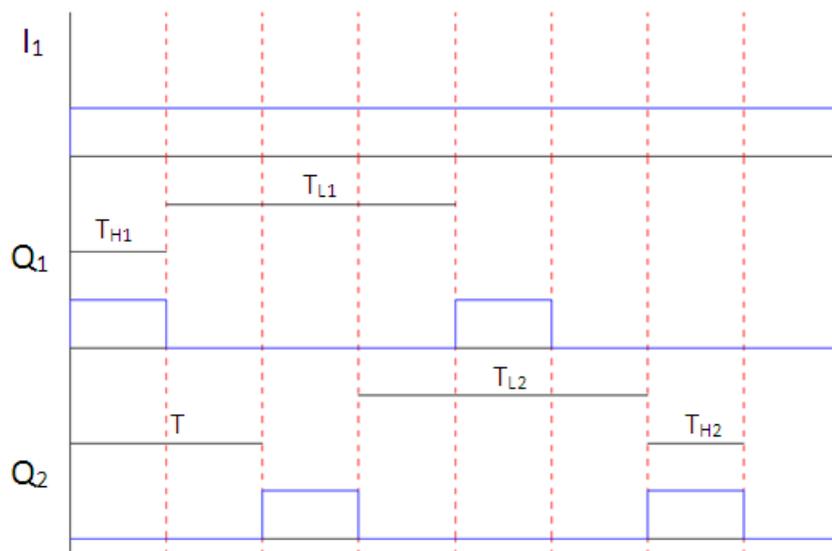


Figura 3.36 Cronograma de funcionamiento del 2º Ensayo.

Los parámetros T_{L1} y T_{L2} tienen el valor 180 s, T_{H1} y T_{H2} tienen el valor de 60 s y el parámetro T se le asigna el valor de 120 s.

Como se puede ver en el cronograma, el régimen de trabajo es el mismo en los dos ensayos, la única diferencia entre ambos es el cambio de giro, en el 2º ensayo, que hace el motor alternativamente.

Durante este ensayo se fueron cogiendo medidas cada 5 segundos de todas las magnitudes nombradas en el apartado “3.4.2 2º Ensayo.” Todas estas medidas se fueron volcando, gracias al analizador de potencia, a una hoja Excel donde se agrupan la totalidad de las medidas tanto la parte de funcionamiento sin estar el dispositivo “ULTRA” conectado y la parte en la que estuvo conectado el dispositivo “ULTRA”.

4 Resultados.

4.1 Exposición de datos 1º Ensayo.

ENSAYO SIN ULTRA (5H)

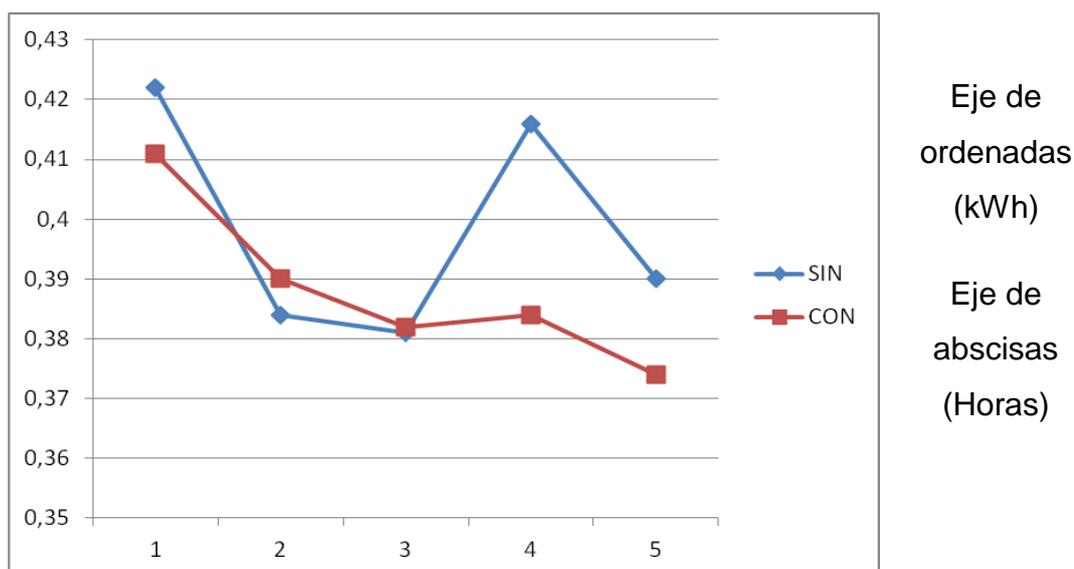
Constante = 10			
TIEMPO(h)	LECTURA	VALOR (kWh)	DIFERENCIA
0	208,9794	2089,794	0,000
1	209,0216	2090,216	0,422
2	209,060	2090,600	0,384
3	209,0981	2090,981	0,381
4	209,1397	2091,397	0,416
5	209,1787	2091,787	0,390
TOTAL			1,993

ENSAYO CON ULTRA (5H)

Constante =10			
TIEMPO(h)	LECTURA	VALOR (kWh)	DIFERENCIA
0	209,1787	2091,787	0,000
1	209,2198	2092,198	0,411
2	209,2588	2092,588	0,390
3	209,2970	2092,97	0,382
4	209,3354	2093,354	0,384
5	209,3728	2093,728	0,374
TOTAL			1,941

El parámetro situado encima de la columna “VALOR” en las dos tablas es la constante por la que se tiene que multiplicar la lectura del contador para que la medida sea kWh.

Comparando los consumos de energía durante las cinco horas de cada ensayo se obtiene:



Como se puede apreciar en este ensayo, el consumo de energía estando el dispositivo ULTRA conectado es menor que estando desconectado.

Se consiguió un ahorro de energía de:

$$1993 \text{ Wh} - 1941 \text{ Wh} = 52 \text{ Wh}$$

O lo que es lo mismo, un ahorro del **2,6 %** respecto de la potencia total consumida.

4.2 Exposición de datos 2º Ensayo.

A continuación se muestra una tabla resumen del segundo ensayo en la cual solo se muestra el consumo del motor durante dicho ensayo diferenciando cuando esta el dispositivo ULTRA actuando y cuando no.

Una muestra del resto de medidas adicionales efectuadas, gracias al analizador WT 1600, se encuentran en el anexo IV “Colección de datos del 2º Ensayo”

	1 hora (Wh)	4 horas(Wh)
2º Ensayo 1 Hora SIN Ultra	327'083	1308'332*
2º Ensayo 4 Horas CON Ultra	315'657	1260'84
Ahorro	11'426	47'492
%	3'49 %	3'63 %

NOTA: El dato marcado con un asterisco (*) es el resultado de multiplicar el dato de 1 hora sin el ultra por cuatro horas que estuvo el dispositivo ULTRA conectado con el motor en marcha.

5. Conclusiones.

A partir del trabajo realizado, pueden obtenerse conclusiones basadas en el análisis de los valores obtenidos en los diferentes ensayos realizados.

Como se muestra en el 4º apartado, en los dos ensayos efectuados se produce una disminución del consumo de energía eléctrica: en el 1º ensayo se obtuvo una disminución en el consumo del 2'6% y en el 2º ensayo se consiguió una reducción del 3'49% (si se considera solo 1 hora de funcionamiento con y sin ULTRA) y del 3'63% (si se consideran las 4 horas de marcha del motor con y sin el ULTRA).

Estos ahorros solo pueden ser achacables a la conexión del dispositivo ULTRA, ya que durante la realización de los mismos, la única diferencia constatable fue el acoplamiento del dispositivo en paralelo (antes del motor) sin variar ningún parámetro o conexión de los elementos que forman parte de la bancada.

Obsérvese que el consumo de energía durante el 1º ensayo es superior (por hora) al del 2º ensayo aunque en este segundo ensayo la velocidad de trabajo del motor se aumentó hasta la velocidad nominal del mismo. Esta paradoja es debida a la unión física de los ejes del motor y de los volantes de inercia.

Estos dos ejes son del mismo tamaño pero su alineación no es perfecta. Así que, durante la realización de la primera prueba esta unión, entre ejes, estaba formada por un acoplamiento semielástico y al estar los ejes desviados ligeramente se creaban serias vibraciones (con el consiguiente ruido) durante su funcionamiento. Debido a esto y a la prolongación de los ensayos en el tiempo, los tornillos de sujeción de dicha unión se fueron desgastando hasta quedar en muy mal estado. Por lo que se decidió utilizar otro acoplamiento, esta vez elástico, para poder continuar con los las pruebas.

Con el nuevo acoplamiento, se notaba enormemente la disminución de las vibraciones y se pudo ensayar el motor a su velocidad nominal de 50 Hz sin ninguna otra incidencia destacable.

También se puede atribuir a lo comentado anteriormente la diferencia de ahorros entre los dos ensayos realizados que aunque no es mucho tratándose de ahorro es para tenerlo en cuenta.

Otra cosa que destacar sería que la potencia nominal del dispositivo ha sido de 10 kVA (ya que era el dispositivo trifásico de menor potencia de los que se disponían en la empresa) aunque nuestra plataforma de pruebas superaba por poco los 5 kVA.

Por último, extrapolando estos resultados a otras instalaciones de mayor potencia cabe suponer que se obtendrían mayores niveles de ahorro ya que la empresa responsable de su distribución (Feigonsa Energy) ha instalado el dispositivo ULTRA en otras instalaciones como son el ministerio de fomento (1000 kVA) y un supermercado DIA (100 kVA) obteniéndose ahorros de consumo en ambos casos, concretamente del 8% y del 5,5% respectivamente.

6. Bibliografía.

6.1 Catálogos y manuales de funcionamiento.

- Manual oficial del autómata logo! 230 rc.
- Manual de instrucciones del variador de velocidad (Altivar 71).
- Manual de usuario del analizador de potencia (Yokogawa WT1600).
- Manual de instrucciones del contador de precisión (TVH4.322)

6.2 Páginas web.

- <http://es.scribd.com/doc/23525965/Eficiencia-Energetica-en-la-Industria>. (10/05/12)
- http://www.ke seco.com/index_e.php. (12/06/12)
- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4294/fichero/PFC+Guillermo+Vale.pdf>. (18/05/12)
- <http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/logo/logo.htm>. (20/05/12)
- <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.html>. (11/05/12)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Superconductividad>. (29/05/12)
- http://www.tecnun.es/asignaturas/PFM_Mat/Prog/Supercv2.pdf. (2/06/12)
- <http://www.energyoffice.org/spain/main.html>. (4/06/12)
- https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/ic/mvltv/low_voltage/Baterias_condensadores/Documents/Catalogo_PFC_Baterias_Condesadores_BT_LV%20Oct09.pdf. (5/06/12)

6.3 Programas.

- LOGO! Soft Confort V7
- Autocad 2009.

Anexos

Anexo I Planos generales e individuales.

En este anexo se encuentran los esquemas de conexión utilizados en el proyecto. Están los esquemas generales con todas las conexiones necesarias para llevar a cabo los dos ensayos y los esquemas individuales de conexión. El orden de los mismos es el siguiente:

1 Esquemas Generales de conexión.

1.1 Esquema general con contador TVH4.

1.2 Esquema general con el analizador WT1600.

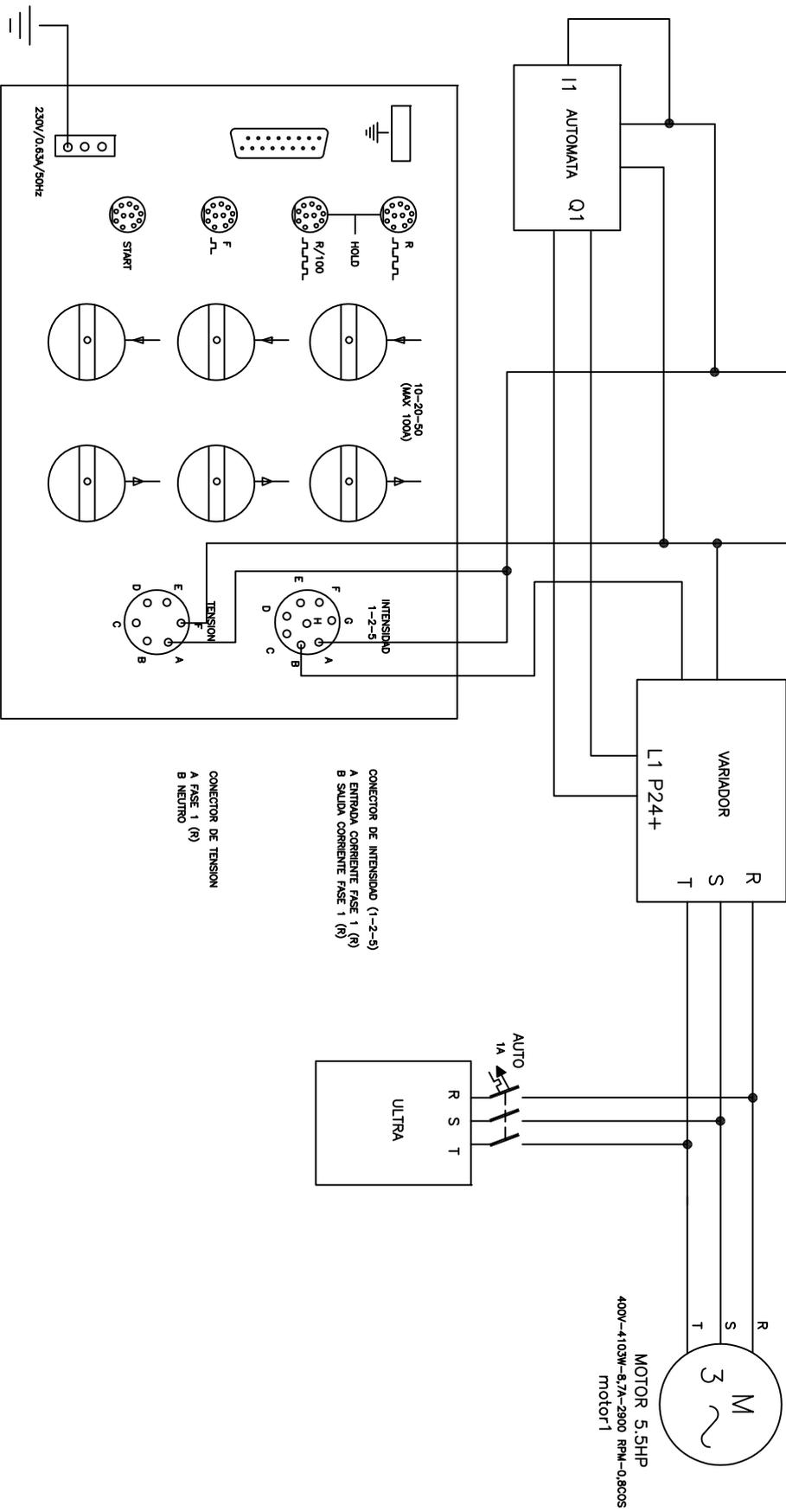
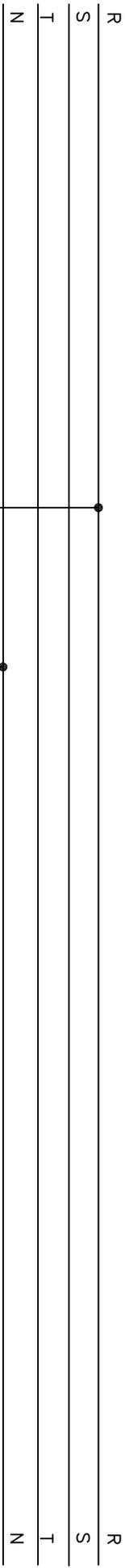
2 Esquemas individuales.

2.1 Variador (Altivar 71) y motor asíncrono.

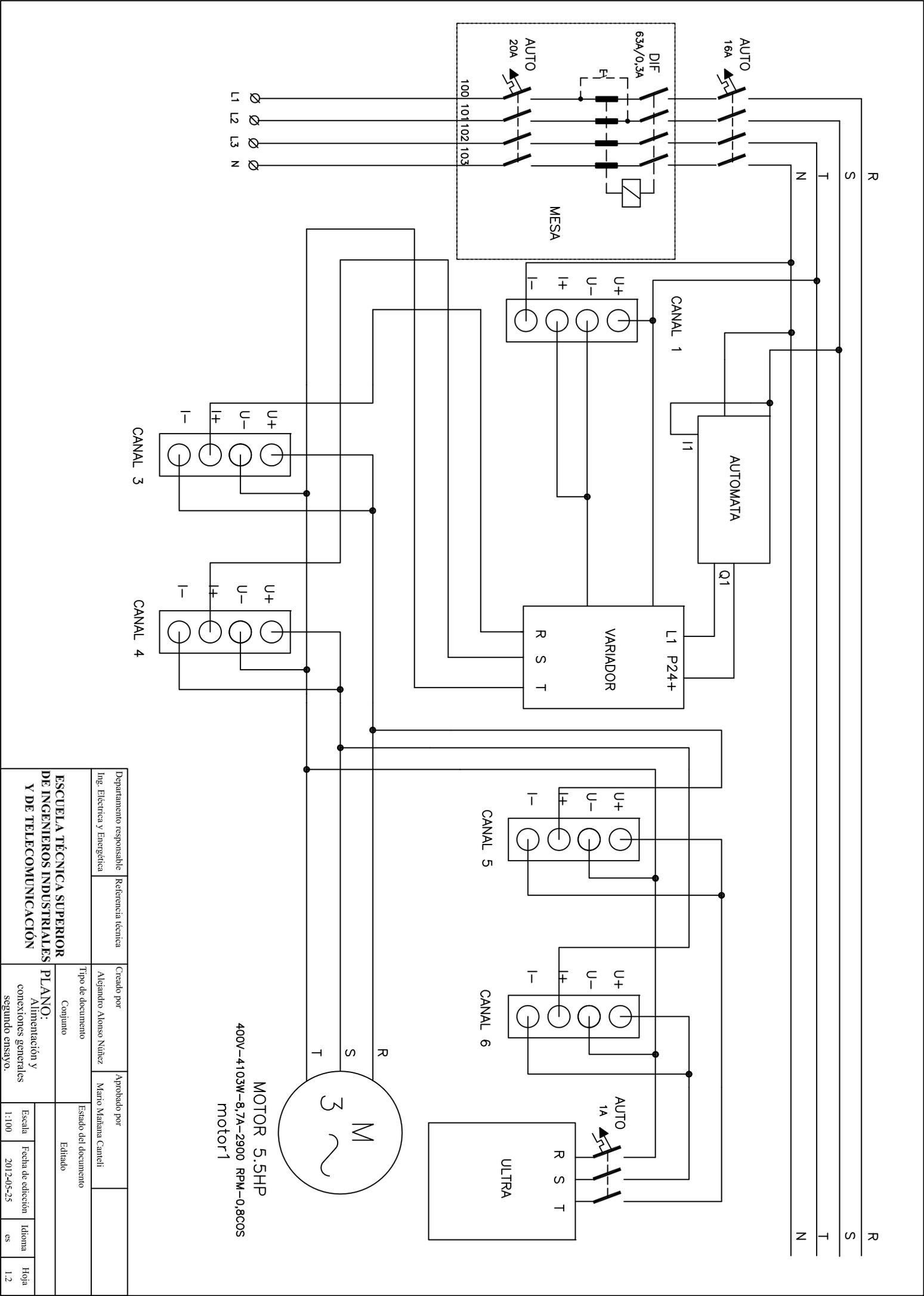
2.2 Autómata (Siemens logo! 230 rc).

2.3 Contador de precisión (TVH 4.322).

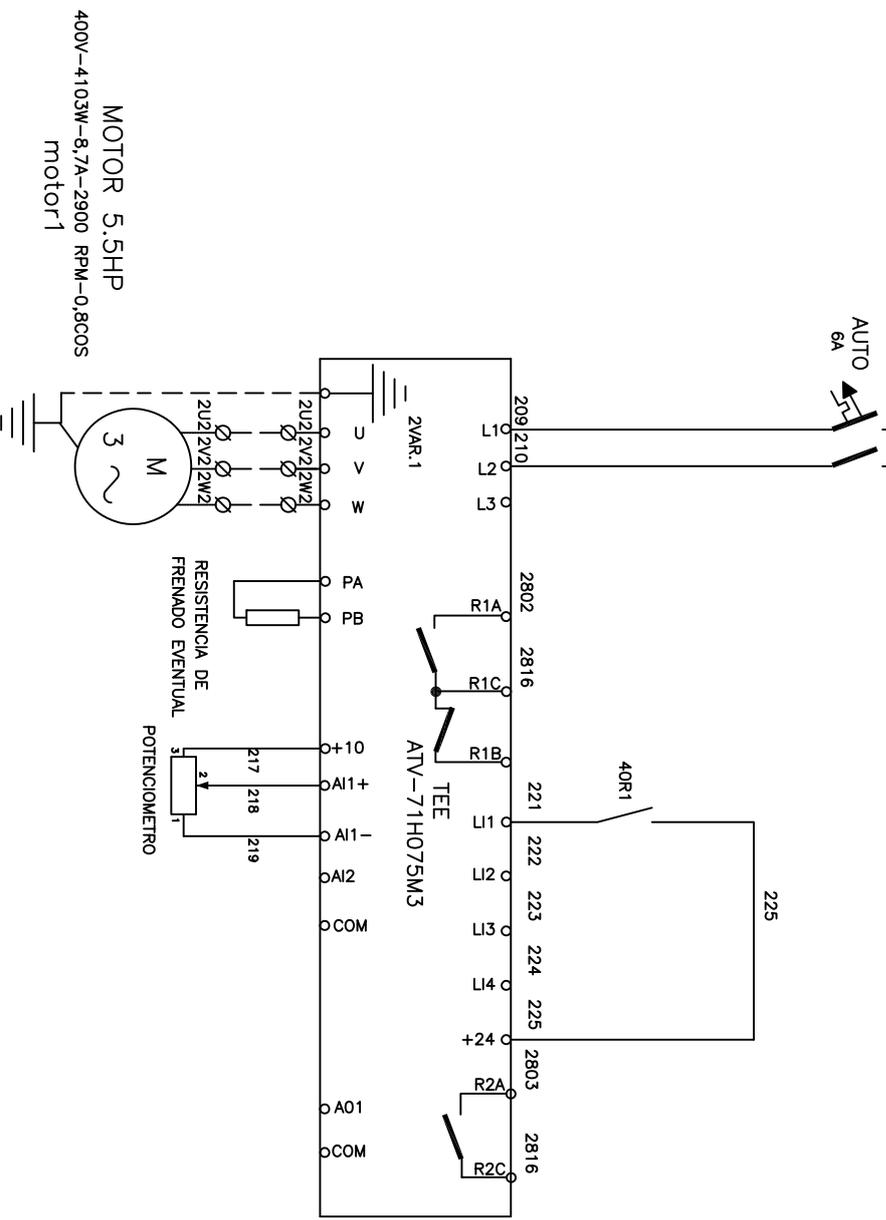
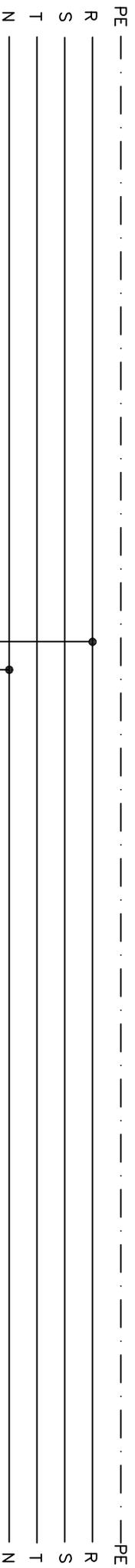
2.4 Analizador de potencia (Yokogawa WT1600).



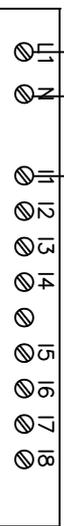
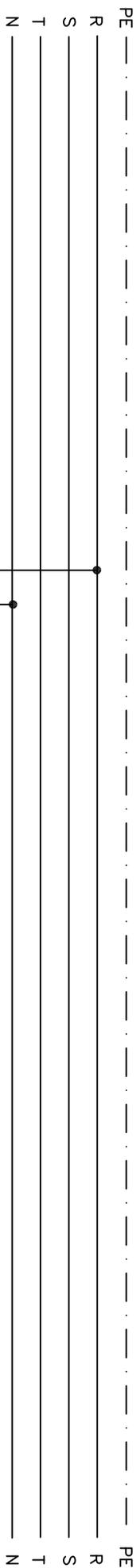
Departamento responsable	Referencia técnica	Creado por	Aprobado por
Ing. Eléctrica y Energética		Alejandro Alonso Niñez	Mario Mañana Cameli
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		PLANQ: Alimentación y conexiones generales primer ensayo.	
Tipo de documento		Estado del documento	
Conjunto		Editado	
Escala	Fecha de edición	Idioma	Hoja
1:100	2012-05-25	es	1.1



Departamento responsable	Referencia técnica	Creado por	Aprobado por
Ing. Eléctrica y Energética		Aljando Alonso Niñez	Mario Mañana Cameli
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		Tipo de documento	Estado del documento
PLANQ: Alimentación y conexiones generales segundo ensayo.		Conjunto	Editado
Escala	Fecha de edición	Idioma	Hoja
1:100	2012-05-25	es	1.2

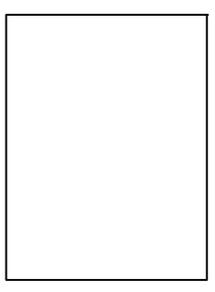


Departamento responsable	Referencia técnica	Creado por	Aprobado por
Ing. Eléctrica y Energética		Alejandro Alonso Núñez	Mario Mánana Cameli
Tipo de documento		Estado del documento	
Conjunto		Editado	
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN			
PLANO:			
Variador monofásico			
Escala	Fecha de edición	Idioma	Hoja
1:100	2012-05-25	es	2.1



AC/DC 115..240 INPUT 8XAC/DC

SIEMENS



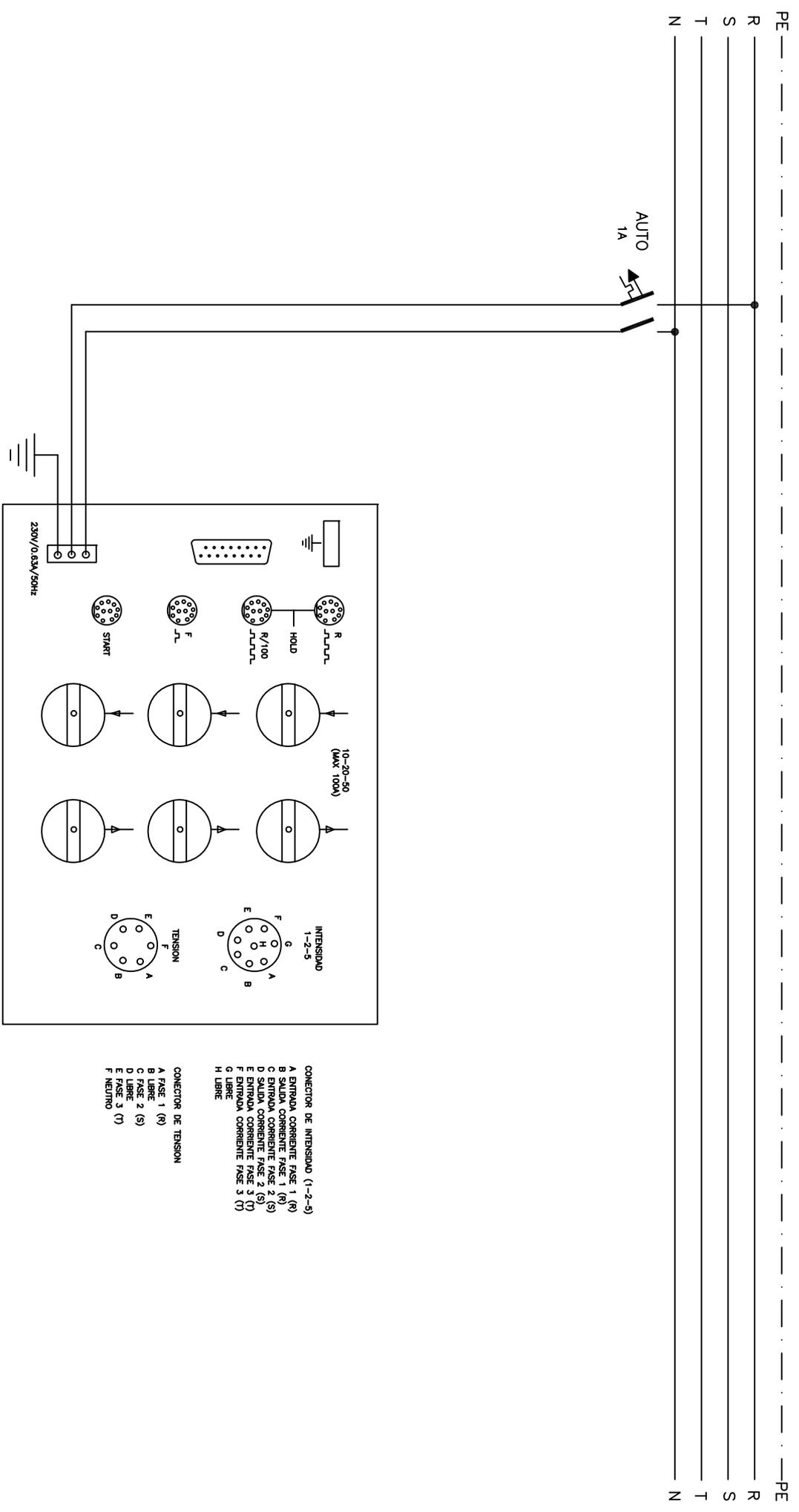
[ESC] [OK]

OUTPUT 4XRELAY/10A



VARIADOR

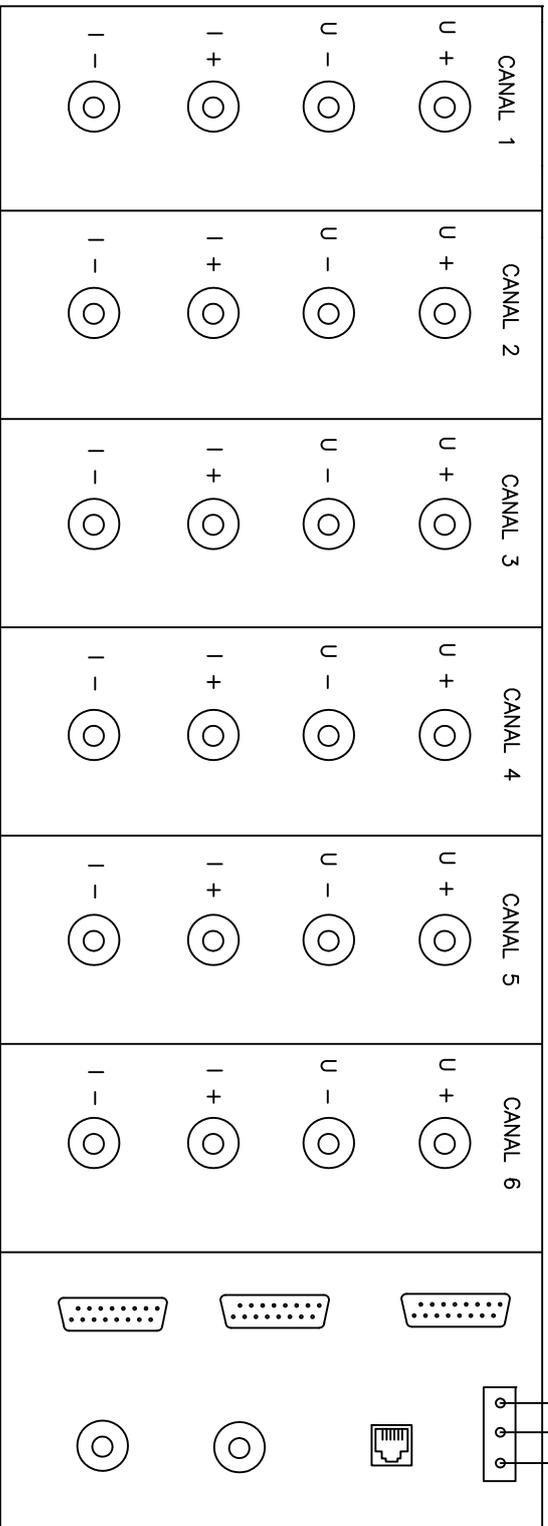
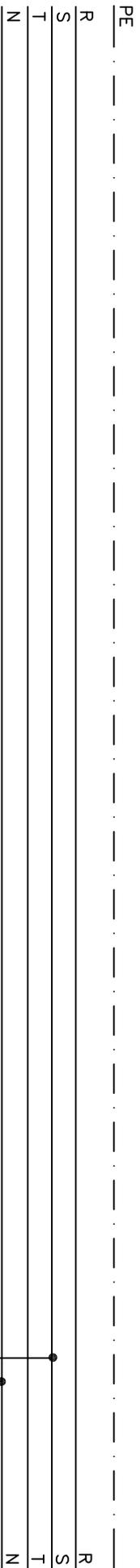
Departamento responsable Inge. Eléctrica y Energética	Referencia técnica	Creado por Alejandro Alonso Núñez	Aprobado por Mario Matiana
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		Tipo de documento Conjunto	Estado del documento Editado
PLANO: Autómata LOGO.		Escala 1:100	Fecha de edición 2012-05-25
		Idioma es	Hoja 2.2



CONECTOR DE INTENSIDAD (1-2-5)
 A ENTRADA CORRIENTE FASE 1 (R)
 B SALIDA CORRIENTE FASE 1 (R)
 C ENTRADA CORRIENTE FASE 2 (S)
 D SALIDA CORRIENTE FASE 2 (S)
 E ENTRADA CORRIENTE FASE 3 (T)
 F ENTRADA CORRIENTE FASE 3 (T)
 G LIBRE
 H LIBRE

CONECTOR DE TENSION
 A FASE 1 (R)
 B LIBRE
 C FASE 2 (S)
 D FASE 3 (T)
 E FASE 3 (T)
 F NEUTRO

Departamento responsable Ing. Eléctrica y Energética	Referencia técnica	Creado por Alejandro Alonso Núñez	Aprobado por Mario Mariana Canteli	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN		Tipo de documento Conjunto	Estado del documento Editado	
		PLANO: Contador de precisión TVH4322	Escala 1:100	Fecha de edición 2012-05-25



Departamento responsable Ing. Eléctrica y Energética	Referencia técnica	Creado por Alejandro Alonso Nuñez	Aprobado por Mario Mañana
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION		Tipo de documento Conjunto	
		Estado del documento Editado	
PLANO: Analizador de potencia WT1600		Escala 1:100	Fecha de educación 2012-05-25
		Idioma es	Hoja 2.4

Anexo II Certificados oficiales del dispositivo ULTRA.

El dispositivo Ultra dispone de una serie de certificados expedidos por diferentes organismos oficiales, todos ellos adjuntados en al anexo II “Certificados oficiales del dispositivo ULTRA”, como pueden ser:

- Declaración de Conformidad Europea (CE) de diferentes modelos.
- Certificado de cumplimiento de la norma ISO 9001: 2000.
- Declaración de conformidad de ROHS.

CERTIFICATE

NIS Zertifizierungs- und Umweltgutachter GmbH
hereby certifies that the company

KESECO CO., LTD.

**(Namyong Bldg. 8F), #284-49, Sungsu2-ga,
Sungdong-gu, Seoul, Korea**

for the scope

**Design, Development, Manufacture, Sales and
Servicing of Energy Saving Devices**

has established and applies a

Quality Management System

A quality audit performed by NIS ZERT
has verified that this quality management system
fulfils the requirements of the following standard:

ISO 9001:2000

(DIN EN ISO 9001:2000)

(Audit report No. SNK 1330)

This certificate, No. SNK1330/9350D, is

valid until **April 16, 2010.**

Hanau, April 17, 2007.



Michael Stowasser
Management NIS ZERT



Woong Ki Min
project Management



NIS ZERT
ZERTIFIZIERUNGS- UND
UMWELTGUTACHTER GMBH

Declaration of conformity



We. : KESECO CO., LTD.

8F Namyoung Digital Tower, 284-49, Seongsu 2 GA, Seungdong-Gu, Seoul, Korea

Declare under our sole responsibility that Power Saving Appliance (for those models listed below), as delivered, are in conformity with the following European Directives:

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY DIRECTIVE, 2004/108/EC

(As amended by 92/31/EEC and by Article 5 of 93/68/EEC)

Per the provisions of:

EN 61000-6-4:2007

EN 61000-6-2:2005

Power Saving Appliance

Product Name

UR-30(1P2W)

Model Number

Year CE Marking was affixed : 2009

Any modification of the above product(s), unwarranted by the above manufacturer, will nullify this declaration.

金 殷 國

Manufacturer : Chairman, Eun Ka K, Kim

Test by : Dastek EMC & Safety Lab in Korea

Report No : DAC09-0090-1

In-Young, CHUNG
Laboratory Chief

In-Young, CHUNG

Declaration of conformity



We, : KESECO CO., LTD.

8F Namyeeoung Digital Tower, 284-49, Seongsu 2 GA, Seoungdong-Gu, Seoul, Korea

Declare under our sole responsibility that Power Saving Appliance (for those models listed below), as delivered, are in conformity with the following European Directives:

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY DIRECTIVE, 2004/108/EC

(As amended by 92/31/EEC and by Article 5 of 93/68/EEC)

Per the provisions of:

EN 61000-6-4:2007

EN 61000-6-2:2005

Power Saving Appliance

Product Name

UR-30(3P3W)

Model Number

Year CE Marking was affixed : 2009

Any modification of the above product(s), unwarranted by the above manufacturer, will nullify this declaration.

Manufacturer : *Chairman EunKuk, Kim*

Test by : Dastek EMC & Safety Lab in Korea

Report No : DAC09-0091-1

Laboratory Chief

In-Young, CHUNG

Declaration of conformity



We, : KESECO CO., LTD.

BF Namyseung Digital Tower, 284-49, Seongsu 2 GA, Seungdong-Gu, Seoul, Korea

Declare under our sole responsibility that Power Saving Appliance (for those models listed below), as delivered, are in conformity with the following European Directives:

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY DIRECTIVE, 2004/108/EC

(As amended by 92/31/EEC and by Article 5 of 93/68/EEC)

Per the provisions of:

EN 61000-6-4:2007

EN:61000-6-2:2005

Power Saving Appliance

Product Name

U-1500(3P3W)

Model Number

Year CE Marking was affixed : 2009

Any modification of the above product(s), unwarranted by the above manufacturer, will nullify this declaration.

Manufacturer : Chairman, Eun Kuk, Kim

Test by : Dastek EMC & Safety Lab in Korea

Report No : DAC09-0092-1

Laboratory Chief

In-Young, CHUNG

Declaration of conformity



We, : KESECO Co., Ltd

8F Namyeeung Digital Tower, 284-49, Seongsu 2 GA, Seoungdong-Gu, Seoul,
Korea

declare, under our sole responsibility, that the products listed below are in conformity with
the essential requirements of

Low Voltage Directive 2006/95/EC, amended by 93/68/EEC

as per the provisions of : EN 50178:1998 standard (relevant clauses only)

Electronic current power saving
appliance

UR-10, UR-7, UR-5, UM-1, UM-0.5

Product Name

Model Number

Any modification of the above product(s), unwarranted by the above manufacturer, will
nullify this declaration.

AUTHORIZED SIGNATORY

Date :

Oct. 8. 2010

Signature :

金 殷 國

Place:

Seoul, Korea

Name in full :

Eun Kuk, Kim

Title :

Chairman

Note: The details (company name, tel #, fax #, contact person, etc) of European representative
will be mentioned here when selling the products into the Europe.

Declaration of conformity



We, : KESECO Co., Ltd

8F Namyong Digital Tower, 284-49, Seongsu 2 GA, Seoungdong-Gu, Seoul,
Korea

declare, under our sole responsibility, that the products listed below are in conformity with
the essential requirements of

Low Voltage Directive 2006/95/EC, amended by 93/68/EEC

as per the provisions of : EN 50178 : 1998 standard (relevant clauses only)

Electronic current power saving
appliance

U-300, UC-200, UC-100,
UC-50, UR-30, UR-20

Product Name

Model Number

Any modification of the above product(s), unwarranted by the above manufacturer, will
nullify this declaration.

AUTHORIZED SIGNATORY

Date : Oct. 8. 2010

Signature :

金 敬 周

Place: Seoul, Korea

Name in full :

ECM KUK, KIM

Title :

Chairman

Note: The details (company name, tel #, fax #, contact person, etc) of European representative
will be mentioned here when selling the products into the Europe.

Declaration of conformity



We, : KESECO Co., Ltd

8F Namyoung Digital Tower, 284-49, Seongsu 2 GA, Seoungdong-Gu, Seoul,
Korea

declare, under our sole responsibility, that the products listed below are in conformity with
the essential requirements of

Low Voltage Directive 2006/95/EC, amended by 93/68/EEC

as per the provisions of : EN 50178:1998 standard (relevant clauses only)

Electronic current power saving
appliance

U-500, U-1000, U-1500

Product Name

Model Number

Any modification of the above product(s), unwarranted by the above manufacturer, will
nullify this declaration.

AUTHORIZED SIGNATORY

Date : Oct. 8, 2010

Signature :

金 敬 國

Place : Seoul, Korea

Name in full :

Eun Kuk, Kim

Title :

Chairman

Note: The details (company name, tel #, fax #, contact person, etc) of European representative
will be mentioned here when selling the products into the Europe.

The Warranty of Hazardous Substances

KESECO CO.,LTD. 8F, NamYoung Bldg., 284-49 SungSuDong2Ga, SungDong-Gu,
Seoul, Korea (133-120)

TEL : 02 - 3409- 1105

<http://www.keseco.com>

We'll not contain the Hazardous substances in our products that are supplied to the

KESECO CO.,LTD. Also we'll observe the EU Directive 2002/95/EC on the

Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic

equipment (RoHS).

Product Information	
Model	Electronic current power saving appliance
Description(s)	U-1500, U-1000, U-500, U-300, U-301, U-302, U-303, U-304, U-305, U-801, U-802, U-803, U-804, U-805

This Product made in KESECO CO.,LTD is comply with the requirement of the EU

Directive 2002/95/EC on the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in

electrical and electronic equipment (RoHS).

President



(Date : Jul / 31 / 2007)



Anexo III Glosario de todas las figuras.

Numeración y nombre de las figuras.	Página.
Figura 1.1 Regulador de tensión genérico.	12
Figura 1.2 Esquema de un condensador.	14
Figura 1.3 Desfase (φ) entre tensión (rojo) e intensidad (verde) en forma de onda para un caso inductivo.	16
Figura 1.4 Desfase (φ) entre tensión e intensidad en forma vectorial para diferente tipos de cargas.	16
Figura 1.5 Núcleo de transformador genérico.	17
Figura 1.6 Triángulo de potencias, caso inductivo ($Q > 0$) y capacitivo ($Q < 0$).	18
Figura 1.7 Pérdidas en un conductor frente al factor de potencia.	19
Figura 1.8 Triángulo de potencias compensado con energía capacitiva (Q_c).	20
Figura 1.9 Esquema de conexión de baterías de condensadores en estrella y triángulo.	22
Figura 1.10 Condensadores en paralelo (a) y su circuito equivalente (b).	23

Figura 1.11 Condensadores en serie (a y b) y su circuito equivalente(c).	25
Figura 1.12 Esquema de una compensación centrada y regulada.	28
Figura 1.13 Esquema de una compensación fija: motores y transformadores.	29
Figura 2.1 Imagen del dispositivo “ULTRA”.	34
Figura 2.2 Composición interna del dispositivo “ULTRA”.	35
Figura 2.3 Resistividad de un metal y de un superconductor a baja temperatura.	36
Figura 2.4 Efecto Meissner en una esfera superconductora enfriada en presencia de un campo magnético constante; al enfriarla por debajo de la temperatura de transición el flujo magnético es expulsado del interior de la esfera.	36
Figura 2.5 Curvas umbral del campo crítico H_c (en Gauss; 1 Gauss = 10^{-4} Tesla) en función de la temperatura.	37
Figura 2.6 Ejemplo de formación de un par de Cooper.	38
Figura 2.7 Curvas de imanación superconductora de un superconductor tipo I y tipo II. Curvas para muestra cilíndrica con el eje paralelo al campo y para una $T < T_c$.	41
Figura 2.8 Campo crítico superior para algunos compuestos.	42

Figura 2.9 Estructura filamentaria del estado vórtice en un superconductor tipo II (Nb). Los puntos oscuros son regiones normales donde se ha depositado polvo ferromagnético.	43
Figura 2.10 Composición interna del dispositivo “ULTRA”.	43
Figura 2.11 Generación de un campo electromagnético alterno y de los pares de Cooper.	44
Figura 2.12 Material cerámico generando radiación infrarroja lejana.	45
Figura 2.13 Mejora del flujo de electrones.	45
Figura 2.14 Ejemplo de conexión de ULTRA en una instalación genérica.	46
Figura 3.1 Imagen del Variador Altivar 71.	49
Figura 3.2 El variador de velocidad Altivar 71 una vez incorporado al montaje de la bancada.	50
Figura 3.3 Terminal gráfico extraíble del variador Altivar 71.	51
Figura 3.4 Aspecto del autómata Logo utilizado.	53
Figura 3.5 Descripción física del logo.	54
Figura 3.6 Ejemplo de un esquema programado.	56

Figura 3.7 Ejemplo del modo simulación.	56
Figura 3.8 Ejemplo de conexión en cascada.	58
Figura 3.9 Esquemas de contactos de las principales funciones lógicas.	58
Figura 3.10 Funciones especiales del autómata Logo (I).	59
Figura 3.11 Funciones especiales del autómata Logo (II).	60
Figura 3.12 Funciones especiales del autómata Logo (III).	61
Figura 3.13 Funciones especiales del autómata Logo (IV).	62
Figura 3.14 Descripción de la función especial generador de impulsos asíncronos.	63
Figura 3.15 Cronograma de la función generador de impulsos asíncronos.	63
Figura 3.16 Esquema de funciones de la programación del autómata (1º Ensayo).	64
Figura 3.17 Esquema de contactos de la programación del autómata (1º Ensayo).	64
Figura 3.18 Descripción de la función especial retardo a la conexión.	65

Figura 3.19 Cronograma de la función especial retardo a la conexión.	65
Figura 3.20 Esquema de funciones de la programación del autómata (2º Ensayo).	66
Figura 3.21 Esquema de contactos de la programación del autómata (2º Ensayo).	66
Figura 3.22 Rotor de Jaula de Ardilla y conductores en cortocircuito.	69
Figura 3.23 Rotor bobinado y anillos rozantes.	70
Figura 3.24 Fotografía del motor asíncrono con los volantes de inercia acoplados a su eje.	71
Figura 3.25 Cilindro genérico utilizado para hallar los momentos de inercia de los volantes de inercia.	73
Figura 3.26 Aspecto de los volantes de inercia.	73
Figura 3.27 Fotografía de la parte frontal del contador TVH 4.322.	79
Figura 3.28 Fotografía de la parte trasera del contador TVH 4.322.	79
Figura 3.29 Descripción de la parte trasera del WT1600.	80
Figura 3.30 Detalle de uno de los canales del WT 1600 con su toma de corriente y de tensión.	81

Figura 3.31 Fotografía en la que se muestra el cableado de los canales 1,3,4,5 y 6.	81
Figura 3.32 Descripción de la parte frontal del WT 1600.	82
Figura 3.33 Cronograma de funcionamiento del 1º Ensayo.	86
Figura 3.34 Disposición de dos canales para medir indirectamente potencias trifásicas (Conexión Aaron).	89
Figura 3.35 Medición de potencia monofásica por medio de un canal.	90
Figura 3.36 Cronograma de funcionamiento del 2º Ensayo.	91

Anexo IV Ejemplo de obtención de datos durante el 2º ensayo.

	P total (w)	Q total (var)	S total (va)	P motor (w)	Q motor (var)	S motor (va)	P Ultra (w)	Q Ultra (var)	S Ultra (va)	I total (A)	I fase R Motor A	I fase S Motor (A)	I fase R Ultra (A)	I fase S Ultra (A)	Tensión T-N variador	Tensión R-T Motor	Tensión S-T Motor	Tensión R-T Ultra	Tensión S-T Ultra	Energía Total (Wh)	Energía Motor (Wh)	Energía Ultra (Wh)
Time	P-1	Q-1	S-1	P Sigma B	Q Sigma B	S Sigma B	P Sigma C	Q Sigma C	S Sigma C	I rms Sigma A	I rms-3	I rms-4	I rms-5	I rms-6	Urms-1	Urms-3	Urms-4	Urms-5	Urms-6	Wp-1	Wp SigmaB	Wp SigmaC
10:48:18	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN
10:48:23	12,1	43,7	45,3	0,6	5,5	4,8	1,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	226,9	17,1	16,1	17,1	642,7	0,0	0,0	0,0
10:48:28	89,4	171,2	193,1	68,9	281,2	250,9	-7,2	421,1	378,5	0,4	1,8	1,8	0,1	0,1	226,9	79,5	81,6	80,3	3193,2	0,1	0,1	0,0
10:48:33	214,8	354,5	414,5	188,3	13,9	490,4	-5,4	634,2	569,3	0,9	2,5	2,5	0,1	0,1	226,7	113,9	113,9	113,9	4553,0	0,4	0,4	0,0
10:48:38	341,3	540,4	639,1	310,8	34,1	669,2	-6,3	782,1	702,2	1,4	2,8	2,8	0,1	0,1	226,3	137,9	138,0	137,9	5518,6	0,9	0,8	0,0
10:48:43	466,9	721,8	859,6	432,6	-61,1	813,4	-4,7	903,0	810,6	1,9	3,0	3,0	0,1	0,1	226,0	157,7	157,7	157,7	6300,5	1,6	1,4	0,0
10:48:48	600,3	905,2	1086,2	560,7	-97,7	948,4	-5,4	998,3	896,5	2,4	3,1	3,1	0,1	0,1	225,9	175,1	175,1	175,0	7002,1	2,4	2,2	0,0
10:48:53	737,3	1083,8	1310,8	692,7	-144,1	1072,7	-4,4	1079,4	969,5	2,9	3,3	3,2	0,1	0,1	225,6	190,6	190,5	190,5	7619,5	3,4	3,1	0,0
10:48:58	881,5	1262,7	1540,0	831,9	-204,0	1195,0	-2,1	957,3	860,0	3,4	3,4	3,4	0,1	0,1	225,3	204,6	204,6	204,6	8177,9	4,6	4,3	0,0
10:49:03	1028,2	1435,1	1765,4	972,1	-279,5	1309,2	-0,8	981,7	881,8	3,9	3,5	3,5	0,1	0,1	224,9	217,2	217,3	217,2	8684,2	6,1	5,6	0,0
10:49:08	1163,7	1583,9	1965,4	1100,8	-366,9	1435,8	-0,7	894,5	803,3	4,4	3,7	3,7	0,1	0,1	224,5	225,1	225,1	225,0	8998,6	7,7	7,2	0,0
10:49:13	1237,3	1641,6	2055,7	1168,8	1251,1	1581,6	-0,2	860,8	773,5	4,6	4,1	4,0	0,1	0,1	224,5	225,2	225,7	225,2	9020,0	9,4	8,8	0,0
10:49:18	1161,1	1561,3	1945,7	1098,0	1166,6	1477,2	-0,8	858,5	771,3	4,3	3,8	3,8	0,1	0,1	224,4	226,8	226,8	226,8	9065,4	11,0	10,3	0,1
10:49:23	964,9	1352,1	1661,1	914,9	301,8	1177,0	0,0	826,2	742,3	3,7	3,0	2,9	0,1	0,1	224,8	230,2	230,1	230,1	9196,8	12,4	11,6	0,1
10:49:28	272,2	557,6	620,5	251,8	-408,7	434,3	-2,2	868,4	780,5	1,4	1,0	1,0	0,1	0,1	226,2	242,4	242,3	242,3	9688,4	12,7	11,9	0,1
10:49:33	69,8	131,9	149,2	55,8	-214,1	211,0	-0,1	949,4	853,3	0,3	0,5	0,5	0,1	0,1	226,7	235,1	234,7	234,7	9387,1	12,8	12,0	0,1
10:49:38	24,1	66,3	70,6	19,2	12,5	193,7	-2,3	923,0	828,4	0,2	0,5	0,5	0,1	0,1	226,8	225,5	221,2	221,2	8845,7	12,9	12,0	0,1
10:49:43	2,2	39,2	39,3	-14,6	-200,8	185,9	-2,6	947,3	850,6	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	226,9	210,1	210,1	210,1	8399,0	12,9	12,0	0,1