



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO
DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:
Ingeniero Eléctrico.

TEMA:

***“BANCO DE ENSAYOS PARA MÉTODOS DE
ARRANQUES APLICANDO UN MOTOR
TRIFÁSICO ASINCRÓNICO DE 5KW DE BAJA
TENSIÓN, CON CAPACIDAD DE
COMUNICACIÓN SIMOCODE DP, DE
MARCA SIEMENS”***

AUTORES:

Alberto Agustín Cadena Anchundia.
Carlos Manuel Zambrano Mendoza.

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Wither Velásquez

MANTA – ECUADOR
AÑO 2011

Declaratoria

Los integrantes de este proyecto son:

Sr. Alberto Agustín Cadena Anchundia.

Sr. Carlos Manuel Zambrano Mendoza.

Siguiendo todos los parámetros de investigación para la realización de esta tesis, declaramos; que este proyecto, es responsabilidad por los hechos, doctrinas e ideas expuestas, corresponden exclusivamente a los autores. El patrimonio intelectual de la misma será dominio de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El presente tema: “*BANCO DE ENSAYOS PARA MÉTODOS DE ARRANQUES APLICANDO UN MOTOR TRIFÁSICO ASINCRÓNICO DE 5KW DE BAJA TENSIÓN, CON CAPACIDAD DE COMUNICACIÓN SIMOCODE DP, DE MARCA SIEMENS*”, cumple con los requerimientos para que el estudiante continúe mejorando sus conocimientos de aprendizaje.

ALBERTO CADENA
EGRESADO ING. ELÉCTRICA

CARLOS ZAMBRANO
EGRESADO ING. ELÉCTRICA

Agradecimiento

Agradecemos de todo corazón a todas aquellas personas que nos han apoyado, permitiéndonos de esa manera cristalizar nuestro más anhelado sueño, **iNuestra realización como profesionales!**

A nuestro Padre Dios, gracias por el don del saber, el don del amor y sobre todo por el don de la vida ya que gracias a todos estos dones podemos lograr nuestra realización como ser humano. **iGracias por ser el motor de nuestra vida!**

Queremos agradecer de manera infinita a nuestros padres por el amor y el apoyo incondicional que nos han brindado a lo largo del camino de la vida, porque todo aquello nos fortalece en nuestra realización como hombres y como seres humanos.

Gracias a nuestros maestros, por la formación y los conocimientos brindados ya que con estos han formado los pilares que son la base para nuestra realización como profesionales. Pero en especial a nuestro Director de tesis Ing. Wither Velásquez que tuvo una participación directa y comprometida en la realización de nuestro trabajo de tesis, entregándonos lo mejor de sí para permitirnos ser unos excelentes profesionales.

Y a todos que de una u otra forma nos incentivaron que en la educación está el desarrollo de las personas y el enriquecimiento intelectual de todo individuo a lo largo de la vida.

ALBERTO AGUSTÍN CADENA ANCHUNDIA

CARLOS MANUEL ZAMBRANO MENDOZA

Dedicatoria

Le doy Gracias a Dios por mi esfuerzo y entrega en este camino hacia el profesionalismo, él merece todo lo mejor de vosotros sus hijos.

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a las personas más especiales de mi vida como son:

A mí querida esposa ELI que siempre estuvo a mi lado hasta en los momentos más difíciles, me enseñó a ser fuerte y dedicado a mis estudios es por esta razón que me impulsa a ser un profesional de bien, logrando mis metas propuestas.

A mí querida madre Angelita. Por ser ella la fortaleza de poder seguir adelante, ya que ellos cultivaron sus sueños en mí y ahora he demostrado y alcanzado el éxito de mi carrera dando el fruto que ellos anhelaban, porque no hay mejor herencia que valga si no hay una buena educación, pero todo esto lo logramos mediante el sacrificio y la perseverancia que nos inculcan nuestros seres queridos.

La victoria ya es realidad gracias a ustedes mis seres queridos.

Alberto Agustín Cadena Anchundia

Dedicatoria

El presente trabajo, fruto de mi esfuerzo y entrega, está dedicado a mis queridos padres Ing. Manuel Zambrano Rodríguez y Lcda. Rita Mendoza Zambrano, que gracias a su amor, apoyo y comprensión, han formado parte en este largo camino de preparación hacia mi vida profesional. Con su ejemplo fueron mi modelo a seguir cultivando en mí, principios y valores. Logrado culminar mi carrera con éxito.

Carlos Manuel Zambrano Mendoza

Certificación Del Director De Tesis

Por medio del presente certifico que los señores egresados: *Cadena Anchundia Alberto* y *Zambrano Mendoza Carlos*, han realizado y concluido bajo mi supervisión y responsabilidad el temario de tesis titulado: “**BANCO DE ENSAYOS PARA MÉTODOS DE ARRANQUES APLICANDO UN MOTOR TRIFÁSICO ASINCRÓNICO DE 5KW DE BAJA TENSIÓN, CON CAPACIDAD DE COMUNICACIÓN SIMODODE DP DE MARCA SIEMENS**”.

Atentamente:
Ing. Wither Velásquez
Director de Tesis

Certificación Del Tribunal De Revisión Y Evaluación

TEMA:

“BANCO DE ENSAYOS PARA MÉTODOS DE ARRANQUES APLICANDO UN MOTOR TRIFÁSICO ASINCRÓNICO DE 5KW DE BAJA TENSIÓN, CON CAPACIDAD DE COMUNICACIÓN SIMODODE DP DE MARCA SIEMENS”.

TESIS DE GRADO:

Sometida a consideración del Tribunal de Revisión y Sustentación, Legalizada por el Honorable Concejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de: INGENIERO ELÉCTRICO.

APROBADA POR:

Decano De La Escuela de Ingeniería Eléctrica.

Ing. Firma.

Profesor Presidente Del Tribunal.

Ing. Firma.

Profesor Miembro Del Tribunal.

Ing. Firma.

Profesor Miembro Del Tribunal.

Ing. Firma.

Declaración Sobre Derecho De Autor

Los egresados: **Alberto Agustín Cadena Anchundia y Carlos Manuel Zambrano Mendoza**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes al presente trabajo, a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual y su reglamento.

ALBERTO AGUSTÍN CADENA ANCHUNDIA

CARLOS MANUEL ZAMBRANO MENDOZA

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.	16
1.1. INTRODUCCIÓN.	16
1.2. ANTECEDENTES.	16
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.	17
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	18
1.5. OBJETIVO GENERAL.	18
1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	18

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN.	20
2.1. GENERALIDADES DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN.	20
2.1.1. Introducción.	20
2.1.2. El sistema trifásico.	20
2.1.3. Tensión de servicio.	20
2.1.4. Conexiones de los motores trifásicos.	21
2.1.5. Sentido de giro de los motores trifásicos.	23
2.1.6. Puesta a tierra.	23
2.1.7. Variación en la tensión y en la frecuencia de la red.	23
2.1.7.1. Modificación de la tensión sin que varíe la frecuencia.	23
2.1.7.2. Variación de la frecuencia permaneciendo constante la tensión.	25

2.1.7.3. Variación de la tensión y de la frecuencia simultáneamente. .	25
2.1.8. Potencia.	26
2.1.9. Servicio continuo S1.	26
2.1.10. Calentamiento y ventilación.	28
2.1.11. Materiales aislantes y clases de aislamiento.	29
2.2. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.	31
2.2.1. Forma constructiva del motor de inducción.	31
2.2.2. Despiece de un motor eléctrico asíncrono trifásico jaula de ardilla. 33	
2.2.3. Rotor jaula de ardilla.	33
2.2.4. Esquemas de conexión para las máquinas trifásicas con rotor de jaula de ardilla.	38
2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS.	39
2.3.1. Tipos de motores eléctricos según su construcción.	39
2.3.2. Motores de inducción jaula de ardilla según su clase.	41
2.3.3. Motores de inducción jaula de ardilla según su enfriamiento y ambiente de trabajo.	44
2.3.4. Tipo diferentes de rotor de jaula.	44
2.4. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL MOTOR.	49
2.4.1. Principio de funcionamiento de los motores de inducción.	49
2.4.2. Creación del campo giratorio.	50
2.4.3. Deslizamiento.	51
2.4.4. Velocidad de sincronismo.	52
2.5. PAR MOTOR Y PAR DE GIRO.	53
2.5.1. Par motor.	53
2.5.2. Par de giro.	54

2.5.3. Características del par motor para accionamientos especiales. ..	54
2.6. POTENCIA, FACTOR DE POTENCIA Y RENDIMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.	55
2.6.1. Compensación de la potencia reactiva en los motores trifásicos.	55
2.6.2. Conversión de potencia en kw a potencia en cv (hp métricos), y viceversa.	57
2.6.3. Conversión de potencia en kw a potencia en hp del sistema inglés (Horse Power).	57
2.6.4. Curva característica del par resistente.	57
2.6.5. Pares e intensidades.	58
2.6.6. Protección del motor.	59
2.7. MÉTODOS DE ARRANQUE.	60
2.7.1. Definición de arranque.	60
2.7.2. Arranque directo.	61
2.7.3. Arranque estrella – delta.	62
2.7.4. Arranque por resistencias rotóricas.	64
2.7.5. Arranque con autotransformador.	65
2.7.6. Arranque electrónico.	68

CAPITULO 3

3. GESTIÓN Y MANDO DE MOTORES SIMOCODE PRO V 3UF7.	70
3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.	70
3.1.1. Introducción.	70
3.1.2. Simplificar la configuración con SIMOCODE PRO V.	73
3.1.3. Aplicación a modo de ejemplo.	75

3.1.4. Descripción de los componentes del sistema.	77
3.1.4.1. Unidad base (UB).	77
3.1.4.2. Módulo de medida de intensidad/tensión (UM) para la serie de equipos SIMOCODE PRO V.	80
3.1.4.3. Accesorios.	82
3.1.4.4. Software.	83
3.2. CONTROL DE MOTOR.	84
3.2.1. Estaciones de control.	84
3.2.2. Funciones de mando.	90
3.2.3. Función de mando "arrancador directo".	98
3.2.4. Función de mando "arrancador-inversor".	99
3.3 FUNCIONES DE VIGILANCIA.	101
3.3.1. Vigilancia de falla a tierra.	102
3.3.2. Vigilancia de límites de corriente.	105
3.3.3. Vigilancia de tensión.	106
3.3.4. Vigilancia de cos phi.	107
3.3.5. Vigilancia de potencia activa.	109

CAPITULO 4

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENSAYO DE MÉTODOS DE ARRANQUES DE MOTORES TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.....	111
4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.	111
4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.	112
4.2.1. Descripción del puesto de trabajo móvil o consola.	112
4.2.2. Descripción del sistema de control y medida.	112

4.2.3. Descripción del software.	114
4.2.4. Descripción de accesorios el modulo didáctico.	115
4.3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO.	115
4.3.1. Diseño estructural de la consola.	115
4.3.2. Diseño y distribución de los elementos de mando y control. ...	118
4.3.3. Construcción de la consola.	119
4.3.4. Montaje e instalación de circuitos de control, fuerza y equipos de medidas.	121
4.4. ESQUEMAS Y DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DEL MÓDULO DIDÁCTICO.	125

CAPITULO 5

5. PUESTA EN MARCHA Y ENSAYOS DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA MÉTODOS DE ARRANQUES DEL MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN DE 5KW.	131
5.1. PUESTA EN MARCHA.	131
5.1.1. Descripción general del modulo didáctico.	131
5.1.2. Instrucciones generales del modulo didáctico.	132
5.2. ENSAYOS.	133
ENSAYO No. 1: Arranque directo del motor trifásico de inducción, mediante contactor, pulsador de marcha - paro, relé térmico y luz piloto.	135
ENSAYO No. 2: Arranque directo con inversión de giro del motor trifásico y bloqueo eléctrico, mediante dos contactores, pulsadores de marcha – paro, relé térmico, luz piloto.	138
ENSAYO No. 3: Arranque directo con retardo a la desconexión del motor trifásico de inducción, mediante relé temporizadores, contactor, pulsador de marcha –paro, relé térmico y luz piloto.	141
ENSAYO No. 4: Arranque directo con inversión de giro controlado por 2 pulsadores y bloqueo por contactos del motor trifásico de inducción,	

mediante dos contactores, dos pulsador de marcha – paro, relé térmico y luz piloto.	144
ENSAYO No. 5: Arranque directo con inversión de giro y mando temporizado del motor trifásico de inducción, mediante relé temporizador, cuatro contactores, dos pulsadores de marcha, un pulsador de paro, relé térmico y luz piloto.	147
ENSAYO No. 6: Arranque a tensión reducida en dos etapa (alto voltaje Y / bajo voltaje YY) del motor trifásico de inducción, mediante relé temporizador, cuatro contactores, pulsadores de marcha - paro, relé térmico y luz piloto.	150
ENSAYO No. 7: Arranque a tensión reducida en dos etapas (alto voltaje Y / bajo voltaje YY) con inversión de giro temporizado del motor trifásico de inducción, mediante tres contactores, pulsadores de marcha - paro, relé temporizador, relé térmico y luz piloto.	153
ENSAYO No. 8: Puesta en marcha del sistema de gestión de motores SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.	156
ENSAYO No. 9: Arranque directo del motor trifásico con el sistema de SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.	162
ENSAYO No. 10: Arranque directo con inversión de giro del motor trifásico, con el sistema de SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.	167
5.3. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.	172

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	174
6.1. Conclusiones.	174
6.2. Recomendaciones.	175
BIBLIOGRAFÍA.	177

Capítulo: Nº 1

1. GENERALIDADES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

Desde hace varias décadas, los más importantes fabricantes de aparatos de maniobra y equipamiento que de manera individual o en combinaciones, son necesarios para la maniobra y protección de consumidores eléctricos o para la distribución de energía eléctrica en redes de baja tensión. Al perfeccionar estos equipos, siempre se considero que deben cumplirse y aun superarse las expectativas de los usuarios en relación a las características esenciales, la vida útil, tanto eléctricas como mecánicas y las dimensiones, así como las facilidades para el montaje y mantenimiento.

La notable concientización del método del medio ambiente que los usuarios experimentan especialmente en la última década se tuvo en cuenta en desarrollar y emplear materiales no contaminantes y de fácil reciclado. Así se crearon programas de aparatos que adecuaron sus características eléctricas, mecánicas y las dimensiones a estas aplicaciones. En esta realización de tesis tomamos en cuenta estas exigencias del medio profesional, cumpliendo las normas de seguridad, de calidad y protección del medio ambiente. Se empleó equipamiento de última generación que cumplieran con estos requisitos ya citados.

Para lo cual realizamos la construcción del modulo de pruebas de métodos de arranque; con un motor de 5 KW de inducción de baja tensión, con equipos de medición para obtención de datos en cada ensayo, para los circuitos de arranque y gestión de mando del motor se utilizaran elementos eléctricos de la marca SIEMENS y LG, para el mando automatizado del motor se utilizará el equipo de SIMOCODE PRO V con comunicación a la PC de la marca SIEMENS.

1.2. ANTECEDENTES.

En la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, específicamente en el área de laboratorio eléctrico, donde los estudiantes tienen la oportunidad para desarrollar las práctica en circuitos eléctrico de baja potencia a nivel industrial; cuenta con un sistema de respaldo de energía eléctrica mediante generador; con un banco de prueba de transformadores; y otros equipos para ensayos en el campo eléctrico.

Con el diseño y construcción de un banco de ensayos para métodos de arranques aplicando un motor trifásico de 5kw de inducción de baja tensión, con capacidad de comunicación SIMOCODE DP, de marca SIEMENS, fortalecerá el proceso de enseñanza – aprendizaje de las prácticas elaboradas con los estudiantes, ya que, el banco de ensayo será instalado en el laboratorio, permitiendo a los estudiantes una nueva opción con tecnología de punta.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.

El diseño y construcción del banco de ensayos para métodos de arranques aplicando un motor trifásico de 5kw de inducción de baja tensión, con capacidad de comunicación SIMOCODE DP, de marca SIEMENS. Permitirá a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, realizar ensayos de métodos de arranque del motor trifásico, así como: arranque directo, arranque directo con inversión de giro, arranque directo con retardo a la conexión, arranque directo con retardo a la conexión e inversión de giro, arranque a tensión reducida en dos etapa (alto voltaje Y / bajo voltaje YY), arranque a tensión reducida en dos etapas (alto voltaje Y / bajo voltaje YY) con inversión de giro temporizado, puesta en marcha del sistema de gestión de motores SIMOCODE PRO V, arranque directo del motor trifásico con el sistema de SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación y arranque directo con inversión de giro con el sistema de SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.

El banco de ensayos permitirá simulaciones a nivel del campo industrial en la rama eléctrica, permitiendo a los futuros profesionales alcanzar los conocimientos prácticos tan necesarios para el desenvolvimiento en el campo laboral.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El diseño y construcción del banco de ensayos para métodos de arranques aplicando un motor trifásico de 5kw de inducción de baja tensión; cuenta con un equipo de última generación para la gestión de motores SIMOCODE PRO V modelo 3UF7 que permite capacidad de comunicación, es decir, mediante un software podemos determinar las diferentes fallas eléctrica y los mantenimientos preventivos, que pueden presentarse en un motor trifásico de inducción.

El laboratorio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en la última década no ha renovado equipos de última generación, dando la oportunidad a los estudiantes que egresan de la escuela de ingeniería, dirigir sus proyectos tendientes al reforzamiento y equipamiento del laboratorio.

1.5. OBJETIVO GENERAL.

Diseñar y construir un banco para ensayos de métodos de arranques, con un motor trifásico de 5kw de inducción de baja tensión, con capacidad de comunicación SIMOCODE DP, de marca SIEMENS.

1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Dar a conocer los elementos de mando, regulación, control y esquemas básicos necesarios para realizar maniobras de un motor trifásico de 5 Kw de inducción.
- Diseñar y definir esquemas de mando para los métodos de arranque de fuerza y control.
- Estudiar el funcionamiento y comportamiento de los motores en los diferentes métodos de arranques y sus aplicaciones en general.
- Diferenciar las distintas fallas que presenta un motor trifásico de inducción.

Capítulo: Nº 2

MARCO TEÓRICO

2. MOTORES TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.

2.1. GENERALIDADES DE LOS MOTORES TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.

2.1.1. Introducción.

Para poder manejar y controlar un motor trifásico de inducción de manera correcta primero se debe conocer las partes constitutivas del mismo, sus características y tres de los diferentes comportamientos que presenta durante su funcionamiento, todo esto con la finalidad de encontrar la mejor manera de utilizarlo sacando provecho al máximo de sus ventajas y desventajas.

2.1.2. El sistema trifásico.

Las redes trifásicas de baja tensión están formadas por los tres conductores activos R, S y T, y pueden ejecutarse con o sin conductor neutro. Los conductores neutros están unidos al centro de la estrella del generador o del transformador correspondiente al lado de baja tensión. Dos conductores activos, o uno de ellos y el neutro, constituyen un sistema de corriente alterna monofásica.

2.1.3. Tensión de servicio.

La tensión existente entre dos conductores activos (R, S, T) es la tensión de línea, tensión compuesta o tensión de la red. La tensión que hay entre un conductor activo y el neutro es la tensión de la fase, tensión simple. **Figura 2.1**

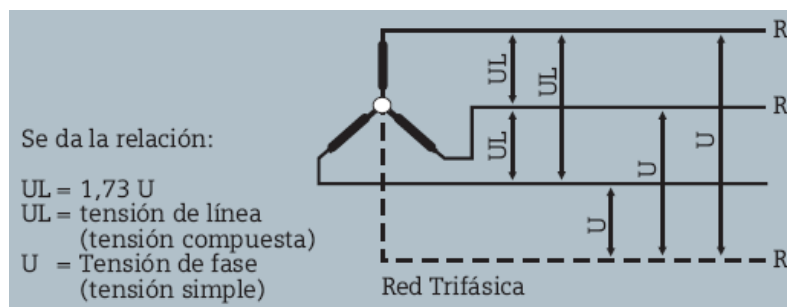


Figura 2-1: Tensión de servicio entre dos conductores.

Las tensiones normalizadas para las redes de corriente trifásica, en baja tensión, son las siguientes, (Tabla 2-1):

Tensión de línea (V)	Tensión de fase (V)	Denominación usual de la red (V)
208	120	208/120
220	127	220/127
260	150	260/150
380	220	380/220
440	254	440/254

Tabla 2-1: Tensión normalizada para las redes de corriente trifásica.

2.1.4. Conexiones de los motores trifásicos.

Los motores trifásicos se conectan los tres conductores R S T. La tensión nominal del motor en la conexión de servicio tiene que coincidir con la tensión de línea de la red (tensión de servicio).

Conexión de servicio de los motores trifásicos y sus potencias nominales según la siguiente (Tabla 2.2):

Ejecución del devanado (V)	Tensión de la red (V)	Devanado en	% Potencia nominal de placa	Tipo de arranque permitido
220-260 Δ /440Y ¹⁾ Tamaños 71-160	220	Δ	80	Directo/Y- Δ
	260	Δ	100	Directo/Y- Δ
	380	Δ	100	Directo
	440	Δ	100	Directo
208 – 220 YY/ 440 Y Tamaños 71-112	208	YY	90	Directo
	220	YY	100	Directo
	440	Y	100	Directo
208-220 $\Delta\Delta$ / 440 Δ Tamaños 132-280	208	$\Delta\Delta$	90	Directo/Y- Δ
	220	$\Delta\Delta$	100	Directo/Y- Δ
	380	YY		Directo
	440	Δ	100	Directo/Y- Δ

Los motores que se arranquen en estrella-triángulo, la conexión de servicio será en triángulo.

Tabla 2-2: Conexión de servicio y potencia nominales de los motores trifásicos de inducción.

Diagrama de conexión de los motores trifásicos de inducción, marca Siemens, (Figura 2-2).

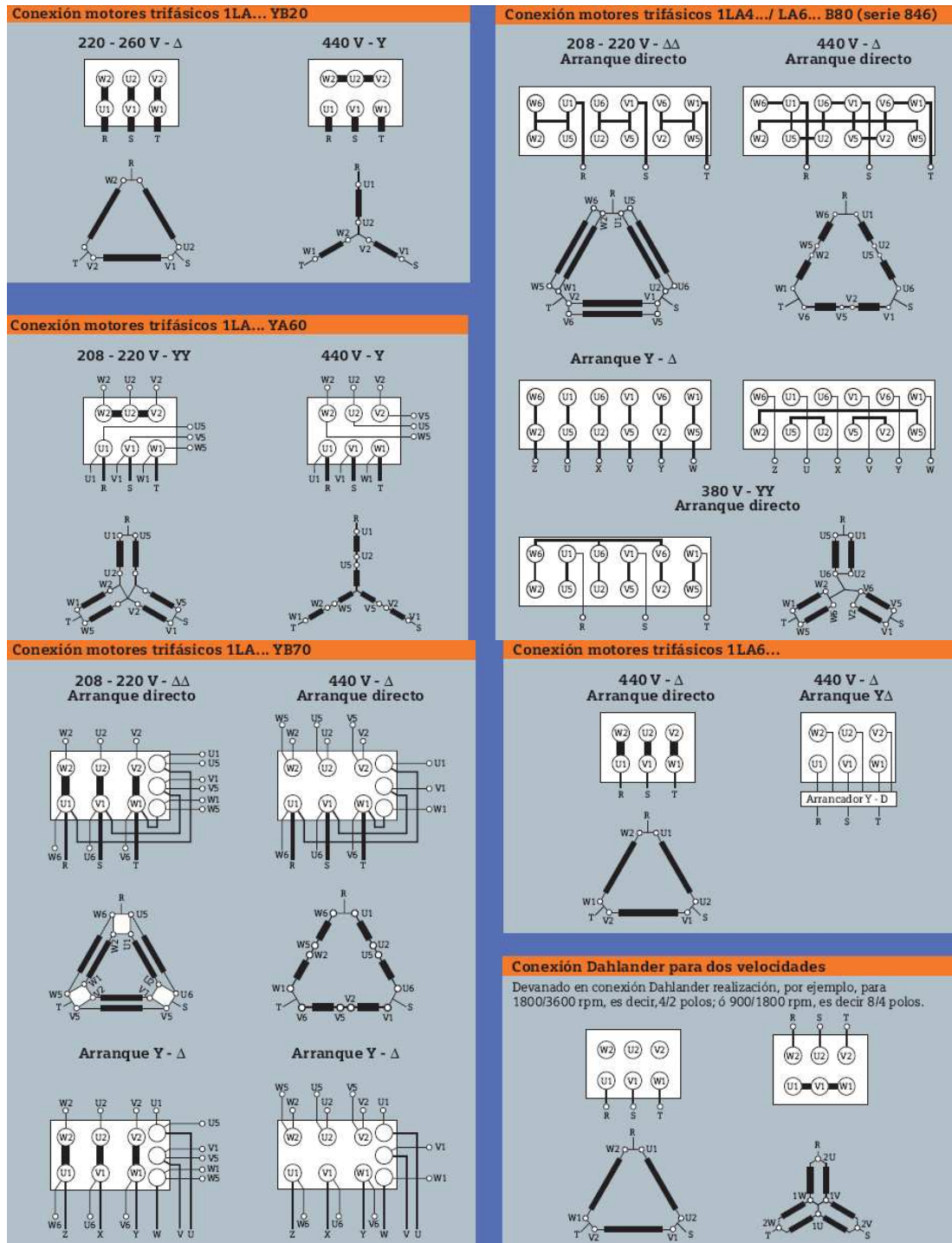


Figura 2-2: Esquema de conexión de un motor asíncrono trifásico jaula de ardilla.

2.1.5. Sentido de giro de los motores trifásicos.

Los bornes de los motores trifásicos están marcados de tal manera, que el orden alfabético de la denominación de bornes U, V, W, coincide con el orden cronológico si el motor gira hacia la derecha.

Esta regla es válida para todas las máquinas, cualquiera que sea su potencia y su tensión. Tratándose de máquinas que sólo sean apropiadas para un sentido de giro, estará éste indicando por una flecha en la placa de características. Debajo de la flecha consta en qué orden se desconectarán los bornes con las fases correlativas de la red.

Se consigue invertir el sentido de giro, intercambiando la conexión de dos conductores de fase. Antes de poner en marcha el motor debe revisarse la conexión y el sentido de giro.

2.1.6. Puesta a tierra.

Los motores tienen en la caja de conexiones un tornillo para empalmar el conductor de tierra. Si se trata de motores, superiores al tamaño constructivo 180, para la puesta a tierra se dispone adicionalmente un borne en la pata o bien en la carcasa.

2.1.7. Variación en la tensión y en la frecuencia de la red.

Para motores provistos de devanado normal, el comportamiento de los valores de servicio es como se detalla a continuación:

2.1.7.1. Modificación de la tensión sin que varíe la frecuencia.

El par de arranque y el par motor máximo varían aproximadamente con el cuadrado de la tensión; la intensidad de arranque se modifica en una relación aproximadamente proporcional a la tensión. Con desviaciones de hasta + 5% respecto a la tensión nominal, se puede suministrar la potencia nominal. En este caso, se podrá sobrepasar en 10°C la temperatura límite.

a) Aumento de la tensión (suponiendo que la potencia suministrada permanece constante).

1. La corriente magnetizante en motores de elevada saturación, limitan el aumento que puede experimentar la tensión; en este caso se encuentran especialmente los motores cuya potencia asciende hasta 3kW, aproximadamente, los cuales ya presentan, a la tensión nominal una intensidad en vacío relativamente elevada.
2. La intensidad en el estator, que representa la suma geométrica de la componente de corriente dependiente de la carga y de la corriente magnética, se reduce generalmente. En los motores de hasta 3kW puede predominar la influencia de la corriente magnetizante y, en consecuencia, aumentar la intensidad en el estator.
3. El factor de potencia será menor a la misma potencia: el origen de ello es el aumento de la corriente magnetizante y la reducción de la corriente activa.
4. Las pérdidas en el rotor y, en general, en el estator serán menores. El calentamiento del motor depende de cómo se modifican las pérdidas en el hierro y en el cobre. Por regla general, se modificará apenas prácticamente con las fluctuaciones normales de la tensión.
5. El rendimiento tampoco variará mucho, elevándose o reduciéndose en dependencia de si predomina la reducción en las pérdidas en el cobre o el aumento en las pérdidas en el hierro.
6. La velocidad de reducción aumentará ligeramente, por ser menores las pérdidas en el rotor.

b) Reducción de la tensión.

1. La corriente magnetizante, la densidad de flujo, las pérdidas en el hierro y, por lo tanto, en el calentamiento del mismo, serán menores.

-
2. La intensidad en el estator, que representa la suma geométrica de la componente de corriente dependiente de la carga y de la corriente magnetizante, aumenta generalmente.

En los motores de hasta 3kW, puede predominar la influencia de la corriente magnetizante y, en consecuencia, reducirse la intensidad en el estator.

3. Se mejora el factor de potencia (menor corriente magnetizante, mayor corriente activa).
4. Las pérdidas en el rotor y en general las pérdidas en el cobre del estator aumentan. Normalmente, será mayor el calentamiento.
5. El rendimiento apenas se modificará.
6. La velocidad de rotación descenderá ligeramente.

2.1.7.2. Variación de la frecuencia permaneciendo constante la tensión.

Con desviaciones de hasta +5% respecto a la frecuencia nominal, se puede suministrar la potencia nominal. El valor absoluto del par inicial de arranque y del par máximo varían en relación inversamente proporcional a la frecuencia; la velocidad de rotación varía, aproximadamente, en relación directa con la frecuencia.

Al modificar la frecuencia, las restantes propiedades de funcionamiento del motor varían en relación inversa a como sucede en caso de producirse un cambio en la tensión.

2.1.7.3. Variación de la tensión y de la frecuencia simultáneamente.

Si la tensión y la frecuencia aumentan o disminuyen aproximadamente en igual proporción, no varían las condiciones magnéticas. El motor desarrollará el par motor nominal. Aproximadamente, la velocidad de rotación y la potencia varían en la misma proporción que la frecuencia. El par resistente puede no

alterarse. Tratándose de frecuencias reducidas, la potencia disminuye en mayor medida, por ser la ventilación menos efectiva.

2.1.8. Potencia.

Para elegir un motor adecuado, se tendrán en cuenta los datos siguientes: la carga de trabajo (potencia), la clase de servicio, el curso de ciclo de trabajo, los procesos de arranque, frenado e inversión, la regulación de la velocidad de rotación, las variaciones de la red y la temperatura del medio refrigerante.

2.1.9. Servicio continuo S1.

Según VDE 0530, el servicio continuo se define como el servicio prestado bajo carga constante (potencia nominal) durante un tiempo que baste para alcanzar la temperatura de equilibrio térmico.

Según VDE 0530, no se ha previsto que se sobrepase, de una forma permanente, el valor de la potencia nominal. Se admite, sin embargo, una sola vez, una sobrecarga del 150% de la intensidad nominal durante 2 minutos. Si las sobrecargas son superiores, por ejemplo, durante el arranque, el tiempo tendrá que acortarse correspondientemente. La red de baja tensión se alimenta directamente con un generador o por medio de un transformador conectado, a su vez, a la red de alta tensión.

La potencia nominal del generador o del transformador, medida en kVA, tiene que ser, como mínimo, igual a la suma de las potencias aparentes de todos los motores que, en el caso más desfavorable, se encuentren simultáneamente en servicio.

La potencia de los motores que puedan conectarse a la red, considerando la intensidad en el arranque (la potencia aparente de arranque) para una cierta carga previa de la red, está determinada por la diferencia de tensiones que se considera admisible si la alimentación se hace a través de un transformador, y, si la alimentación se realiza por medio de un generador, por el diseño y excitación del mismo. La potencia nominal del motor debe aproximarse lo más posible a la demanda de potencia de la máquina accionada. Si el motor está dimensionado en exceso, resultan las siguientes consecuencias:

Mayor intensidad de arranque, por lo cual se necesitan fusibles mayores y una mayor sección en el conductor; servicio antieconómico, puesto que el factor de potencia γ , bajo ciertas circunstancias, el rendimiento a carga parcial es menor que a plena carga. Entre 3/4 y 1/1 de la carga, varía poco el rendimiento.

El motor toma de la red las siguientes potencias, (Figura 2-3):

Potencia activa:	$P_w = \frac{P \cdot 100}{\eta}$
Potencia aparente:	$P_s = \frac{P \cdot 100}{\eta \cdot \cos \varphi}$
Potencia reactiva:	$P_b = \frac{P \cdot \text{tg} \cdot \varphi \cdot 100}{\eta}$

Figura 2-3: Cuadro de formula de potencia.

Siendo

- P = potencia suministrada en el eje (Kw)
- P_w = potencia activa (Kw) absorbida de la red
- P_s = potencia aparente (kVA)
- P_b = Potencia reactiva (kVAr)
- U = Tensión de servicio (V)
- I = intensidad en el estator (A)
- h = rendimiento (%)
- cos φ = factor de potencia

Para sistemas trifásicos, (Figura 2-4):

Potencia aparente:	$P_s = \frac{U \cdot I \cdot 1,73}{1000}$
Intensidad (A)	$I = \frac{P_w \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi \cdot 1,73} = \frac{P \cdot 1000 \cdot 100}{U \cdot \eta \cos \varphi \cdot 1,73}$
<i>Para sistemas monofásicos:</i>	
Intensidad (A)	$I = \frac{P_w \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{P \cdot 1000 \cdot 100}{U \cdot \eta \cos \varphi}$

Figura 2-4: Formula de potencia trifásica.

2.1.10. Calentamiento y ventilación.

La vida útil de un motor es igual a la del aislamiento de sus devanados, si se prescinde del desgaste propio del servicio de los cojinetes, escobillas, anillos rozantes o colector, elementos que se pueden sustituir por otros nuevos sin que, relativamente, se realicen gastos de importancia. Por este motivo, se tendrán especialmente en cuenta las condiciones de servicio que afecten al calentamiento y, por tanto, al aislamiento. El calentamiento es una consecuencia de las pérdidas originadas en toda transformación de energía (en caso de motores, por ejemplo, transformación de energía eléctrica en energía mecánica). El calentamiento del motor se produce, principalmente, por las pérdidas en el hierro de las chapas magnéticas y del núcleo y por las pérdidas en el cobre del devanado. Estas últimas calientan también el aislamiento de cada conductor. La temperatura admisible del aislamiento utilizado determina fundamentalmente la capacidad de carga del motor.

$$P_{pérd.} = P_{abs.} - P_{ced}$$

En la práctica no se indican las pérdidas del motor, sino su rendimiento, el cual se calcula de la siguiente forma, (Figura 2-5):

$$\eta = \frac{P_{ced.} \cdot 100}{P_{abs.}} = \frac{(P_{abs.} - P_{pérd.}) \cdot 100}{P_{abs.}}$$
$$\eta = \frac{P_{ced.}}{P_{ced.} + P_{pérd.}} \cdot 100$$

siendo:

$P_{pérd.}$ = pérdidas totales (kW)	$P_{ced.}$ = potencia (kW)
$P_{abs.}$ = potencia activa (kW) tomada de la red	que se entrega en el eje η = rendimiento (%)

Para las pérdidas, rige, por tanto, lo siguiente

$$P_{pérd.} = \frac{(100 - \eta) P_{abs.}}{100} = \frac{100 - \eta}{\eta} P_{ced.}$$

Figura 2-5: Formulas de pérdidas del motor.

La energía consumida en pérdidas = pérdidas por tiempo en kWh (calor), se acumula en el motor, de acuerdo a su capacidad térmica, conduciéndose una gran parte al medio ambiente, a través de la ventilación.

Si la carga es constante, se alcanzará un estado de equilibrio cuando la cantidad de calor absorbida sea igual a la disipada, en servicio continuo, una vez que hayan transcurrido de 3 a 5 horas.

La sobre temperatura entonces motivada (calentamiento) en los devanados y en el resto de las partes del motor es igual a la diferencia que hay entre la temperatura de la parte considerada y la del medio refrigerante. Las sobre temperaturas resulta de la relación existente entre las pérdidas que en el motor se transforman en calor y la capacidad de disipación del calor, **(Figura 2-6)**:

$$ST = \frac{P_{pérd.}}{W_a}$$

siendo:
ST = sobretemperatura (°C)
Ppérd. = pérdidas (W)
W_a = capacidad de disipación del calor (W / °C)

Figura 2-6: Formulas de sobre temperatura del motor.

La capacidad de disipación de calor depende de la superficie exterior del motor y de las condiciones de ventilación. Como la duración del aislamiento de los devanados decrece al aumentar la temperatura (cada 10 °C, aproximadamente en la mitad), según sea el material utilizado habrá que observar los valores límites fijados por VDE 0530 para la temperatura del devanado (temperatura límite).

Estos valores están de acuerdo con la respectiva resistencia térmica de los materiales aislantes subdivididos en clases. La duración media prevista es, aproximadamente, de 20 años.

2.1.11. Materiales aislantes y clases de aislamiento.

En las normas internacionales se han clasificado los materiales aislantes, incluyendo sus medios impregnados, en clases de aislamiento, habiéndose fijado los correspondientes valores exactos de temperatura, **(Figura 2-7)**.

La temperatura máxima permanente admisible de los diferentes materiales aislantes se compone, como queda representado en la figura anterior, de la

temperatura del medio refrigerante, de la sobre temperatura límite y de un suplemento de seguridad.

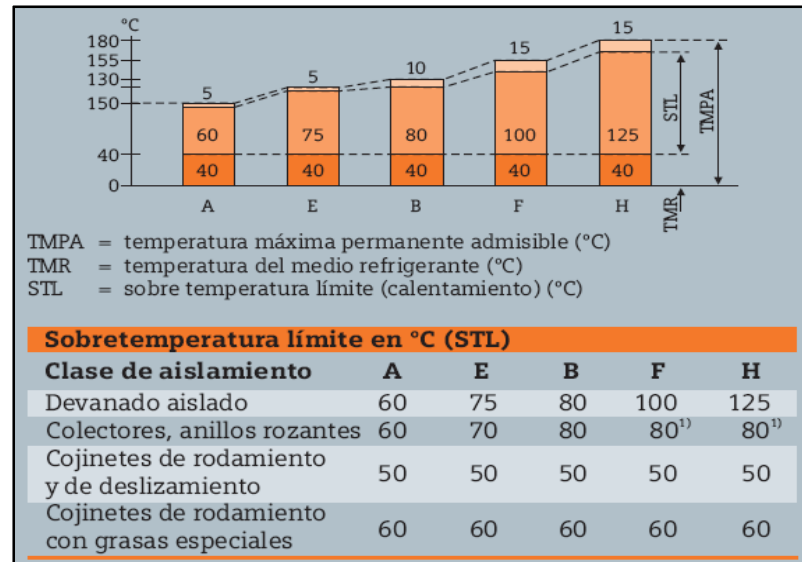


Figura 2-7: Clase de materiales aislamiento y temperatura.

Este último suplemento se ha introducido porque, aplicando el método de la medida usual, o sea la elevación de la resistencia del devanado, no se determina la temperatura en el punto más caliente, sino que se mide el valor medio del calentamiento.

Las indicaciones de potencia de los motores están basadas en una temperatura del medio refrigerante de 40 °C para todas las clases de aislamiento. Si el fabricante da garantía, la sobre temperatura límite para aislamiento clase F puede sobrepasarse en 10 °C y en 20 °C para clase H.

Las sobre temperaturas límite de los colectores, anillos rozantes y cojinetes, rigen para medidas por termómetro, contrariamente a como sucede con las sobre temperaturas límites de los devanados.

- Salvo algunas excepciones, los motores de baja tensión de ejecución normal van provistos de aislamiento que protege el devanado contra la influencia de gases agresivos, vapores y polvo conductor, y permite su instalación en lugares donde la humedad del aire sea muy elevada y tengan lugar frecuentes condensaciones de agua (trópicos, cervecerías, estaciones de bombeo, etc.).

-
- Los fabricantes ofrecen aislamiento clase F en todos sus motores.
 - Para condiciones especiales (por ejemplo, peligros debidos a la acción de aceite, existencia de polvo de fundición) es posible un aislamiento de ejecución especial.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.

2.2.1. Forma constructiva del motor de inducción.

La forma constructiva del motor normalmente es elegida por el constructor de la máquina accionada en base a sus propias exigencias; en el caso particular de grandes y complejas máquinas, la elección debe ser realizada en colaboración con el fabricante del motor. En lo referente al montaje y grado de protección, las normas definen los tipos y formas constructivas.

Un motor de inducción es simplemente un transformador eléctrico cuyo circuito magnético está separado, por medio de un entrehierro, en dos partes: una parte fija llamada *estator* y otra parte móvil llamada *rotor*, (Figura 2-8).

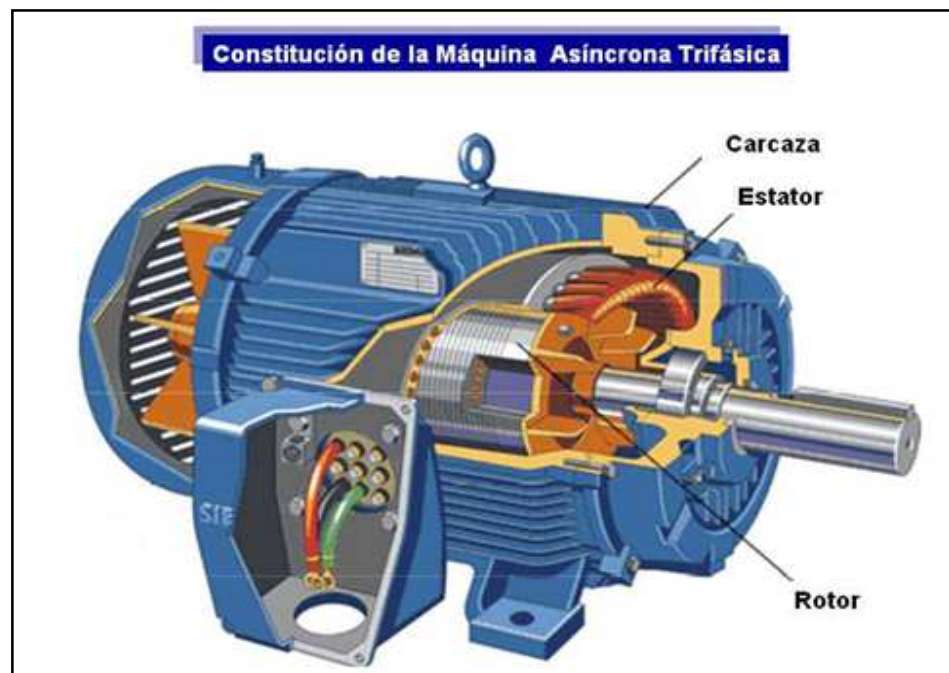


Figura 2.8: Constitución de un motor asincrónico trifásico.

El estator.- Está formado por un devanado (primario) situado en un núcleo de chapas magnéticas de acero ranuradas.

El rotor.- Al igual que el estator, también posee un núcleo de chapas magnéticas ranuradas en el cual se sitúa un devanado (secundario), pero éste, puede que no sea bobinado sino que contenga unas barras de cobre, bronce, o aluminio unidas en los extremos a unos anillos (rotor de jaula de ardilla) que las cortocircuiten.

Entrehierro.- Es la separación de aire que existe entre el estator y el rotor, en lo posible debe ser lo más reducida, sin que haya roce alguno.

Flujo magnético.- Cuando se suministra una corriente alterna, procedente de una red, al devanado primario, se induce una corriente de sentido opuesto en el devanado secundario, produciéndose flujo magnético en el entrehierro, siempre que éste último esté cerrado en cortocircuito o a través de una impedancia exterior. Dicho flujo magnético determina un par de giro sobre el rotor transformando la energía eléctrica en energía mecánica.

En los motores asíncronos trifásicos, se hacen circular corrientes alternas que generan un campo magnético sinusoidal que gira sincrónicamente (velocidad de sincronismo) con la frecuencia de la fuente de alimentación del motor.

El motor de inducción en vacío puede llegar a alcanzar velocidades casi iguales a la de sincronismo, pero en el momento en que se aplique carga, la velocidad se reduce a un valor inferior al de sincronismo, de ahí el nombre de motores asíncronos.

La característica esencial que distingue a la máquina de inducción de los otros tipos de motores eléctricos, es que las corrientes secundarias se engendran solamente por inducción, como en un transformador, en vez de ser suministradas por una excitatriz de corriente continua u otra fuente exterior de energía, como en las máquinas sincrónicas y en las de corriente continua.

2.2.2. Despiece de un motor eléctrico asíncrono trifásico jaula de ardilla, (Figura 2-9).

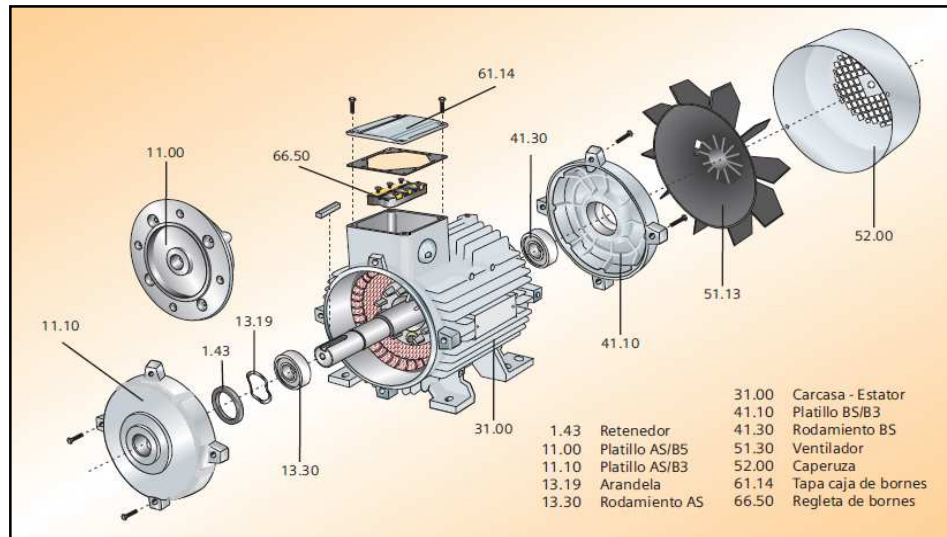


Figura 2.9: Despiece de un motor trifásico jaula de ardilla.

2.2.3. Rotor jaula de ardilla.

El tipo de motores que contemplan las **figuras 2-9 y 2-10**, son motores asíncronos trifásicos con rotor de jaula de ardilla, como se ha mencionado anteriormente, está formado por un eje y un núcleo de chapas magnéticas prensadas, en cuyo interior, se sitúa el devanado secundario compuesto por barras de aluminio inyectadas (**jaula del rotor**), (**Figura 2-11**).

El estator, por otro estudio de la evolución de la Curva Par / Velocidad de motores eléctricos de inducción desde el régimen dinámico al estático mediante la validación del modelo teórico con los ensayos prácticos en el laboratorio lado, está formado por un bobinado alojado en las ranuras de un núcleo de chapas magnéticas prensadas, protegido de posibles contactos a masa mediante material aislante, (**Figura 2-12**), que puede ser de diferentes tipos dependiendo de las condiciones de trabajo que se exigirán al motor.

Se utilizan tres tipos de aislamiento que son: aislamiento clase B, F y H.

Por ejemplo, el tipo H se utiliza en condiciones de funcionamiento duras como temperatura ambiente y sobrecargas elevadas.

Este tipo de motores tienen unas características que hacen que sea el más utilizado, como por ejemplo, su poco mantenimiento y solidez, su capacidad de mantener una velocidad constante y sobrecarga, o su bajo coste de fabricación.

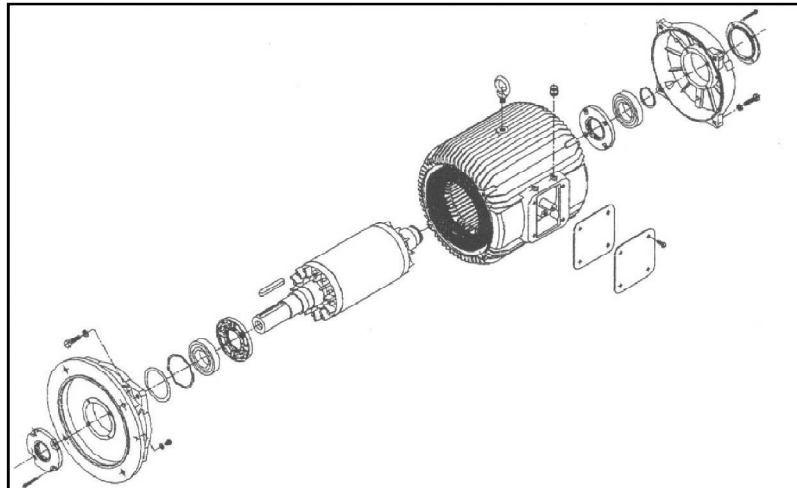


Figura 2-10: Despiece de un motor asíncrono trifásico con rotor de jaula de ardilla.

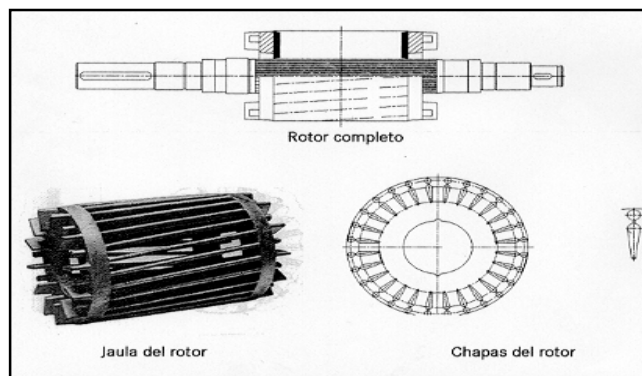


Figura 2-11: Rotor de jaula de ardilla.

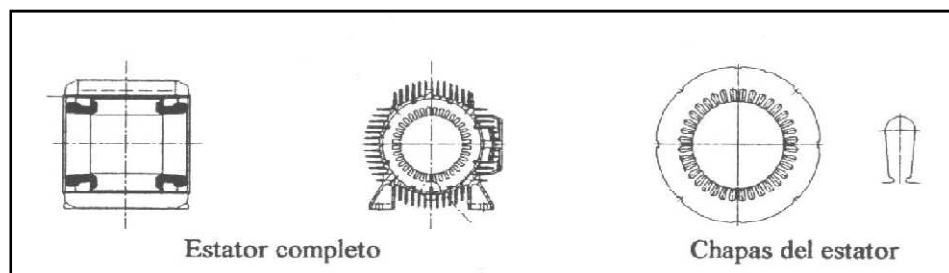


Figura 2-12: Estator.

El devanado estático de p , pares de polos, es alimentado por el sistema de corrientes trifásicas de la red, de pulsación ω [rad/s], creando un campo giratorio de velocidad angular $\Omega = \omega/p$ [rad/s], que expresada en vueltas por minuto, viene dada por:

$$n_s = \frac{60\Omega}{2\pi} = \frac{60f}{p} \quad \text{[1/min]}$$

Donde f es la frecuencia de la red en Hz. A esta velocidad se la denomina velocidad sincrónica.

Observando la **figura 2-13**, se puede recordar el concepto de polo. En el dibujo, las zonas de entrada de las líneas del campo magnético corresponden al polo norte de éste, y las zonas de salida, que corresponderían al polo sur, se situarían a 180 grados. El número de polos viene normalizado y se pueden construir motores de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24... y de hasta 80 polos.

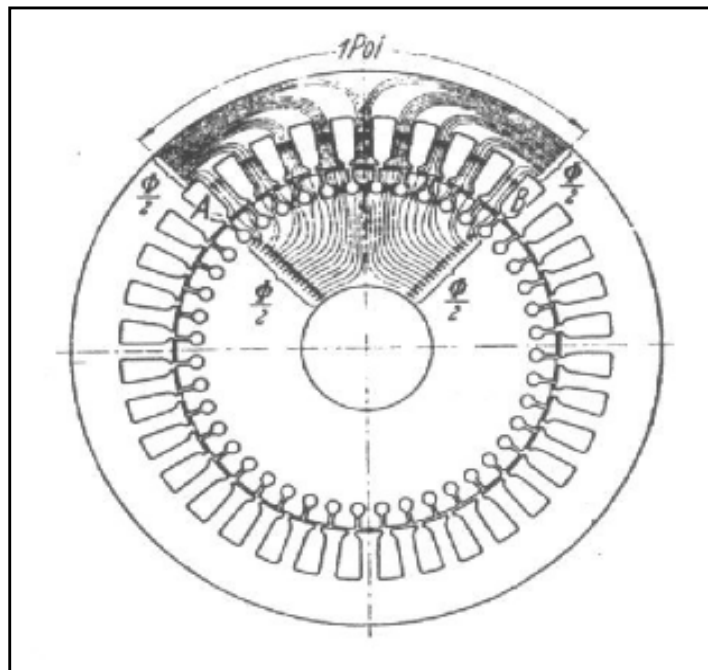


Figura 2-13: Distribución de los polos en una máquina asíncrona.

A partir de la velocidad sincrónica puede obtenerse el deslizamiento, que se define como la relación que existe entre la diferencia de velocidad del campo magnético giratorio creado por el devanado estático y del campo inducido en el rotor, y la velocidad del campo inductor creado por el estator, y que puede expresarse de la siguiente forma:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Donde n_s es la velocidad sincrónica y n la velocidad del rotor. El deslizamiento viene expresado en %.

La potencia absorbida por el motor es la suma de la potencia útil que proporciona (potencia mecánica) y de las pérdidas totales que se producen en todas las partes que lo componen (pérdidas mecánicas, pérdidas en el hierro, pérdidas en el bobinado del estator, pérdidas en la jaula del rotor y pérdidas adicionales). La potencia nominal se refiere a la potencia mecánica desarrollada en el eje del motor a su velocidad nominal y puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$P_N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta \quad [\text{W}].$$

Donde:

U es la tensión de red, I la corriente de red, $\cos \varphi$ es el factor de potencia η es el rendimiento que se define como la relación entre la potencia útil desarrollada por el motor y la potencia total absorbida por éste. La potencia absorbida se refiere a la potencia activa, que la definimos como la proporción de potencia que el motor absorbe de la red para transformarla en energía mecánica o calorífica. La potencia activa se calcula de la siguiente forma:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [\text{W}]$$

Para crear un campo magnético cada una de las tres fases del motor debe absorber cierta potencia que no contribuye a la potencia de salida del motor y que por tanto debe ser lo más baja posible. A esta potencia se la denomina potencia reactiva, y se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad \text{var (voltio-amperio reactivo)}$$

La potencia activa y reactiva puede representarse gráficamente como dos vectores desfasados entre sí 90 grados cuyo vector resultante se denomina potencia aparente. La potencia aparente se expresa en VA (voltio-amperio) y se calcula de la siguiente forma:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad [\text{VA}]$$

De la relación entre la potencia activa (absorbida) y la potencia aparente se obtiene el factor de potencia:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S}$$

El momento de giro del motor se expresa en Nm (M=Fuerza x longitud del brazo de palanca) y se obtiene a partir de la potencia y la velocidad nominales del motor mediante la siguiente expresión:

$$M_N = \frac{P_N \cdot 9550}{n_N} \quad [\text{Nm}]$$

Mediante la expresión anterior, el momento se obtiene en función de la velocidad asíncrona, pero puede también calcularse referido a la velocidad sincrónica, con lo que nos quedaría la siguiente fórmula:

$$M_N = \frac{P_N \cdot 10000}{n_s} \quad [\text{Nm}]$$

2.2.4. Esquemas de conexión para las máquinas trifásicas con rotor de jaula de ardilla:

Como en el sistema trifásico la suma de los vectores instantáneos de los vectores instantáneos de las tres corrientes es, en cada momento, igual a cero, pueden reducirse por agrupación las seis bornas o conductores, que sería, para un devanado trifásico, a tres.

Esta agrupación es factible realizarla de dos formas distintas, denominadas conexión estrella y conexión triángulo.

a. *Conexión estrella:*

Resulta de unir los extremos finales de las tres ranuras en un punto común, llamado neutro o centro de la estrella. La tensión entre bornes es, en este caso, raíz de tres veces la de la fase, mientras que la corriente de línea es la misma que la de la fase. La conexión en estrella se simboliza con el signo Y. Un motor trifásico conectado en estrella a una tensión de alimentación de 380V, quedará sometido a 220V por fase.

b. *Conexión triángulo:*

Resulta de conectar sucesivamente los extremos de lastres ranuras, y los puntos de unión resultantes, con la red. Las tensiones en cada fase del devanado don las mismas que la de la red, mientras que la corriente de línea raíz de tres veces superior a la de fase. El símbolo Δ caracteriza la conexión triángulo, (**Figura 2-14**).

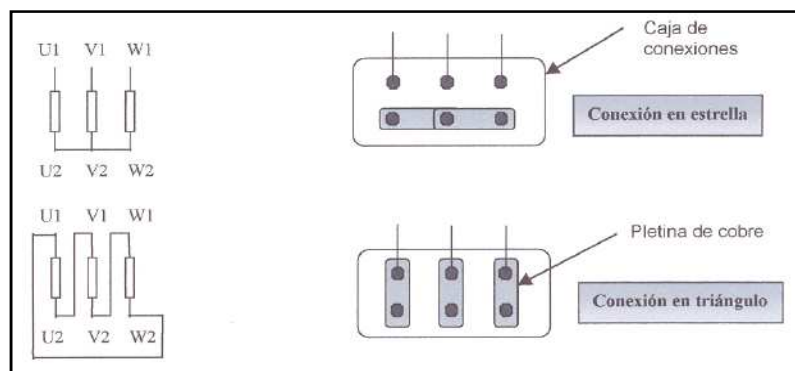


Figura 2-14: Esquema de conexión del motor trifásico.

2.3. CLASIFICACION DE LOS MOTORES ELECTRICOS.

2.3.1. Tipos de motores eléctricos según su construcción.

La National Electric Manufacturers Association (NEMA) de E.U. ha estandarizado diversos tipos estándar de carcasas y sus características, según tabla 2.4

Tipos	Características
Motores abiertos	
A prueba de goteo	Operan con líquidos que gotean más de 15° respecto a la vertical.
A prueba de salpicadura	Operan con líquidos que salpican más de 100° respecto a la vertical.
Protegidos	Protegidos por medio de aberturas de tamaño limitados.
Semi protegidos	Solo está protegido la mitad superior del motor.
A prueba de goteo - protegidos	Motor a prueba de goteo con tamaño limitado.
Externamente ventilados	Ventilador con soplador separado, impulsado por motor; pueden tener otro tipo de protección.
Ventilados por tuberías	Aberturas que admiten ductos o tuberías de entrada para enfriamiento por aire.
Protegido contra intemperie, tipo 1	Pasos de ventilación que minimizan la entrada de lluvia, nieve y partículas arrastradas por aire.
Protegido contra intemperie, tipo 2	Los motores tienen, además de lo del tipo 1, pasos para descargar partículas a alta velocidad sopladas hacia el motor.
Motores cerrados	
No ventilados (TENV)	No equipados para enfriamiento externo.
Enfriados con ventilador (TEFC)	Enfriados por ventilador externo integral.
A prueba de explosiones	Soporta explosiones de gas interior. Evita el incendio del gas exterior.
A Prueba de encendido de polvos	Excluyen cantidades de polvo que se puedan encender, así como cantidades que podrían perjudicar el rendimiento.
A prueba de agua	Excluye la filtración, excepto alrededores de la flecha.
Ventiladores por tubería	Aberturas que admiten ductos o tuberías de entrada para enfriamiento por aire.

Enfriados por agua	Enfriados por agua en circulación.
Enfriados por agua y aire	Enfriados por aire y enfriados por agua.
Enfriados por aire y aire	Enfriados por aire y enfriados por aire.
TEFC protegidos	Enfriados por ventiladores y protegidos por aberturas de tamaño limitado.
Encapsulados	Tienen devanados rellenos de resina para operaciones severas de operación.

Tabla 2-3: Estandarización de motores eléctricos según sus características y carcasas.

Los motores de Cd y Ac se clasifican de la siguiente manera:

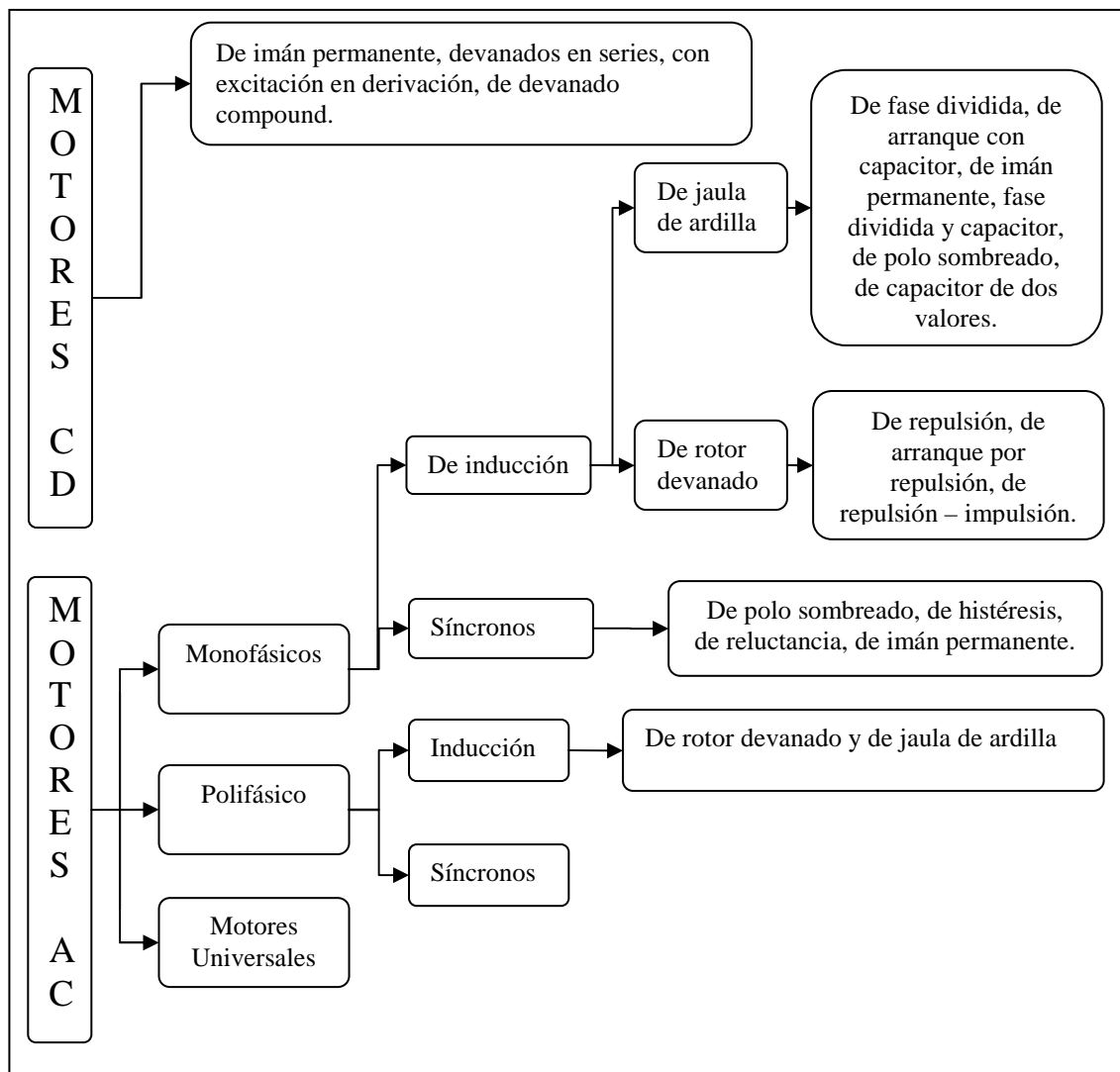


Figura 2-15: Clasificación de los motores ca y cd.

2.3.2 Motores de inducción jaula de ardilla según su clase.

Para distinguir entre diversos tipos disponibles, la National Eléctrica Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra. Las propiedades de la construcción eléctrica y mecánica el rotor, en las cinco clases NEMA de motores de inducción de jaula de ardilla, se resume en la siguiente tabla:

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente de Arranque	Regulación de Velocidad (%)	Nombre de clase Del motor
A	1.5-1.75	5-7	2-4	Normal
B	1.4-1.6	4.5-5	3.5	De propósito general
C	2-2.5	3.5-5	4-5	De doble jaula alto par
D	2.5-3.0	3-8	5-8 , 8-13	De alto par alta resistencia
F	1.25	2-4	mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

Tabla 2-4: Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA.

*Los voltajes citados son para el voltaje nominal en el arranque.

I. Motores de inducción jaula de ardilla clase A.

El motor clase A es un motor de jaula de ardilla normal o estándar fabricado para uso a velocidad constante. Tiene grandes áreas de ranuras para una muy buena disipación de calor, y barras con ranuras ondas en el motor. Durante el periodo de arranque, la densidad de corriente es alta cerca de la superficie del rotor; durante el periodo de la marcha, la densidad se distribuye con uniformidad. Esta diferencia origina algo de alta resistencia y baja reactancia de arranque, con lo cual se tiene un par de arranque entre 1.5 y 1.75 veces el nominal (a plena carga). El par de arranque es relativamente alto y la baja resistencia del rotor produce una aceleración bastante rápida hacia la velocidad nominal. Tiene la mejor regulación de velocidad pero su corriente de arranque varía entre 5 y 7 veces la corriente nominal normal, haciéndolo menos deseable para arranque con línea, en especial en los tamaños grandes de corriente que sean indeseables.

II. Motores de inducción de jaula de ardilla clase B.

A los motores de clase B a veces se les llama motores de propósito general; es muy parecido al de la clase A debido al comportamiento de su deslizamiento-par.

Las ranuras de su motor están embebidas algo más profundamente que en los motores de clase A y esta mayor profundidad tiende a aumentar la reactancia de arranque y la marcha del rotor. Este aumento reduce un poco el par y la corriente de arranque.

Las corrientes de arranque varían entre 4 y 5 veces la corriente nominal en los tamaños mayores de 5 HP se sigue usando arranque a voltaje reducido.

Los motores de clase B se prefieren sobre los de la clase A para tamaños mayores.

Las aplicaciones típicas comprenden las bombas centrífugas de impulsión, las máquinas herramientas y los sopladores.

III. Motores de inducción de jaula de ardilla clase C.

Estos motores tienen un rotor de doble jaula de ardilla, el cual desarrolla un alto par de arranque y una menor corriente de arranque.

Debido a su alto par de arranque, acelera rápidamente, sin embargo cuando se emplea en grandes cargas, se limita la disipación térmica del motor por que la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado superior.

En condiciones de arranque frecuente, el rotor tiene tendencia a sobre calentarse se adecua mejor a grandes cargas repentinas pero de tipo de baja inercia.

Las aplicaciones de los motores de clase C se limitan a condiciones en las que es difícil el arranque como en bombas y compresores de pistón.

IV. Motores de inducción de jaula de ardilla clase D.

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla clase D se conocen también como de alto par y alta resistencia.

Las barras del rotor se fabrican en aleación de alta resistencia y se colocan en ranuras cercanas a la superficie o están embebidas en ranuras de pequeño diámetro.

La relación de resistencia a reactancia del rotor de arranque es mayor que en los motores de las clases anteriores.

El motor está diseñado para servicio pesado de arranque, encuentra su mayor aplicación con cargas como cizallas o troqueles, que necesitan el alto par con aplicación a carga repentina la regulación de velocidad en esta clase de motores es la peor.

V. Motores de inducción de jaula de ardilla clase F.

También conocidos como motores de doble jaula y bajo par. Están diseñados principalmente como motores de baja corriente, porque necesita la menor corriente de arranque de todas las clases. Tiene una alta resistencia del rotor tanto en su devanado de arranque como en el de marcha y tiende a aumentar la impedancia de arranque y de marcha, y a reducir la corriente de marcha y de arranque.

El rotor de clase F se diseñó para reemplazar al motor de clase B. El motor de clase F produce pares de arranque aproximadamente 1.25 veces el par nominal y bajas corrientes de arranque de 2 a 4 veces la nominal.

Los motores de esta clase se fabrican de la capacidad de 25 hp para servicio directo de la línea. Debido a la resistencia del rotor relativamente alta de arranque y de marcha, estos motores tienen menos regulación de voltaje de los de clase B, bajan capacidad de sobrecarga y en general de baja eficiencia de funcionamiento. Sin embargo, cuando se arrancan con grandes cargas, las bajas corrientes de arranque eliminan la necesidad de equipo para voltaje reducido, aún en los tamaños grandes.

2.3.3. Motores de inducción jaula de ardilla según su enfriamiento y ambiente de trabajo.

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla, y en general todos los motores eléctricos, se pueden clasificar también de acuerdo con el ambiente en que funcionan, sí también como en los métodos de enfriamiento. La temperatura ambiente juega un papel importante en la capacidad y selección del tamaño de armazón para una máquina, parte importante del motivo es que la temperatura ambiente influye en la elevación permisible de temperatura por sobre los 40° C normales.

Por ejemplo una máquina que trabaje a una temperatura ambiente de 75° C empleando aislamiento clase B tiene un aumento permisible de temperatura de tan solo 55° C. Si trabajara a su temperatura ambiente normal de 40° C se podría permitir un aumento de temperatura de 90° C, sin dañar su aislamiento.

También se hizo notar que la hermeticidad de la máquina afecta a su capacidad. Una máquina con una armazón totalmente abierta con un ventilador interno en su eje, permite un fácil paso de aire succionado y arrojado.

Esta caja origina una temperatura final de trabajo en los devanados, menor en comparación que la de una máquina totalmente cerrada que evita el intercambio de aire con el exterior. Esto da como resultado que existe una clasificación de los motores por el tipo de carcasa.

2.3.4. Tipo diferentes de rotor de jaula.

Existen varios tipos de rotor de jaula, cuyo diseño puede verse en el ejemplo de la **figura 2-18**. Se citan estos motores empezando por los menos frecuentes:

a. *Rotor de jaula resistente.*

El rotor resistente suele ser de jaula simple (ver más adelante la definición de motor de jaula simple). La jaula está cerrada por dos anillos resistentes (aleación especial, poca sección, anillos de acero inoxidable...).

Estos motores, a par nominal, tienen un gran deslizamiento. Su par de arranque es elevado, y la corriente de arranque baja, (**Figura 2-16**). El rendimiento es bajo debido a las pérdidas en el rotor.

Estos motores se utilizan principalmente en aplicaciones en las que es conveniente que exista deslizamiento para variar la velocidad en función del par, por ejemplo:

- En el caso de varios motores unidos mecánicamente entre los que debe quedar repartida la carga, como por ejemplo, los trenes de rodillos de una laminadora, o el arrastre de una grúa puente.
- La función de enrollar-desenrollar con motores diseñados para este fin.
- Necesidad de un gran par de arranque con una corriente de llamada limitada (polipastos o cintas transportadoras).

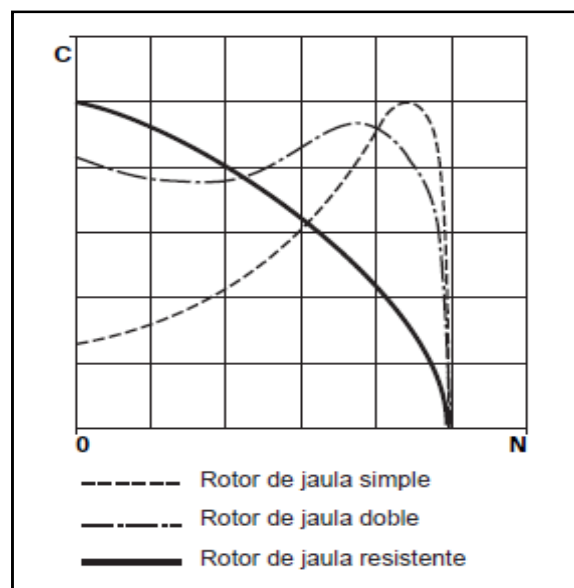


Figura 2-16: Curvas par-velocidad de cada uno de los tipos de rotor de jaula.

Puede variarse su velocidad cambiando la tensión, pero los convertidores de frecuencia van haciendo desaparecer esta aplicación. Aunque todos los motores son auto-ventilados, ciertos motores con rotor de caja resistente son motores ventilados (motorización separada de su ventilador).

b. Rotor de jaula simple.

En los huecos o muescas dispuestas a lo largo del rotor (en la periferia del cilindro constituido por la pila de láminas) se colocan conductores conectados en cada extremo a una corona metálica; estos conductores desarrollan el par motor generado por el campo giratorio. Para que el par sea homogéneo, los conductores están ligeramente inclinados respecto al eje del motor. El conjunto tiene el aspecto de una jaula de ardilla, de ahí el nombre de este tipo de rotor.

Generalmente, la jaula de ardilla está completamente moldeada (únicamente se fabrican estas jaulas insertando los conductores en las ranuras en el caso de motores muy grandes). El aluminio se inyecta a presión, y las aletas de refrigeración, colocadas en la misma operación, aseguran el cortocircuito de los conductores del rotor.

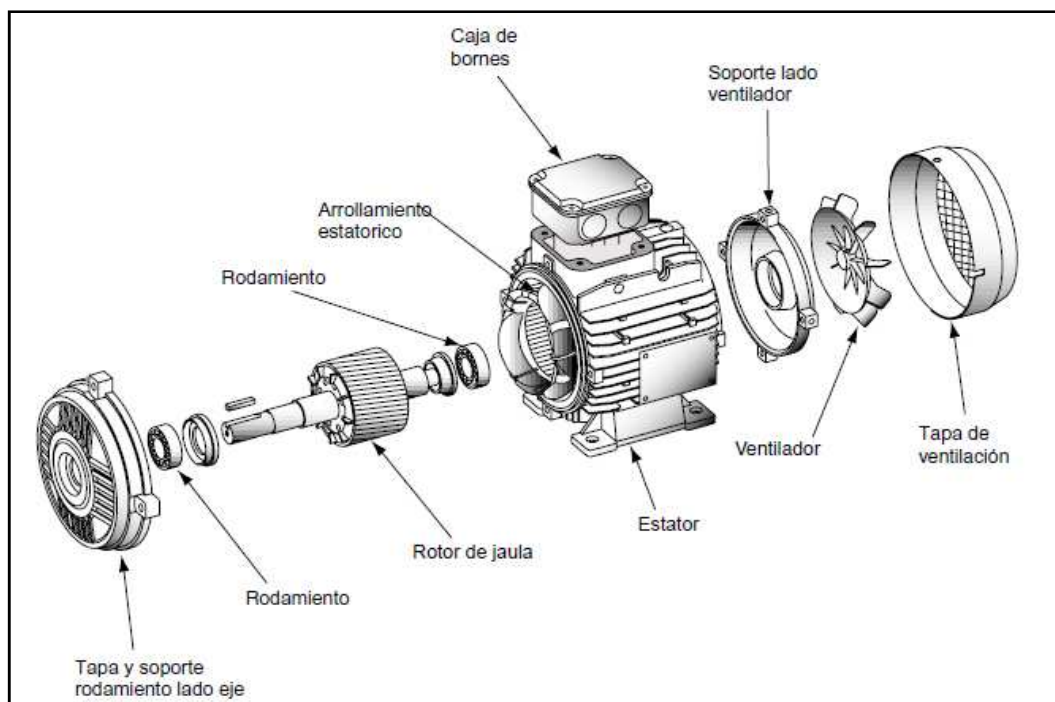


Figura 2-17: Despiece de un motor de rotor de jaula.

Estos motores tienen un par de arranque relativamente bajo y la corriente de arranque es muy superior a la nominal, (**Figura 2-17**). Por el contrario, tienen un deslizamiento muy pequeño a par nominal.

Se utilizan principalmente para grandes potencias para mejorar el rendimiento de las instalaciones con bombas y ventiladores. Se asocian también a los convertidores de frecuencia de velocidad variable, con lo que los problemas de par y de corriente de arranque quedan completamente resueltos.

c. Rotor de jaula doble.

Consta de dos jaulas concéntricas, una exterior, de poca sección y gran resistencia y otra interior de mayor sección y menor resistencia.

- Al empezar el arranque, las corrientes rotóricas son de frecuencia elevada, y, por el efecto pelicular que se produce, la totalidad de la corriente rotórica circula por la periferia del rotor y por tanto por una sección reducida de conductores. Así, al principio del arranque, siendo todavía las corrientes de frecuencia elevada, la corriente no circula más que por la caja exterior. El par producido por la jaula exterior resistente es importante y con baja corriente de llamada, **(Figura 2-17)**.
- Al final del arranque, la frecuencia en el rotor disminuye y resulta más fácil la circulación del flujo por la jaula interior. El motor se comporta entonces aparentemente como si hubiera sido construido como una única jaula de baja resistencia. En régimen permanente, la velocidad es solamente un poco menor que la de un motor de jaula simple.

d. Rotor de ranuras profundas.

Es la versión estándar. Los conductores rotóricos se moldean en las ranuras del rotor, que tienen forma trapezoidal, con el lado menor del trapecio situado hacia el exterior del rotor.

El funcionamiento es similar al de un motor de doble jaula: la intensidad de corriente rotórica varía en función inversa de su frecuencia. Así:

- Al principio del arranque, el par es mayor y la corriente menor.
- En régimen permanente, la velocidad es sensiblemente igual a la de un motor de jaula simple.

e. Motor de rotor bobinado (rotor con anillos).

En las ranuras practicadas en la periferia del rotor se colocan unos bobinados idénticos a los del estator, (**Figura 2-18**). Generalmente el rotor es trifásico. Un extremo de cada uno de los arrollamientos se conecta a un punto común (conexión estrella). Los extremos libres pueden conectarse o a un conector centrífugo o a tres anillos de cobre, aislados y que giran solidarios con el rotor. Sobre estos anillos frotan unas escobillas, a base de grafito, conectadas al dispositivo de arranque.

En función del valor de las resistencias insertadas en el circuito rotórico, este tipo de motor puede desarrollar un par de arranque que llega hasta 2,5 veces el par nominal. La corriente de arranque es sensiblemente proporcional al par desarrollado en el eje del motor. Esta solución deja paso progresivamente a los sistemas electrónicos asociados a motores de jaula estándar. En efecto, estos últimos permiten resolver los problemas de mantenimiento (sustitución de las escobillas de alimentación del rotor gastadas, y mantenimiento de las resistencias de arranque), reducir la energía disipada en las resistencias y mejorar de manera importante el rendimiento de la instalación.

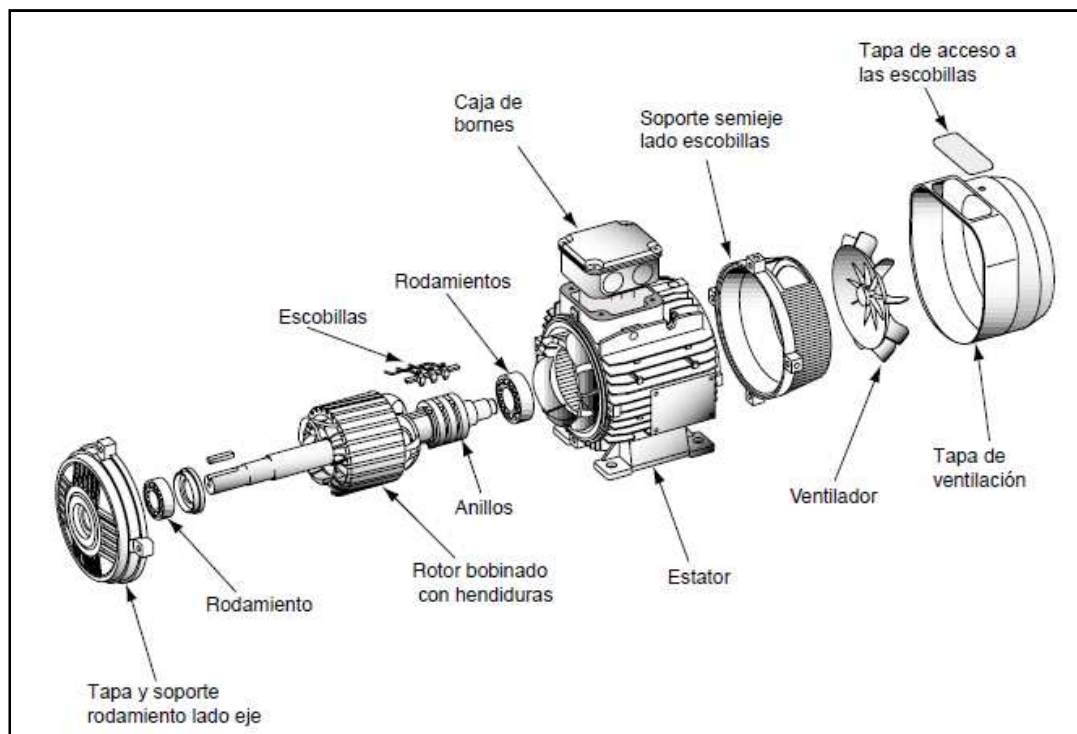


Figura 2-18: Despiece de un motor de rotor con anillos.

2.4. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL MOTOR.

2.4.1. Principio de funcionamiento de los motores de inducción.

El principio de funcionamiento del motor asíncrono se basa en la creación de una corriente inducida en un conductor cuando éste corta las líneas de fuerza de un campo magnético, de ahí el nombre de motor de inducción». La acción combinada de la corriente en el inducido y el campo magnético crea una fuerza motriz en el rotor del motor. Supongamos una espira ABCD en cortocircuito, situada en un campo magnético B , y que puede girar alrededor de un eje xy . (Figura 2-19).

Si, por ejemplo, hacemos girar el campo magnético en el sentido de las agujas del reloj, la espira queda sometida a un flujo variable y se crea en ella una fuerza electromotriz inducida que origina una corriente inducida i (ley de Faraday). Por la ley de Lenz, el sentido de la corriente es tal que se opone, mediante su acción electromagnética, a la causa que la ha creado. Cada uno de los dos conductores queda por tanto sometido a una fuerza F de Laplace (de Lorentz, para los Anglosajones), de sentido opuesto a su desplazamiento relativo respecto al campo inductor.

La regla de los tres dedos de la mano derecha (acción del campo sobre la corriente, (Figura 2-20) permite definir fácilmente el sentido de la fuerza F aplicada a cada conductor. El pulgar se coloca en el sentido del campo del inductor. El índice indica el sentido de la fuerza. El dedo corazón o de en medio se coloca en el sentido de la corriente inducida. Por tanto, la espira queda sometida a un par que provoca su rotación en el mismo sentido que el campo inductor, llamado campo giratorio. Por tanto también, la espira gira y el par electromotor se equilibra con el par resistente.

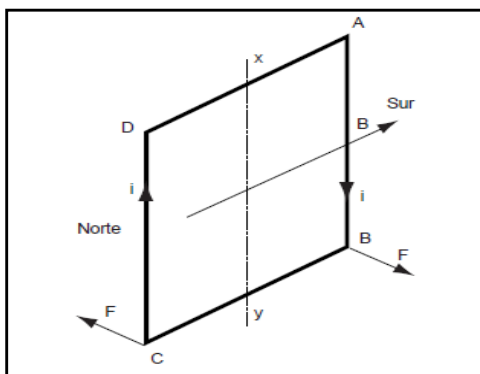


Figura 2-19: Creación de una corriente inducida en una espira en cortocircuito.

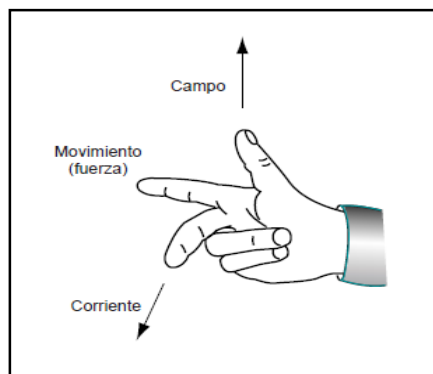


Figura 2-20: Regla de los tres dedos de la mano derecha para encontrar la dirección de la fuerza.

2.4.2. Creación del campo giratorio.

Tres arrollamientos, geoméricamente desfasados 120° , se alimentan cada uno con una de las fases de la red trifásica de corriente alterna (**Figura 2-21**). Los arrollamientos están recorridos por corrientes alternas que tienen también el mismo desfase eléctrico y que producen cada una un campo magnético alterno sinodal. Este campo, siempre dirigido según el mismo eje, es máximo cuando la corriente en el arrollamiento es máxima.

El campo generado por cada arrollamiento es la resultante de dos campos que giran en sentido inverso y que tienen cada uno un valor constante que es la mitad del valor del campo máximo. En un instante dado, t_1 , de cualquier período (**Figura 2-22**), los campos producidos por cada arrollamiento pueden representarse como sigue:

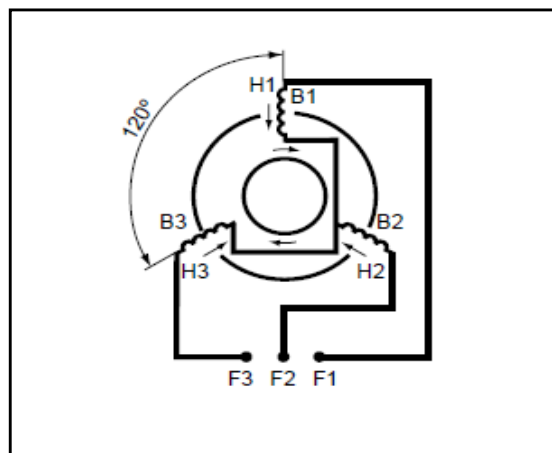


Figura 2-21: Principio de funcionamiento del motor asíncrono trifásico.

- El campo H1 disminuye. Los 2 campos que lo componen tienden a alejarse del eje OH1.
- El campo H2 aumenta. Los 2 campos que lo componen tienden a aproximarse al eje OH2.
- El campo H3 aumenta. Los dos campos que lo componen tienden a aproximarse al eje OH3.

El flujo correspondiente a la fase 3 es negativo, por tanto, el sentido del campo es opuesto al de la bobina.

La superposición de los tres diagramas permite constatar lo siguiente:

- Los tres campos que giran en el sentido inverso al de las agujas del reloj están decalados de 120° y se anulan.
- Los tres campos que giran en el sentido de las agujas del reloj se superponen. Estos campos se suman y forman el campo giratorio de amplitud constante $3H_{\text{máx}}/2$ de 2 polos.

Este campo completa una vuelta por cada período de corriente de alimentación. Su velocidad es una función de la frecuencia de la red (f_l) y del número de pares de polos (p). Se denomina “velocidad de sincronización” como se había indicado con anterioridad.

Al cortar a los conductores del estator, el campo magnético giratorio genera una fuerza contraelectromotriz (**FCEM**) cuyo efecto es limitar el valor de la corriente que circula por el devanado primario.

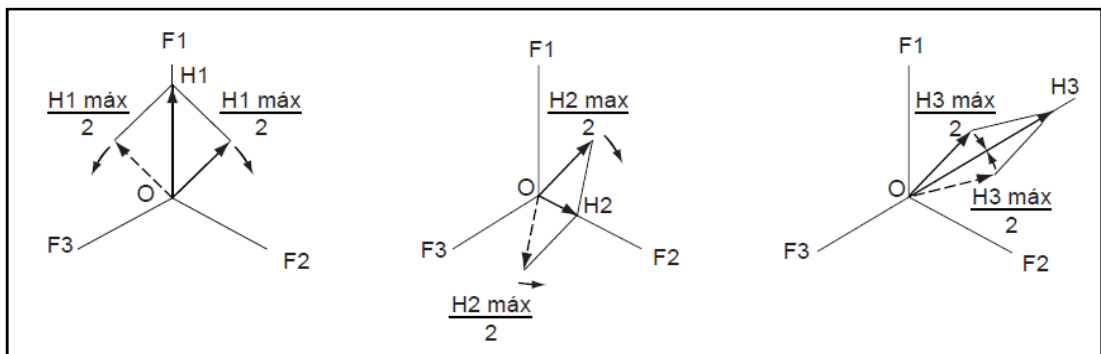


Figura 2-22: Campos generados por las tres fases

2.4.3. Deslizamiento.

No puede existir par motor si no existe corriente inducida circulando por la espira. Este par depende de la corriente que circula por la espira, y no puede existir si no existe variación de flujo en la espira.

Por tanto, es necesario tener una diferencia de velocidad entre la espira y el campo giratorio. Por este motivo, el motor eléctrico que funciona según el principio que estamos describiendo se denomina «*motor asíncrono*».

La diferencia entre la velocidad de sincronismo (N_s) y la de la espira (N) se denomina “*deslizamiento*” (g) y se expresa en % de la velocidad de sincronismo.

$$g = [(N_s - N) / N_s] \times 100$$

Durante el funcionamiento, la frecuencia de la corriente rotórica se obtiene multiplicando la frecuencia de alimentación por el deslizamiento. Por tanto, durante el arranque, la frecuencia de corriente rotórica es pues máxima.

El deslizamiento en régimen permanente es variable y depende de la carga del motor y del valor de la tensión de alimentación que se le aplica: es tanto menor cuanto menor es la carga, y aumenta si el motor está subalimentado.

2.4.4. Velocidad de sincronismo.

La velocidad de sincronismo de los motores asíncronos trifásicos es proporcional a la frecuencia de la corriente de alimentación e inversamente proporcional al número de pares de polos que forman el estator.

Por ejemplo:

$$N_s = 60 f/p$$

Siendo:

N_s : velocidad de sincronismo en rpm,

f : frecuencia en Hz,

p : número de pares de polos.

En la tabla se indican las velocidades del campo giratorio o velocidades de sincronismo, en función del número de pares de polos, para cada una de las frecuencias industriales de 50 Hz y 60 Hz y también para la de 100 Hz.

En la práctica no siempre es posible aumentar la velocidad de un motor asíncrono alimentándolo a una frecuencia superior a la prevista, aún adaptando la tensión.

En efecto, se necesita comprobar si su diseño mecánico y eléctrico lo permiten. Hay que indicar que debido al deslizamiento, las velocidades de rotación en carga de los motores asíncronos son ligeramente inferiores a las velocidades de sincronismo indicadas en la **tabla 2-6** siguiente.

Número de polos	Velocidad de rotación en rpm		
	50 Hz	60 Hz	100 Hz
2	3000	3600	6000
4	1500	1800	3000
6	1000	1200	2000
8	750	900	1500
10	600	720	1200
12	500	600	1000
16	375	540	750

Tabla 2-5: Velocidades de sincronismo en función del número de polos y de la frecuencia de la corriente.

2.5. PAR MOTOR Y PAR DE GIRO.

2.5.1. Par motor.

Cuando las líneas del campo magnético cortan las barras del rotor, se produce en ellas una fuerza electromotriz que da lugar a corrientes que circulan en los

sentidos opuestos (en los hilos más próximos a los polos) es decir, que se producen esas corrientes en (hilos separados 180°).

Estos hilos se ven sometidos a 8 unas fuerzas que tienden a moverlos en dirección perpendicular al campo magnético y produciendo con ello el llamado par motor. En un motor eléctrico, el par M y la velocidad de giro n están relacionadas de tal forma que cuando la velocidad decrece el par aumenta.

2.5.2. Par de giro.

El valor del par de giro del motor viene dado por:

$$M = K \cdot \delta \cdot I_r$$

Siendo:

K = Constante.

δ = Flujo magnético del campo giratorio.

I_r = Intensidad de corriente del rotor.

2.5.3. Características del par motor para accionamientos especiales.

a) Motores con rotor de jaula mecanismos elevadores.

En el servicio de los mecanismos elevadores, los motores funcionan raras veces durante largo tiempo a la plena velocidad de rotación. No tiene, por tanto, gran importancia que se establezca una elevada pérdida de deslizamiento, debido a ello es posible ejecutar los motores con un deslizamiento máximo mayor.

De esta manera resulta un arranque elástico. Para el servicio de los mecanismos elevadores, los motores con rotor de jaula se construyen con par de las clases KL 13h y KL 16h, es decir, que el motor puede arrancar con seguridad venciendo un par resistente del 130% ó del 160% del par nominal.

La letra "h" indica que el curso de la característica del par motor se ha adaptado a las condiciones particulares del servicio de esta clase de mecanismos.

Por ejemplo, con una duración de conexión del 40%, estos motores, en lo que afecta a la potencia, ofrecen un par de arranque doble o triple de normal y una intensidad de arranque aproximadamente cuatro o cinco veces mayor que la normal.

En este caso, el par de arranque es el par máximo que puede presentarse en la gama comprendida entre el estado de reposo y la velocidad de rotación nominal.

b) Motores con rotor de jaula para accionamiento de prensas.

Para accionar prensas con grados de inercia elevados, se utilizan frecuentemente motores provistos de rotores llamados de deslizamiento o de resistencia.

Estos motores tienen aproximadamente sólo el 80% de la potencia nominal normal, y presentan un deslizamiento doble del de la ejecución normal. La clasificación del par es, por ejemplo, KL 10s (rotor de deslizamiento).

Los motores tienen un par de arranque de 1,7 veces el par nominal aproximadamente, y absorben una intensidad inicial en el arranque que es unas 4 veces la nominal (para más detalles, hágase la consulta correspondiente).

2.6 POTENCIA, FACTOR DE POTENCIA Y RENDIMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCION.

2.6.1. Compensación de la potencia reactiva en los motores trifásicos.

Los motores trifásicos absorben de la red potencia eléctrica aparente, compuesta por una parte activa y otra reactiva. La potencia activa (menos las pérdidas eléctricas) es transformada por el motor en potencia mecánica, disponiéndose de la misma en el eje de la máquina.

La potencia reactiva sirve solamente para formar el campo magnético, es decir, para magnetizar el motor. La relación existente entre la potencia activa y la aparente es el factor de potencia $\cos \phi$. Entre mayor sea el factor de potencia $\cos \phi$, tanto mayor será la potencia eléctrica transformada en relación con la absorbida de la red, (**Figura 2-23**).

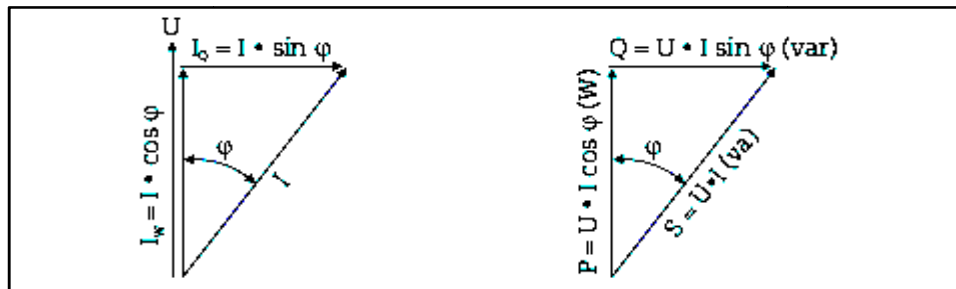


Figura 2-23: Triángulo de potencia.

Con el fin de mejorar el factor de potencia, se compensa la potencia reactiva de magnetización, utilizando para ello condensadores de potencia.

De esta manera, se descargan los generadores, las líneas de transporte y los transformadores de distribución de la generación y transmisión de la potencia reactiva, con lo cual se colabora a mantener la tensión en la red, y se eleva la potencia activa a transportar.

Se distinguen las clases siguientes de compensación:

a) Compensación individual.

En este caso, el condensador se dispone junto al motor a compensar, conectándose y desconectándose junto con este último.

b) Compensación por grupos y central.

En caso de compensación por grupos, se dispone un condensador para varios motores. De esta manera, la potencia del condensador conectado se aprovecha mejor que en el caso de compensación individual.

La compensación por grupos se aplica ventajosamente cuando se tiene un número considerable de pequeños motores, y cuando los motores sólo funcionan temporalmente.

En caso de compensación central, la potencia reactiva necesaria en una red o en un servicio se cubre con una batería de condensadores dispuesta centralmente. Esta batería estará subdividida en varios grupos. En concordancia con la demanda de potencia reactiva, se conectarán y desconectarán a mano o automáticamente los diferentes grupos.

2.6.2. Conversión de potencia en kW a potencia en CV (HP métricos), y viceversa.

Potencia en CV (HP métricos), y viceversa

Potencia (kW) = 0.73 potencia (CV)

Potencia (CV) = 1.36 potencia (kW)

2.6.3. Conversión de potencia en kW a potencia en HP del sistema inglés (horse power).

En HP del sistema inglés (horse power)

Potencia (kW) = 0.746 potencia (HP)

Potencia (HP) = 1.34 potencia (kW)

2.6.4. Curva característica del par resistente.

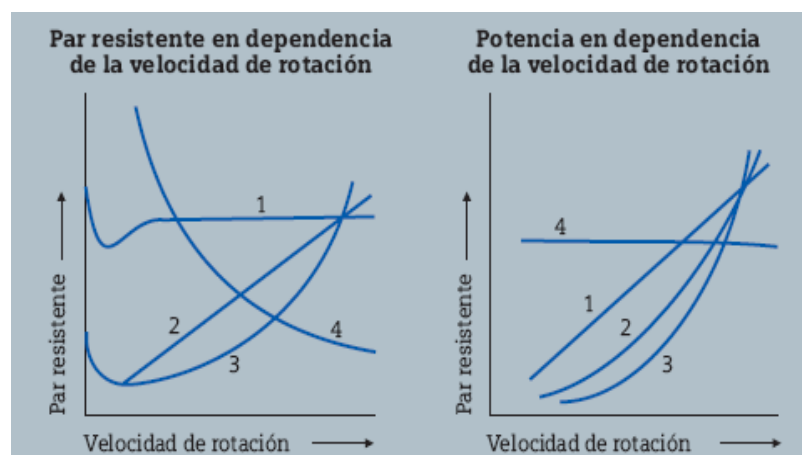


Figura 2-24: Curva característica del par resistente.

Para comprobar los procesos de arranque y de frenado, y para seleccionar la velocidad del motor a utilizar, se necesita conocer la curva del par resistente de la máquina accionada (par de carga), en dependencia de la velocidad de rotación, **(Figura 2-24)**.

Las formas básicas representativas de los pares resistentes se reproducen en la figura inferior izquierda. En la figura inferior derecha se muestra el curso correspondiente de la potencia necesaria.

1. Par resistente prácticamente constante, potencia proporcional a la velocidad de rotación. Se establece normalmente, en mecanismos elevadores, bombas y compresores de émbolo que impulsen venciendo una presión constante, laminadores, cintas transportadoras, molinos sin efecto ventilador, máquinas herramientas con fuerza de corte constante.
2. El par resistente crece proporcionalmente con la velocidad de rotación y la potencia aumenta proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad.
3. El par resistente crece proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad de rotación, y la potencia con el cubo de la velocidad de rotación. Rige normalmente para bombas centrífugas, ventiladores y soplantes centrífugos, máquinas de émbolo que alimenten una red de tuberías abiertas.

2.6.5. Pares e intensidades.

El campo magnético giratorio generado en el estator corta las barras conductoras de corriente del rotor, produciendo en ellas un momento de giro (par motor) que origina el movimiento rotativo.

La potencia y el par nominal de un motor caracterizan su capacidad de carga, a la velocidad nominal, bajo condiciones de servicio normales.

En las ranuras del estator formado de chapa magnética va introducido el devanado primario, el cual determina fundamentalmente los datos eléctricos del motor y genera el campo magnético de velocidad sincrónica, por ejemplo, 3.600 r.p.m. en el caso de dos polos, 1.800 r.p.m. en el caso de cuatro polos, si la frecuencia de la red es de 60 Hz.

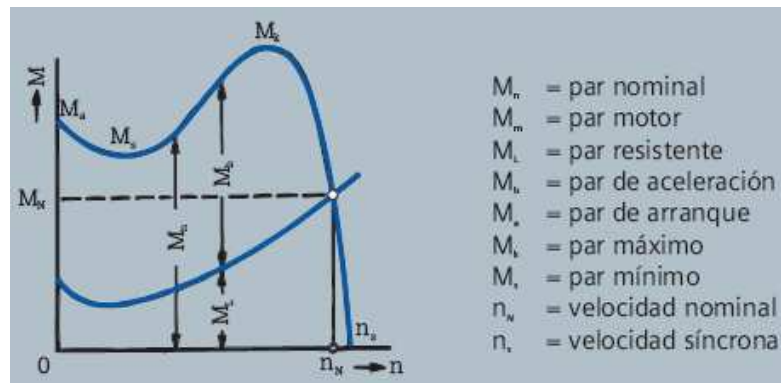


Figura 2-25: Curva de par de arranque.

Las ranuras ejecutadas en la periferia de las chapas magnéticas del rotor alojan el devanado secundario, que tiene forma de jaula y se fabrica de aluminio. La construcción de la jaula ejerce decisiva influencia sobre el comportamiento del par durante el proceso de arranque. Puntos característicos de la curva son el par de arranque, (**Figura 2-25**), M_a , el par mínimo M_s y el par máximo M_k .

Según las definiciones recogidas en VDE 0530:

- Par de arranque es el par mínimo que desarrolla el motor partiendo del estado de reposo, estando el rotor en la posición más desfavorable, a la tensión y frecuencia nominales, una vez terminados los procesos de compensación.
- Par mínimo es el par más pequeño en la gama de velocidades comprendida entre el estado de reposo y el par máximo, a la tensión y frecuencia nominales.
- Par máximo es el mayor par que desarrolla un motor durante el proceso de arranque a la tensión y frecuencia nominales.

2.6.6. Protección del motor.

En términos generales, los motores se pueden proteger de las siguientes maneras:

- a) Con un guarda motor cuya función es proteger el motor contra sobrecargas y cortocircuitos por medio de disparadores de sobre intensidad regulables que se deben graduar exactamente a la intensidad

nominal del motor y disparadores de sobre intensidad electromagnéticas sin retardo, que actúan al originarse un cortocircuito.

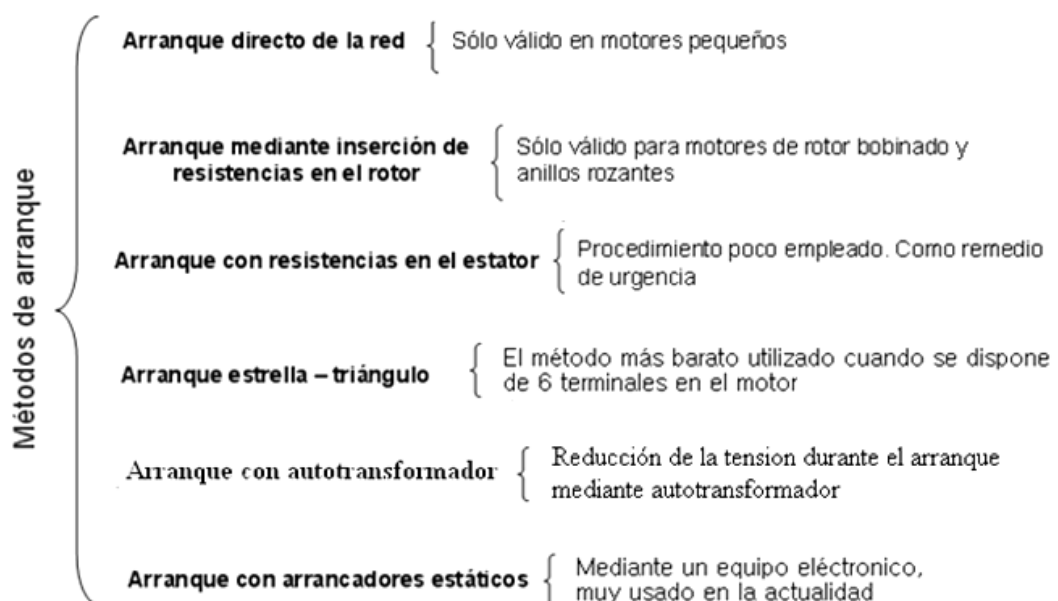
- b) Mediante fusibles, contactor y relé bimetálico; de esta forma se obtiene tanto la protección de cortocircuito y sobrecarga como la de marcha en dos fases. Permite además, mando a distancia.

2.7. METODOS DE ARRANQUE.

2.7.1. Definición de arranque.

Se denomina arranque de un motor al régimen transitorio en el que se eleva la velocidad del mismo desde el estado de motor detenido hasta el de motor girando a la velocidad de régimen permanente. Son necesarios los arrancadores para limitar la corriente de armadura que fluye cuando el motor se conecta, pues en el momento de arranque la corriente que alcanza el motor de inducción conectado directamente es de 4 a 8 veces la corriente del mismo a plena carga, y aunque puede ser de corta duración, produciría sobrecargas en la línea y consecuentemente caídas de voltaje muy incidente en la red. El arrancador se usa para llevar al motor a su velocidad normal y luego se retira del circuito. El aparato de control ajusta entonces la velocidad del motor según sea necesario.

Clasificación de los métodos de arranque en los motores trifásico de inducción jaula de ardilla:



2.7.2. Arranque directo.

Este tipo de arranque se lleva a cabo con voltaje nominal directamente aplicado al motor, se usa para motores de pequeña potencia compatibles con la red y para máquinas que no requieren aceleración gradual.

Dentro de las características positivas de este tipo de arranque son que es muy simple y económico y además un par de arranque notable, aunque esto no siempre es beneficioso para la carga. Uno de los inconvenientes del arranque directo son las elevadas corrientes de arranque que pueden provocar una caída de voltaje perjudicial sobre la línea que alimenta el contactor de arranque.

El sistema de protección deberá soportar la corriente de arranque y durante el tiempo de aceleración previsto y el contactor debe ser dimensionado para la potencia o corriente nominal del motor, el relé térmico de protección contra sobrecarga ajustado a la corriente nominal del motor. **(Figura 2-26).**

$I_a = I_{max}$. a rotor bloqueado; corriente de arranque.

$M_a = M_{max}$. a rotor bloqueado; torque de arranque 12.

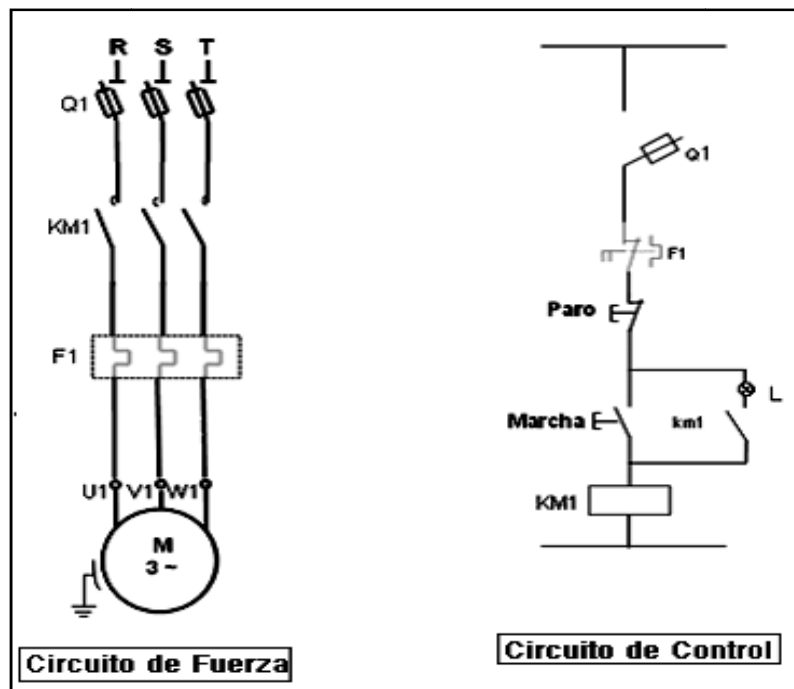


Figura 2-26: Arranque Directo

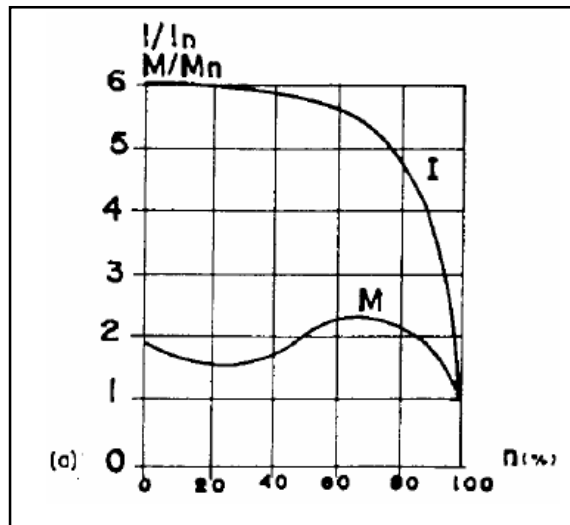


Figura 2-27: Curva torque y corriente en función de la velocidad.

Los motores trifásicos con rotor de jaula de ardilla se deberán conectar directamente, siempre que sea posible. Hay que observar que, para un determinado motor, existe ya una curva característica del par motor y de la intensidad, con independencia de la dificultad del arranque. El método de arranque más usado es la conexión YD. El par de arranque, el par máximo y todos los otros valores del par motor, así como de la intensidad de arranque, se encuentran comprendidos entre el 25% y el 30% de los valores que rigen en caso de conexión directa. **(Figura 2-27).**

El par resistente durante el tiempo de arranque en que se establece la conexión en Y tiene que ser bastante menor que el par motor. En la mayoría de las ocasiones, esto equivale a arrancar en vacío. La conmutación de estrella a triángulo se realizará sólo cuando el motor se encuentre en un régimen de velocidades que esté próximo al de servicio.

2.7.3. Arranque Estrella – Delta.

Este tipo de arranque es utilizado solo en motores que tienen disponibles sus 6 terminales de fase al exterior y cuyo voltaje nominal para la conexión triángulo sea correspondiente al voltaje de la red, generalmente los valores nominales de voltaje son 220/380 voltios.

Durante el arranque el voltaje aplicado al motor se reduce al 58% del voltaje nominal, además el tiempo que el motor puede ser conectado a la configuración estrella, está limitado por las características del motor.

Este arranque puede realizarse con transición a circuito abierto (lo más común) o con transición a circuito cerrado utilizando resistores adicionales en el circuito de potencia durante el paso de estrella a triángulo.

En este arranque la corriente de arranque es reducida a 1/3 del valor que alcanzaría en arranque directo, además de ser un arranque relativamente simple y económico.

Entre las desventajas de este tenemos un torque de arranque bajo y fijo. Además la corriente transitoria elevada en el momento de la conmutación de estrella a triángulo. **(Figura 2-28 y Figura 2-29).**

$$I_{a'} = 1/3 I_a$$
$$T_{a'} = 1/3 T_a$$

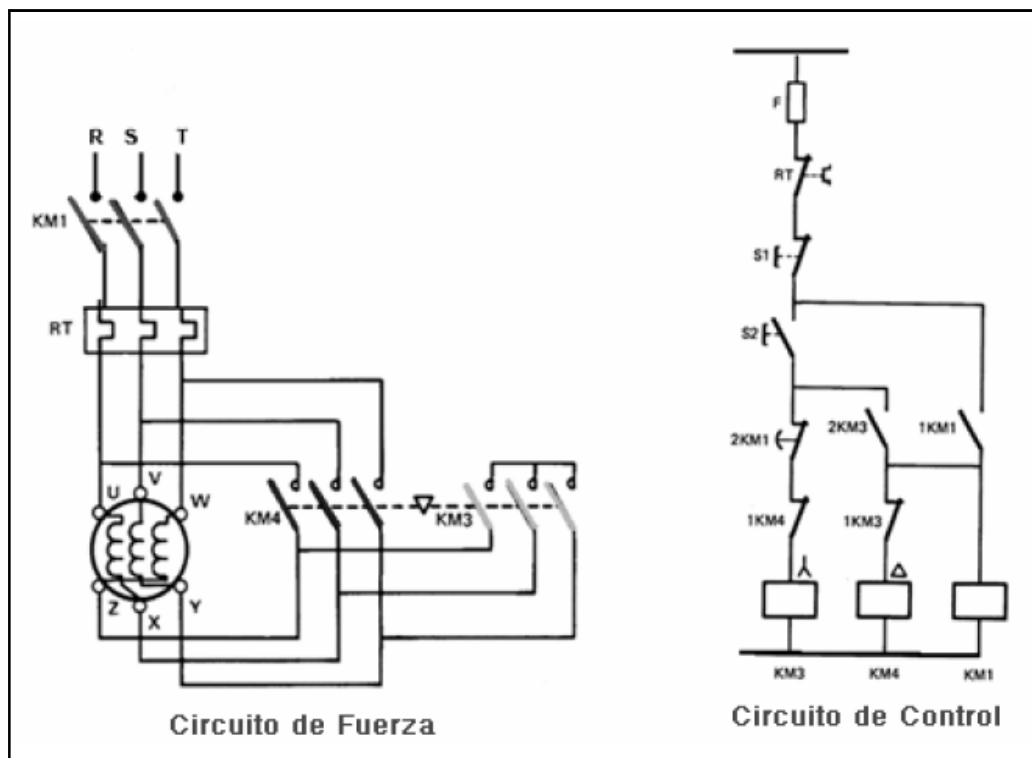


Figura 2-28: Circuito de fuerza y de control del arranque estrella-triángulo.

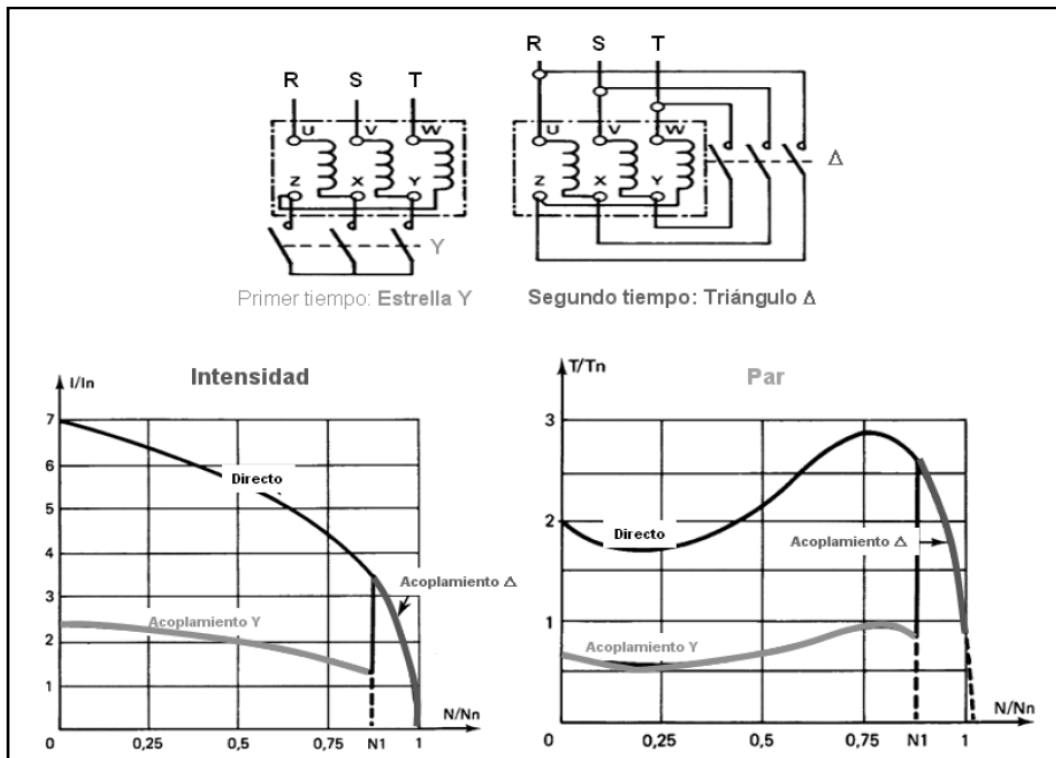


Figura 2-29: Diagrama de la corriente y del par en un arranque estrella- triángulo.

2.7.4. Arranque por resistencias rotóricas.

Este arranque es usado para motores de inducción de rotor devanado, puede ser utilizado por cualquier máquina y particularmente en condiciones difíciles de arranque, con notable par resistente y con aceleración progresiva.

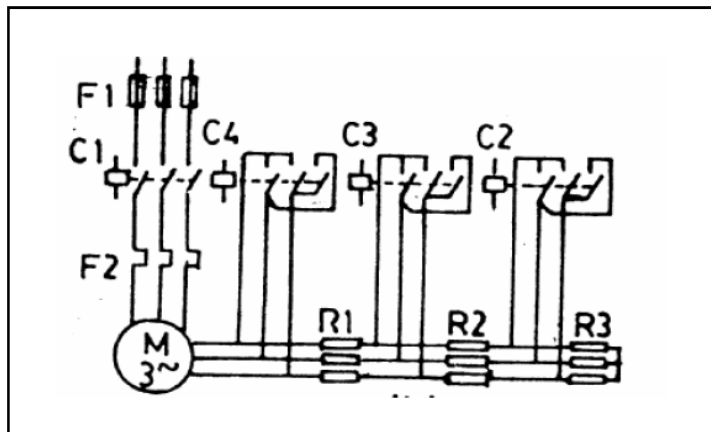


Figura 2-30: Diagrama de fuerza del arranque con resistencias rotóricas.

Una de las ventajas de este arranque es que la corriente de arranque es más baja en relación a los otros arranques.

Además de que existe la posibilidad de estabilizar el par de arranque al valor deseado, si los puntos de aceleración resultan oportunos.

El problema del arranque por resistencias rotóricas es el elevado costo de los elementos de arranque. Además que necesita un motor particular y demasiado costoso en relación al tipo jaula de ardilla. **(Figura 2-30 y figura 2-31).**

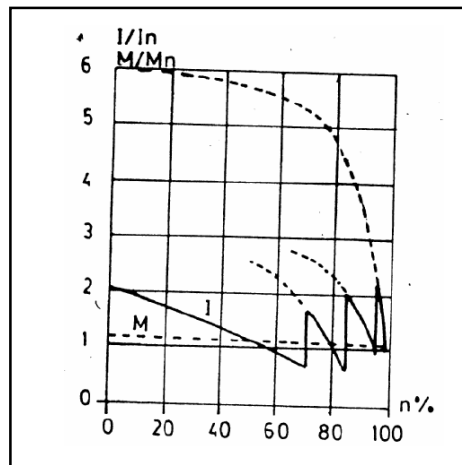


Figura 2-31: Diagrama de la corriente y del par en un arranque con resistencias rotóricas.

2.7.5. Arranque con autotransformador.

Se aplica a motores cuya potencia nominal es mayor que 5KW. Sabemos que la corriente de arranque vale I_e :

$$\text{ARRANQUE} = (I_r/m)^2 \quad \text{ARRANQUE} = (V_e)^2 / [(R_e + m^2 \cdot R_r)^2 + (X_e + m^2 \cdot X_r)^2]$$

Es decir, que la corriente de arranque depende de la tensión de alimentación del motor. Si disminuimos la tensión de alimentación en el momento del arranque, reduciremos la corriente de arranque. Una vez que el motor alcance una determinada velocidad, con $s < 1$, procederemos a restablecer la tensión nominal de alimentación.

Procedimiento: se conecta un autotransformador trifásico alimentando al motor con una V_e (tensión de estator) menor de $V_e N$ de tal forma que la intensidad de arranque sea la deseada. Cuando el motor alcanza las condiciones de funcionamiento se desconecta el autotransformador y se alimenta al motor a su $V_e N$.

Este proceso suele hacerse en dos o tres pasos con tensiones no inferiores al 40-60 y 75% de la tensión nominal de alimentación del motor.

En la tabla adjunta se muestran los diferentes valores de la tensión del primer punto, así como la corriente absorbida y el par generado por el motor en el primer punto de arranque con autotransformador para los casos de 2 y de 3 puntos de arranque, (**Tabla 2-6**).

Número de ptos de arranque	Tensión en el motor con el primer pto.	Corriente absorbida por el motor con el primer pto.	Par de arranque en el primer pto.
2	65% de $V_{línea}$	42% de $I_{arranque\ directo}$	42% del par
3	55% de $V_{línea}$	30% de $I_{arranque\ directo}$	30% del par

Tabla 2-6: Números de puntos de arranques del motor trifásico.

Este método de arranque presenta los siguientes inconvenientes:

- Disminuye el par de arranque al disminuir la tensión de alimentación en un factor de x^2 , siendo x el factor de reducción de la tensión de alimentación ($V_e = x \cdot V_e N$).
- El motor se deja de alimentar durante el cambio de una tensión a otra.
- Aumenta el tiempo de arranque.

En las figuras que se adjuntan a continuación puede analizarse este método de arranque de los motores asíncronos trifásicos, (**Figura 2-32 y Figura 2-33**).

Las diferentes implementaciones que se proponen están realizadas con automatismos eléctricos (relés, pulsadores, temporizadores, contactores y sus contactos auxiliares).

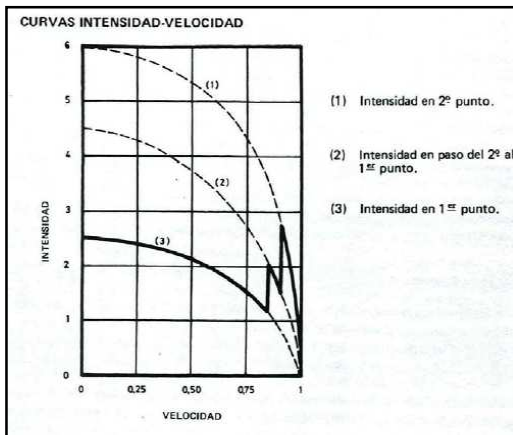


Figura 2-32: Curva de intensidad y velocidad con autotransformador.

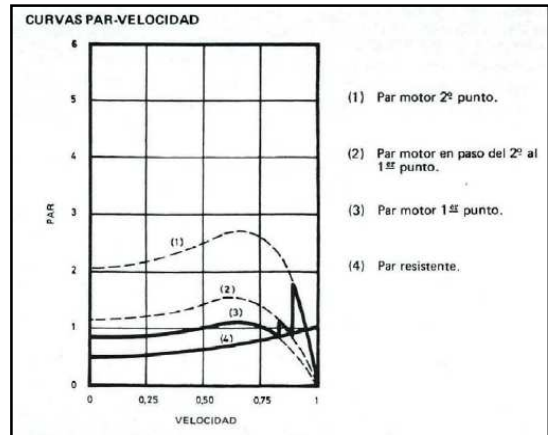
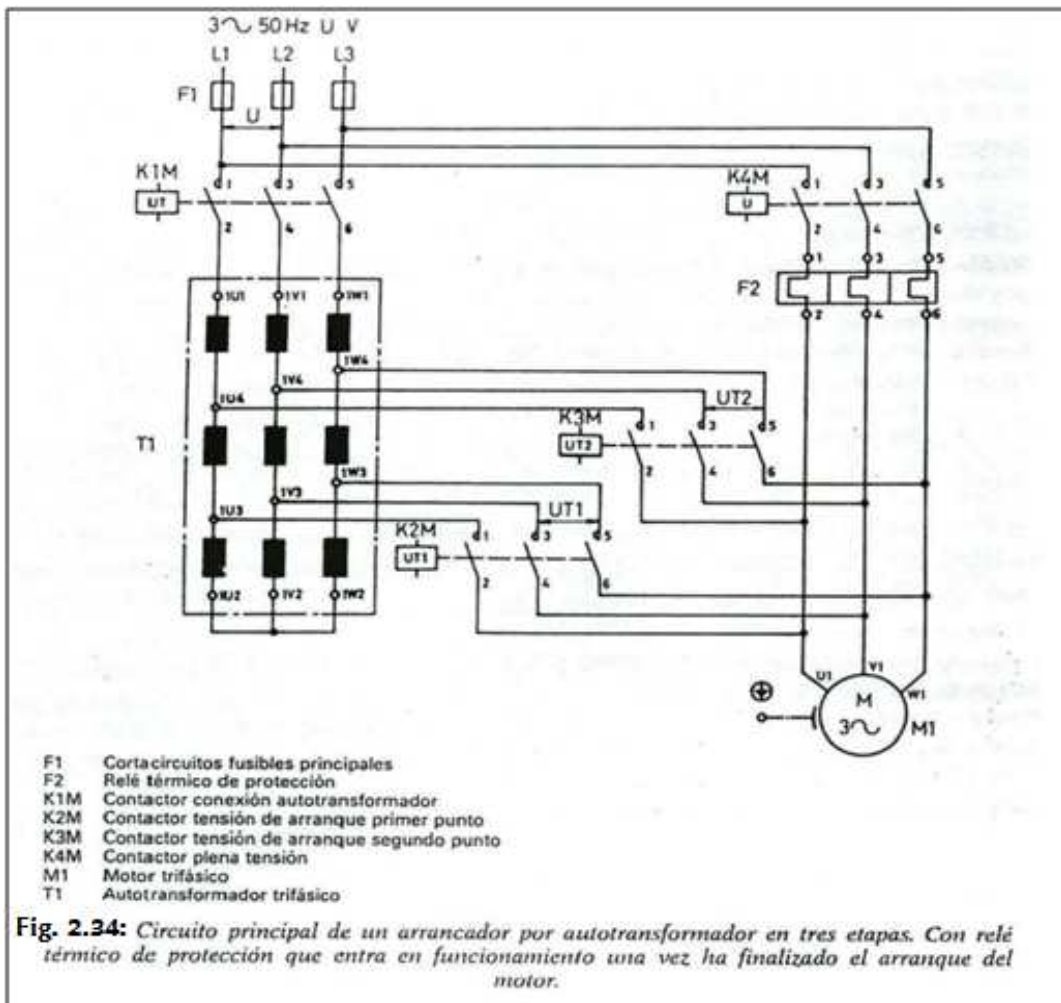


Figura 2-33: Curva de arranque con autotransformador.



2.7.6. Arranque electrónico.

Los arrancadores electrónicos son una mejor alternativa por sobre los auto transformadores gracias a la posibilidad de su arranque suave, permitiendo un aumento en la vida útil de todas las partes involucradas.

Los mismos consisten básicamente en un convertidor estático alterna-continua-alterna ó alterna - alterna, generalmente de tiristores, que permiten el arranque de motores de corriente alterna con aplicación progresiva de tensión, con la consiguiente limitación de corriente y par de arranque.

En algunos modelos también se varía la frecuencia aplicada.

Al iniciar el arranque, los tiristores dejan pasar la corriente que alimenta el motor según la programación realizada en el circuito de maniobra, que irá aumentando hasta alcanzar los valores nominales de la tensión de servicio.

La posibilidad de arranque progresivo, también se puede utilizar para detener el motor, de manera que vaya reduciendo la tensión hasta el momento de la detención.

Estos arrancadores ofrecen selección de parada suave, evitando por ejemplo, los dañinos golpes de ariete en las cañerías durante la parada de las bombas; y detención por inyección de corriente continua para la parada más rápida de las masas en movimiento.

Además poseen protecciones por asimetría, contra sobre temperatura y sobrecarga, contra falla de tiristores, vigilancia del tiempo de arranque con limitación de la corriente, control de servicio con inversión de marcha, optimización del factor de potencia a carga parcial, maximizando el ahorro de energía durante el proceso y permiten un ahorro en el mantenimiento por ausencia de partes en movimiento que sufran desgastes.

Capítulo: Nº 3

3. GESTIÓN Y MANDO DE MOTORES CON SIMOCODE PRO V 3UF7.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

3.1.1. Introducción.

➤ **Descripción:**

El sistema SIMOCODE DP (Acrónimo de la expresión “**S**iemens **M**otor **P**rotection and **C**ontrol **D**evice – **D**ezentrale **P**eripherie, es decir, dispositivo de protección y control de motores – periferia descentralizada).



Figura 3-1: SIMOCODE PRO V con módulo de medida de la intensidad/tensión, módulos de ampliación y módulo de mando con display.

Es un sistema de gestión de motores modular y flexible para motores con velocidades de giro constantes en la gama de baja tensión. Este sistema optimiza la conexión entre el sistema de control y la derivación de motor, aumentando a la vez la disponibilidad y proporcionando sustanciales ahorros en la construcción y en la puesta en marcha, así como durante la operación y el mantenimiento de una instalación.

Montado en el cuadro/tablero de baja tensión, SIMOCODE PRO constituye el nexo de unión inteligente entre el sistema de automatización supraordenado y la derivación de motor, con las siguientes ventajas:

- Protección electrónica integral y multifuncional del motor, independiente del sistema de automatización.
- Funciones flexibles de mando del motor por software en lugar de hardware.
- Detallados datos de operación, mantenimiento y diagnóstico.
- Comunicación abierta vía PROFIBUS DP, el sistema estándar entre los buses de campo.

El paquete de software SIMOCODE ES está destinado a la puesta en marcha y a las funciones de parametrización y diagnóstico de SIMOCODE pro.

➤ **Serie de equipo:**

SIMOCODE pro se divide en dos series de equipos con diferentes niveles de funcionalidad:

- SIMOCODE pro C. - El sistema compacto para arrancadores directos e inversores.
- SIMOCODE pro V. - El sistema variable que además de todas las funciones de SIMOCODE pro C, ofrece muchas funciones adicionales.

En SIMOCODE pro V están integrados adicionalmente programas de control para arrancadores estrella-triángulo, conexiones Dahlander, inversores de polaridad, arrancadores suaves, existiendo además la posibilidad de dotarlos con inversión de sentido de giro y combinarlos con válvulas o correderas.

SIMOCODE pro V es un sistema muy versátil. De ser necesario, se pueden ampliar sus funciones, por ejemplo:

-
- El número y el tipo de entradas/salidas binarias se puede aumentar y adaptar escalonadamente.
 - Se puede utilizar un módulo de medida de intensidad/tensión para medir adicionalmente la tensión y para vigilar las magnitudes de medición ligadas a la potencia (gestión de energía).
 - Un módulo de temperatura permite evaluar varios sensores de temperatura analógicos. Se puede integrar una detección de falla a tierra en combinación con un transformador de corriente sumador.
 - Un módulo analógico le añade al sistema entradas/salidas analógicas adicionales. Con ello se puede realizar, por ejemplo, una vigilancia de nivel o de caudal.

SIMOCODE pro C es compatible con SIMOCODE pro V. Esto significa que usted puede utilizar ambas series de manera combinada en su instalación según la funcionalidad requerida.

➤ **Funcionamiento independiente:**

SIMOCODE pro C y pro V protegen y controlan la derivación a motor con independencia del sistema de automatización. Incluso si ocurre una falla en el sistema de automatización (PLC) o hay perturbaciones en la comunicación, la derivación a motor permanece totalmente protegida y controlable. SIMOCODE pro se puede utilizar sin estar conectado con el PROFIBUS DP.

De ser necesario, éste se puede conectar posteriormente de manera sencilla.

➤ **Configuración típica:**

El esquema a continuación muestra una configuración típica de hardware de SIMOCODE pro C y SIMOCODE pro V, (**Figura 3-2**):

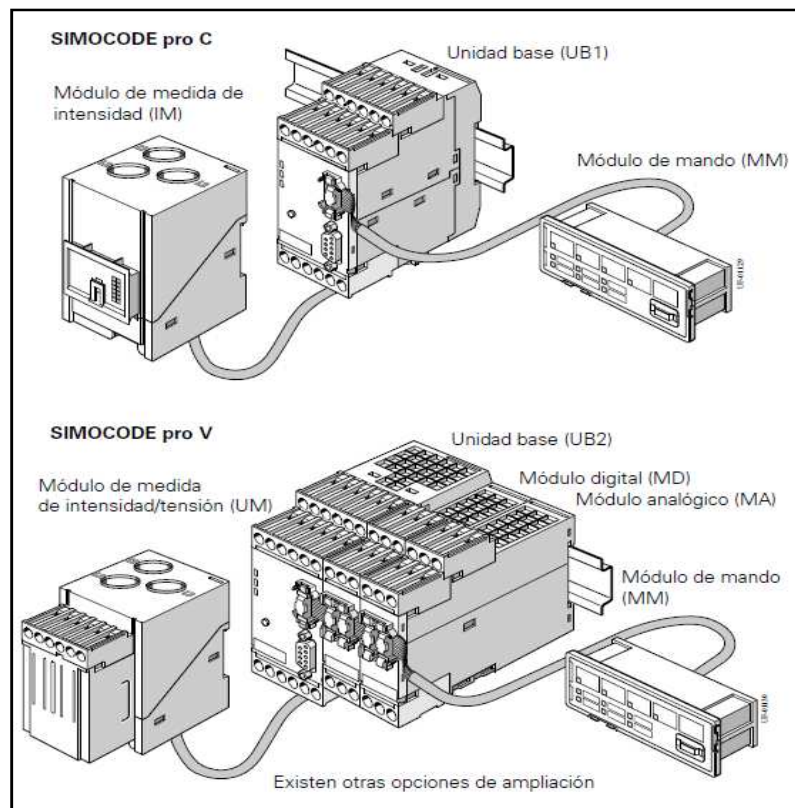


Figura 3-2 Configuración típica de SIMOCODE PRO.

3.1.2. Simplificar la configuración con SIMOCODE pro.

➤ Configuración en sistemas convencionales sin SIMOCODE pro:

Para llevar a cabo el control, la vigilancia y el procesamiento previo de señales se utilizan componentes individuales. Para tal fin, deben utilizarse los siguientes componentes o bien realizarse los siguientes cableados:

- Aplicar y cablear relés de sobrecarga, unidades de evaluación por termistor, transformadores de corriente, convertidores analógicos/digitales.
- Cablear el circuito de control.
- Conectar aparatos de mando para arranque/parada.

- El contactor se debe llevar a la posición de autoretención a través del bloque de contactos auxiliares.
- Cablear los enclavamientos.

La siguiente figura muestra la configuración de un arrancador directo convencional, (**Figura 3-3**):

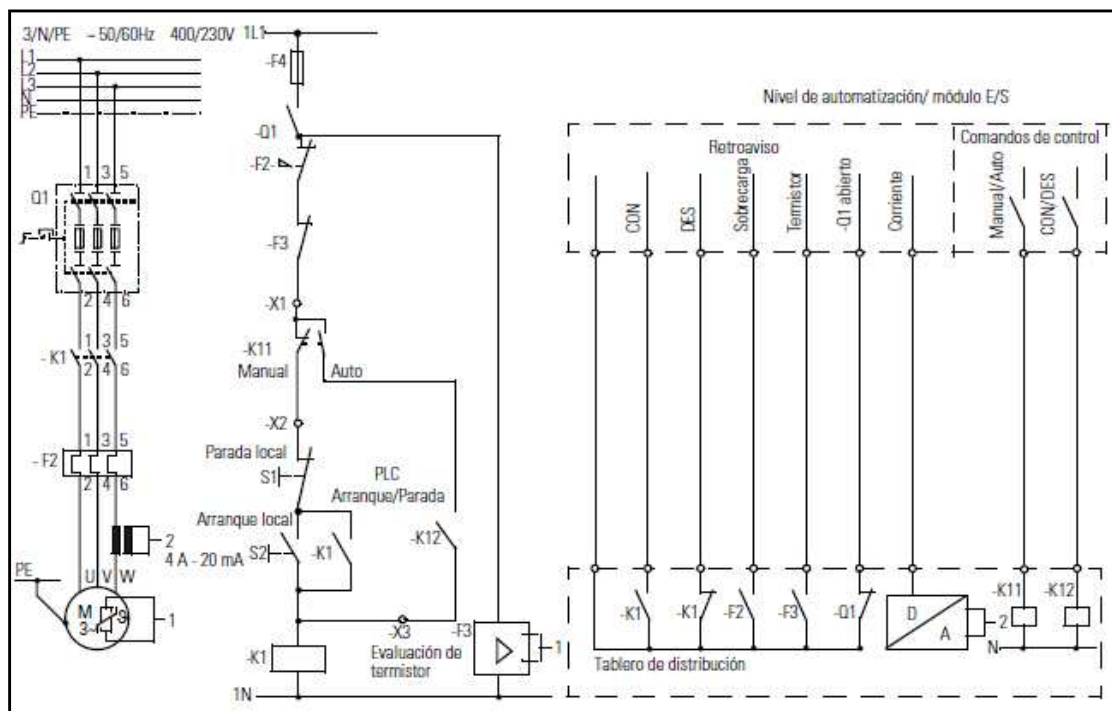


Figura 3-3: Configuración de una derivación a motor convencional (arrancador directo)

➤ **Configuración con SIMOCODE PRO V:**

Para llevar a cabo el control, la vigilancia y el procesamiento previo de señales se utiliza únicamente SIMOCODE pro. Gracias a esto se obtienen las siguientes ventajas:

- No se requieren adicionalmente relés de sobrecarga, unidades de evaluación por termistor, transformadores de corriente, convertidores analógicos/digitales.
- El cableado del circuito de control (enclavamiento) queda simplificado.

- Los interruptores de arranque y parada están cableados directamente a las entradas de la unidad base.
- La bobina de contactor se controla a través de la salida de la unidad base.

No se requiere un bloque de contactos auxiliares para garantizar la auto retención.

La siguiente figura muestra una configuración con SIMOCODE pro, (Figura 3-4):

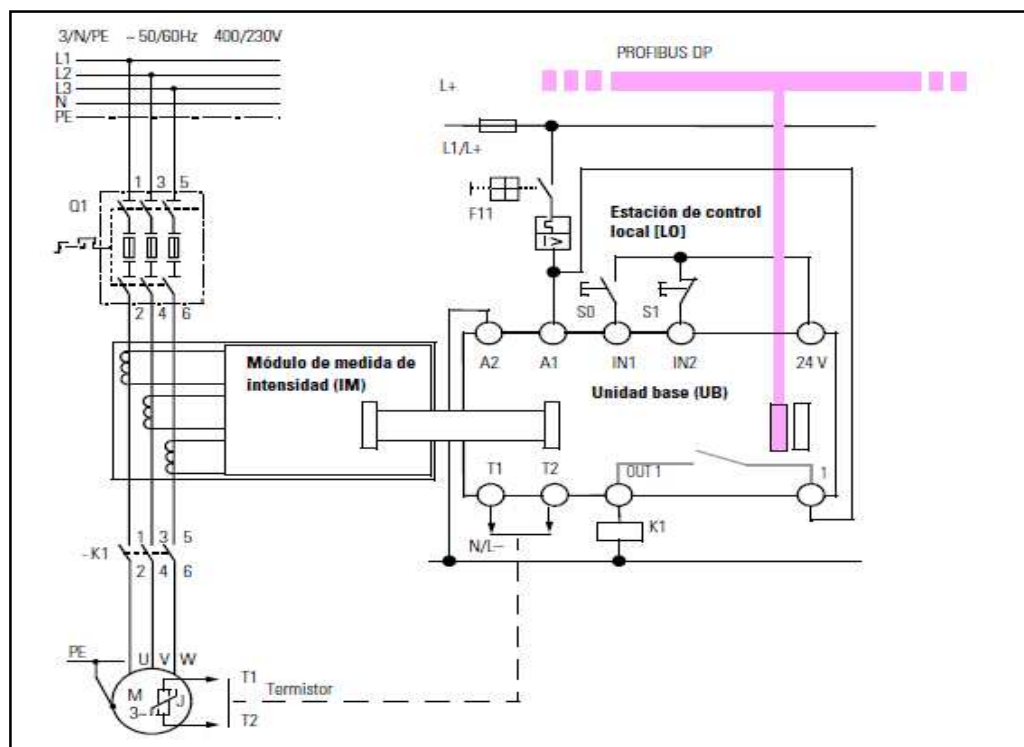


Figura 3-4: Configuración de una derivación a motor (arrancador directo) con SIMOCODE PRO V.

3.1.3 Aplicación a modo de ejemplo.

➤ Descripción.

Se está vigilando el nivel de llenado de un depósito para líquidos. Una bomba mantiene prácticamente constante el nivel en el depósito (valor de consigna) introduciendo líquido adicionalmente.

El indicador de nivel mide el nivel de llenado (valor real) y lo emite en forma de señal analógica. Si el nivel de llenado cae por debajo de un valor determinado, SIMOCODE pro se encarga de conectar una bomba.

Ésta bombea líquido adicionalmente hasta que se alcance nuevamente el valor de consigna. Finalmente se desconecta la bomba.

➤ **Formas de controlar la bomba.**

La bomba se puede controlar de las siguientes maneras:

- In situ: Estación de control local [LO] para conectar/desconectar manualmente (contacto visual).
- En la puerta del armario eléctrico: Estación de control en el módulo de mando (MM) para conectar/desconectar manualmente.
- En el nivel de automatización: Estación de control PLC/PCS [DP] para conectar/desconectar por control remoto (funcionamiento automático) vía PROFIBUS DP.
- A través de SIMOCODE pro, mediante vigilancia interna de nivel de llenado o de valor límite.

➤ **Detección, visualización y evaluación de valores medidos.**

Para la vigilancia del proceso se requieren los siguientes valores medidos;

- La corriente de motor de la bomba, medida por el módulo de medida de intensidad.
- El valor analógico del indicador de nivel, medido por el módulo analógico.

Los valores medidos son evaluados directamente por SIMOCODE pro y/o transmitidos al PLC/PCS vía PROFIBUS DP. A través del módulo analógico se puede emitir cualquier valor medido a un instrumento de aguja conectado, por ejemplo la corriente de motor actual.

De manera opcional se puede conectar por ejemplo una computadora portátil dotada del software SIMOCODE ES al módulo de mando para poder evaluar in situ otros datos de proceso.

➤ Esquema, (Figura 3-4).

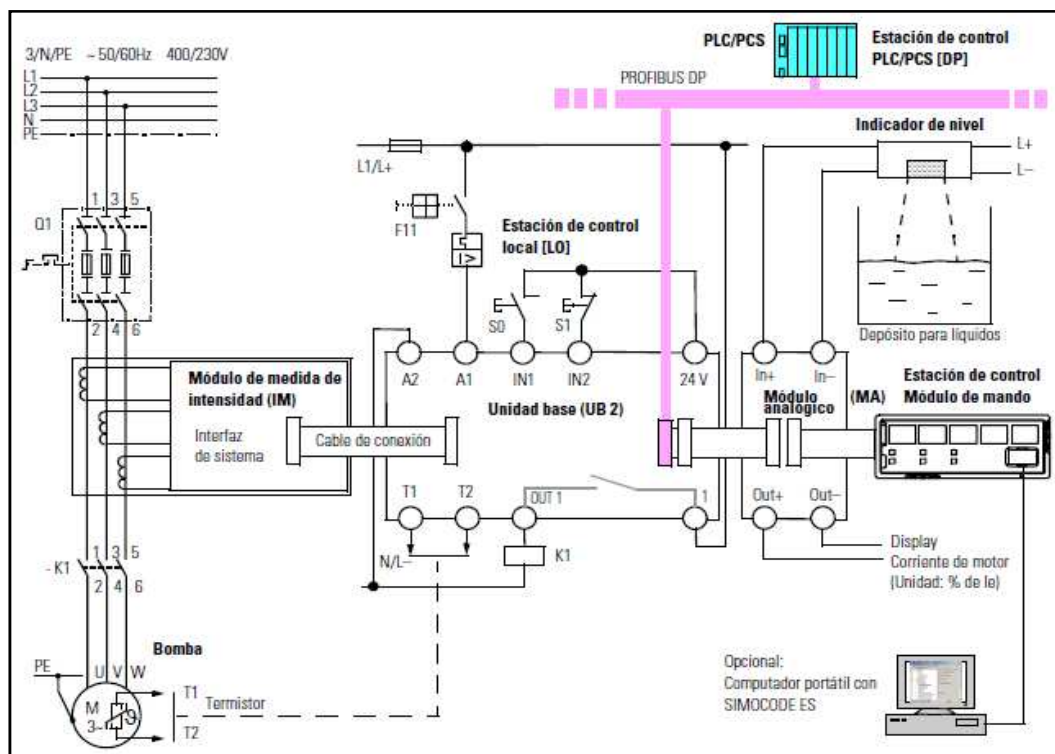


Figura 3-5: Esquema de una aplicación típica a modo de ejemplo.

3.1.4. Descripción de los componentes del sistema.

3.1.4.1. Unidad base (UB).

Las unidades base son los componentes fundamentales del sistema SIMOCODE PRO V. Las unidades base son indispensables para la aplicación de SIMOCODE

PRO. Están provistos con cajas 45 mm de ancho y bornes desmontables, (Figura 3-6):

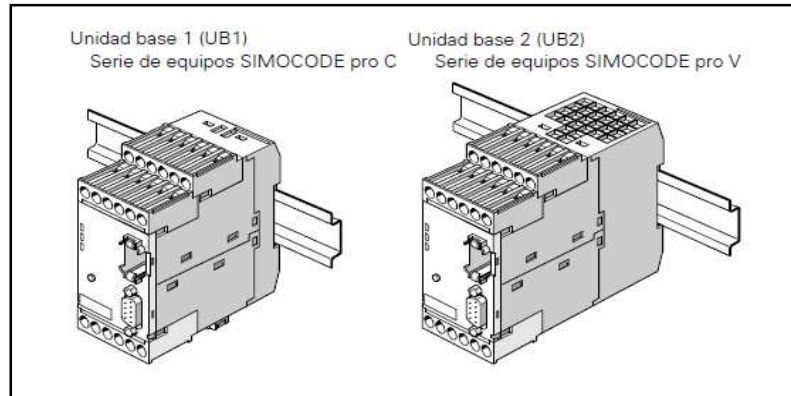


Figura 3-6: Unidad base SIMOCODE PRO

➤ **Unidad base 1 (UB1).**

La unidad base 1 es el componente fundamental de la serie de equipos SIMOCODE pro C y se utiliza en combinación con un módulo de medida de intensidad y módulos de mando opcionales.

Se soportan las siguientes funciones de mando de motor:

- Relé de sobrecarga.
- Arrancadores directos e inversores.
- Control de un interruptor automático.

➤ **Unidad base 2 (UB2).**

La unidad base 2 es el componente fundamental de la serie de equipos SIMOCODE pro V y se utiliza en combinación con un módulo de medida de intensidad o un módulo de medida de intensidad/tensión y módulos de mando opcionales.

➤ **Se soportan las siguientes funciones de mando de motor.**

- Relé de sobrecarga.
- Arrancadores directos e inversores.
- Arrancador estrella-triángulo, también con inversión de sentido de giro.
- 2 velocidades, motores con devanados independientes (inversor de polaridad), también con inversión de sentido de giro.
- 2 velocidades, motores con devanados Dahlander (inversor de polaridad), también con inversión de sentido de giro.
- Control de correderas.
- Control de válvulas.
- Control de un interruptor automático (MCCB).
- Control de un arrancador suave, también con inversión de sentido de giro.

➤ **La unidad base 2 ofrece las siguientes posibilidades adicionales de ampliación en comparación con la unidad base 1.**

- Ampliación de la funcionalidad según la necesidad a través de diferentes módulos de ampliación.
- Utilización de un módulo de medida de intensidad/tensión en vez del módulo de medida de intensidad.
- Entradas/salidas adicionales según la necesidad.

-
- Utilización de un módulo de mando con display en vez del módulo de mando estándar.

➤ **LEDs para el diagnóstico del equipo (Device, Bus, Gen.Fault).**

Estos LEDs montados en la parte frontal del equipo sirven para el diagnóstico del equipo y proporcionan información fundamental sobre el estado.

- Del equipo en sí a través del LED "Device".
- En lo que respecta a la comunicación en PROFIBUS a través del LED "Bus".
- En cuanto a posibles fallas en la derivación a motor a través del LED. "Gen.Fault".

➤ **Tecla Test/Reset.**

Permite un rearme del equipo tras un disparo/falla o bien un test funcional del equipo/de la derivación a motor con o sin desconexión del mando de contactor.

Si el módulo de memoria o el conector de direccionamiento están insertados, es posible parametrizar o adoptar la dirección PROFIBUS mediante la tecla Test/Reset.

3.1.4.2. Módulos de medida de intensidad/tensión (UM) para la serie de equipos SIMOCODE PRO V.

Para la serie de equipos SIMOCODE PRO V existe la posibilidad de utilizar un módulo de medida de intensidad/tensión en vez de un módulo de medida de intensidad. Aparte de medir las corrientes de motor, los módulos de medida de intensidad/tensión también permiten:

- Vigilar la tensión hasta 690 V.

-
- Calcular y vigilar la potencia y cos phi.
 - Vigilar la secuencia de fases.

La siguiente figura muestra los distintos módulos de medida de intensidad/tensión, (**Figura 3-7**):

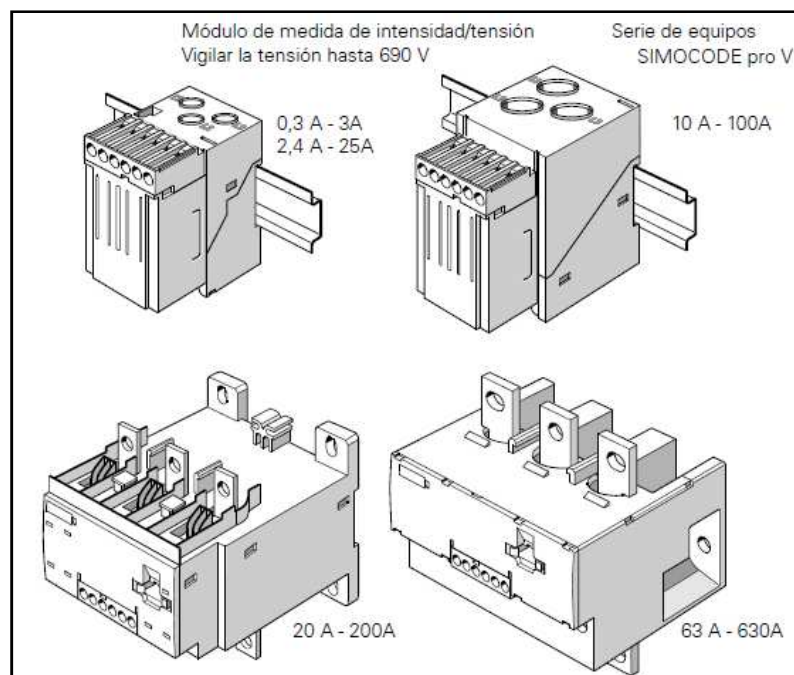


Figura 3-7: Módulo de medida de intensidad/tensión.

El módulo de medida de intensidad/tensión se conecta con un cable de conexión a la unidad base, asumiendo ésta la alimentación eléctrica. Los módulos de medida de intensidad/tensión hasta 100 A son adecuados para el montaje en perfil DIN o bien pueden ser fijados directamente en la placa de montaje utilizando adaptadores adicionales. Los módulos de medida de intensidad/tensión hasta 200 A pueden montarse igualmente sobre perfil DIN o bien pueden fijarse directamente en la placa de montaje con los elementos para la fijación por tornillos que vienen integrados en la caja.

El montaje del módulo de medida de intensidad/tensión hasta 630 A sólo es posible mediante el método de fijación por tornillos. Los unidades base sólo pueden montarse separadas de los respectivos módulos de medida de intensidad/tensión.

Para calcular o vigilar magnitudes de medición ligadas a la potencia, los módulos de medida de intensidad/tensión están equipados con bornes desmontables a los cuales se conectan los voltajes de cada una de las tres fases del circuito principal.

Nota:

Para poder emplear un módulo de medida de intensidad/tensión se debe disponer de una unidad base 2 de la versión *E02* (a partir de 04/2005) o superior.

Nota:

Si se utilizan módulos de medida de intensidad/tensión en redes no puestas a tierra y/o controladores de aislamiento para detectar corrientes de defecto o fallas a tierra es necesario intercalar un módulo de desacoplamiento (DCM) delante de cada módulo de medida de intensidad/tensión en la interfaz de sistema.

3.1.4.3. Accesorios

La siguiente figura muestra accesorios independientes a la serie de equipos, (Figura3-8):

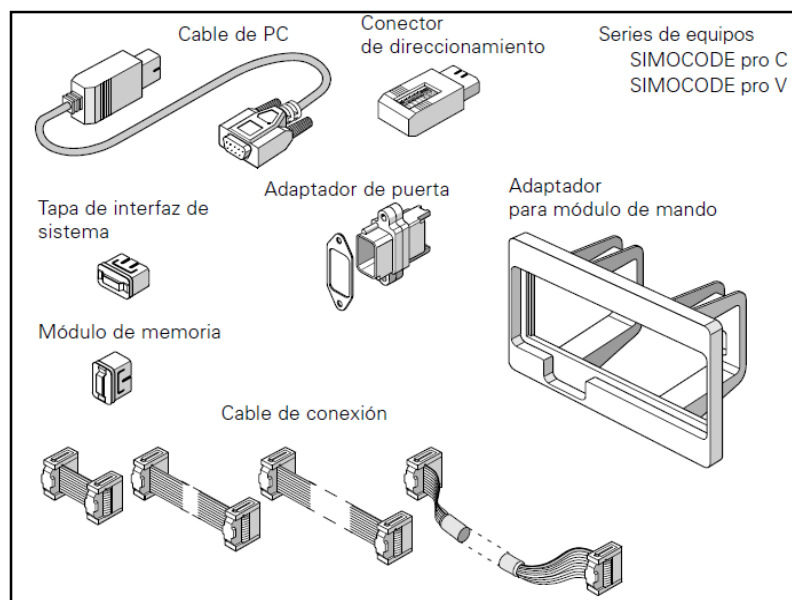


Figura 3-8: Accesorios de SIMOCODE PRO.

-
- **Cable de PC.-** Para parametrizar los equipos, para conectar un PC (a través de su interfaz en serie) a la interfaz de sistema de una unidad.
 - **Módulo de memoria.-** Para conectarlo a la interfaz de sistema, permite leer o bien almacenar rápidamente la parametrización completa de SIMOCODE pro, p. ej. en caso de un cambio de equipos.
 - **Conector de direccionamiento.-** Para atribuirle a SIMOCODE pro la dirección PROFIBUS DP relacionada con el hardware sin necesidad de utilizar PC/unidad de programación a través de la interfaz de sistema.
 - **Cable de conexión.-** Disponible en diversos modelos y longitudes. Se requieren para conectar la unidad base con el respectivo módulo de medida de intensidad y, dado el caso, con los módulos de ampliación o el módulo de mando. ¡La longitud total de los cables de conexión de cada sistema no debe superar los 3 m!.
 - **Adaptador de puerta.-** Para posicionar la interfaz de sistema (SIMOCODE pro) en un lugar de fácil acceso (p. ej. en el panel frontal) y de esta manera garantizar una parametrización rápida.
 - **Tapas de interfaz de sistema.-** Para sellar las interfaces de sistema o bien protegerlas contra ensuciamiento. Durante el funcionamiento normal, las interfaces de sistema no utilizadas deben estar cerradas.
 - **Adaptador para módulo de mando.-** Permite utilizar el módulo de mando 3UF720 de SIMOCODE pro en un recorte de la placa frontal, en el que anteriormente, p. ej. después de un cambio de equipos, se había utilizado un módulo de mando 3UF52 de SIMOCODE-DP con clase de protección IP54. También se puede utilizar en caso de reemplazar el módulo de mando estándar 3UF720 por el módulo de mando con display 3UF721.

3.1.4.4. Software.

SIMOCODE PRO pone a disposición diversas herramientas de software que permiten parametrizar, configurar y realizar diagnósticos de manera continua y rápida. *SIMOCODE ES*, es el software de parametrización estándar para

SIMOCODE PRO, ejecutable en PC/unidad de programación con Windows 2000 o Windows XP.

Está disponible en dos versiones:

- SIMOCODE ES Smart, para la conexión directa del PC/unidad de programación (interfaz en serie) a SIMOCODE PRO con un cable de PC a través de la interfaz de sistema del equipo (punto a punto).
- SIMOCODE ES Professional, para la conexión a uno o varios equipos mediante PROFIBUS DP y/o cable de PC a través de la interfaz de sistema del equipo. Una versión demo y las últimas actualizaciones están disponibles en Internet, bajo <http://www.siemens.de/simocode>.
- SIMOCODE ES Graphic es un paquete de software opcional para SIMOCODE ES Smart ó SIMOCODE ES Professional. Permite añadirle a la interfaz de usuario un editor gráfico y hace posible una parametrización sumamente ergonómica y de fácil manejo mediante "Drag & Drop".

Las entradas y las salidas de bloques funcionales se pueden enlazar gráficamente y los parámetros se pueden ajustar. La parametrización de los equipos puede ser documentada gráficamente.

3.2. CONTROL DE MOTOR.

3.2.1. Estaciones de control.

➤ Descripción.

Son lugares desde los que es posible transmitirle al motor comandos de control. El bloque funcional "Estaciones de control" sirve para administrar y conmutar las diferentes estaciones de control, así como para asignarle prioridades a las mismas. De esta manera, SIMOCODE PRO permite administrar paralelamente hasta cuatro estaciones de control. Dependiendo de la función de mando ajustada, es posible transmitirle a SIMOCODE PRO hasta 5 comandos de control diferentes desde cada estación de control.

-
- **Local**, en inmediaciones directas del motor. Los comandos de control se transmiten a través de pulsadores.
 - **PLC/PCS**, comandos de conmutación del sistema de automatización (remoto).
 - **PC**, comandos de control a través de una estación de mando y monitoreo o vía PROFIBUS DPV1 con el software SIMOCODE ES.
 - **Módulo de mando**, comandos de control a través de las teclas del módulo de mando en la puerta del armario eléctrico.

Comandos de control pueden ser por ejemplo:

- I. Motor CON (CON>), motor DES (DES), en caso de un arrancador directo.
- II. Motor IZQUIERDA (CON<), motor DES (DES), Motor DERECHA (CON>), en caso de un arrancador-inversor.
- III. Motor LENTO (CON>), motor RÁPIDO (CON>>), motor DES (DES), en caso de una conexión Dahlander.

Para que los comandos de control puedan ser efectivos se deben enchufar los conectores del bloque funcional "Estaciones de control" a conectores hembra de libre selección (por ejemplo entradas binarias de la unidad base, bits de control del PROFIBUS DP etc.). De cada estación de control se pueden recibir hasta 5 comandos de control diferentes.

Para tal fin, en el bloque funcional están a disposición hasta 5 conectores por cada estación de control (conector CON<<, CON<, DES, CON>, CON>>).

El número de conectores activos depende de la función de mando seleccionada. En un arrancador directo, por ejemplo, sólo están activados los conectores "CON>" y "DES".

a) Estaciones de control local.

En este caso, los aparatos de mando suelen estar ubicados en inmediaciones directas del motor y se cablean a las entradas de SIMOCODE pro.

Para que los comandos de control puedan ser efectivos se deben enchufar los conectores del bloque funcional "Estaciones de control" a conectores hembra de libre selección (normalmente los bloques funcionales para las unidades base o las entradas del módulo digital, las entradas UB, entradas MD), **(Figura 3-9)**.

Atención: El comando de DES "LO DES" es 0-activo. Esto garantiza que SIMOCODE pro desconecte el motor de manera segura, por ejemplo en caso de rotura de hilo en el cable de entrada. Para ello, es indispensable que la estación de control haya sido activada.

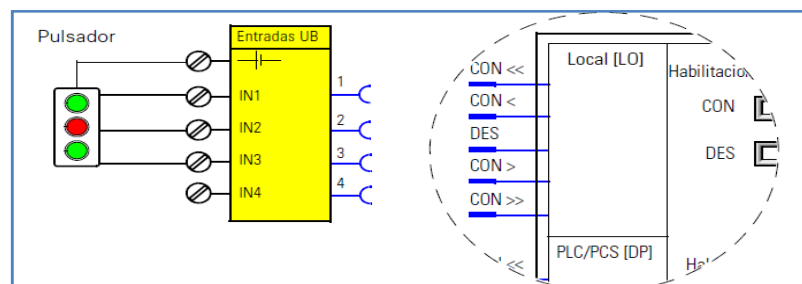


Figura 3-9: Estación de control local.

b) Estación de control PLC/PCS

Esta estación de control está prevista preferentemente para comandos de control del sistema de automatización (PLC/PCS) a través del telegrama de control cíclico de PROFIBUS DP.

Para que los comandos de control puedan ser efectivos se deben enchufar los conectores del bloque funcional "Estaciones de control" a conectores hembra de libre selección, normalmente los bloques funcionales para los bits cíclicos de PROFIBUS DP (control cíclico), **(Figura 3-10)**.

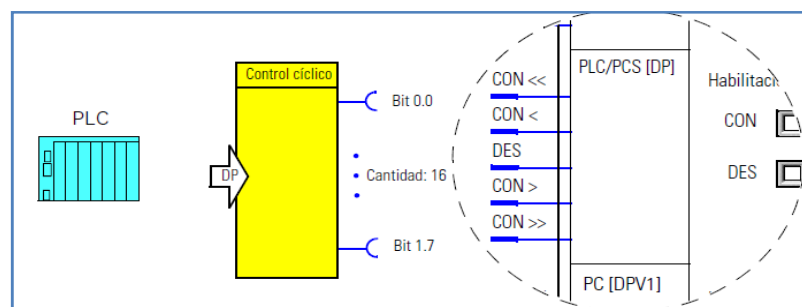


Figura 3-10: Estación de control PLC/PCS.

c) Estación de control PC.

Esta estación de control está prevista preferentemente para comandos de conmutación de cualquier PC que se utilice como segundo maestro en el PROFIBUS DP, en combinación con el sistema de automatización. Los comandos de control se envían a través del telegrama de control acíclico del PROFIBUS DPV1, (Figura 3-11).

Nota: Si el software de PC SIMOCODE ES Professional ó SIMATIC PDM está conectado con SIMOCODE pro vía PROFIBUS DP, los comandos de control se activan automáticamente a través de la estación de control PC [DPV1]. ¡En éste caso no es necesario realizar una conexión!

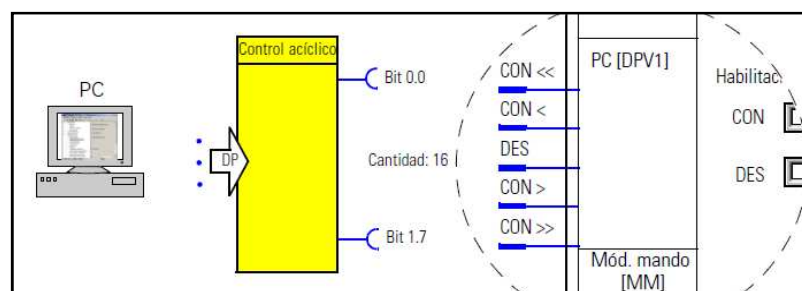


Figura 3-11: Estación de control PC.

d) Estación de control - Módulo de mando.

Esta estación de control está prevista preferentemente para comandos de control a través de las teclas del módulo de mando 3UF72, que puede estar alojado, por ejemplo, en la puerta de un armario eléctrico.

Para que los comandos de control puedan ser efectivos se deben enchufar los conectores del bloque funcional "Estaciones de control" a conectores hembra

de libre selección (normalmente al bloque funcional para las teclas del módulo de mando (teclas MM), (Figura 3-12).

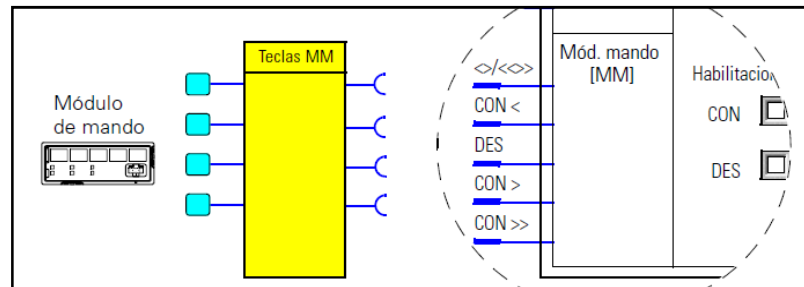


Figura 3-12: Estación de control - Módulo de mando.

➤ **Modo de operación:**

Es posible utilizar las estaciones de control de manera individual o combinada. Para ello, están disponibles cuatro modos de operación conmutables según la necesidad:

- Local 1.
- Local 2.
- Local 3.
- Remoto/Automático: En este modo de operación la comunicación se debe llevar a cabo a través del PLC.

Por lo general, no todas las estaciones de control están conectadas. Si se tiene previsto operar más de una estación de control (por ejemplo local y PLC/PCS), es indispensable hacerlo de manera selectiva.

Para tal fin, están disponibles dos modos de operación que se pueden conmutar mediante dos señales de control (conmutador de modos de operación). Se puede determinar de manera individual para cada estación de control y para cada modo de operación si se aceptan "Comandos CON" y/o "Comandos DES".

Los modos de operación se controlan de tal manera que sólo uno de ellos se encuentra activo a la vez.

Ejemplo: En una instalación hay disponibles tres modos de operación:

Modo de operación	Descripción
Modo de interruptor maniobrado por llave, p. ej. local 1	¡Sólo están permitidas entradas de mando locales! Todas las demás estaciones de control están bloqueadas.
Modo manual, p. ej. local 3	Sólo están previstos comandos de control locales y del módulo de mando.
Modo remoto, p. ej. Remoto/Automático	Sólo están permitidos comandos de control del PLC/PCS; localmente sólo están permitidos comandos DES.

Tabla 3-1: Modos de operación SIMOCODE PRO.

Para que estos modos operativos puedan seleccionarse, debe ser leído el interruptor de llave a través de una entrada. La conmutación a modo remoto se debe controlar a través del bus.

El modo de interruptor maniobrado por llave tiene prioridad sobre todos los demás modos operativos.

➤ **Conmutador de modos de operación.**

Con el conmutador de modos de operación S1/S2 se pueden conmutar los modos de operación "Local 1", "Local 2", "Local 3" y "Remoto/Automático". Para ello, es necesario enchufar los conectores S1 y S2 a conectores hembra de libre selección (por ejemplo entradas a dispositivos, bits de control del PROFIBUS DP etc.).

La siguiente tabla muestra los modos de operación en función de los estados de las señales de los conmutadores de modo de operación S1 y S2:

Entrada	Modo de operación			
	Local 1	Local 2	Local 3	Remoto/Auto
S1	0	0	1	1
S2	0	1	0	1

Tabla 3-2: Modos de operación en función de S1 y S2.

Los diferentes modos de operación para activar las estaciones de control permiten fijar las autorizaciones de conmutación para cada estación de control:

- Local [LO].
- PLC/PCS [DP].
- PC [DPV1].
- Módulo de mando (MM).

Permanentemente se encuentran activos únicamente:

- El modo de operación ajustado a través de los conectores S1 y S2 del bloque funcional "Estaciones de control"
- y las habilitaciones allí seleccionadas.

Ejemplo de una conmutación dinámica de modo de operación en función del tiempo:

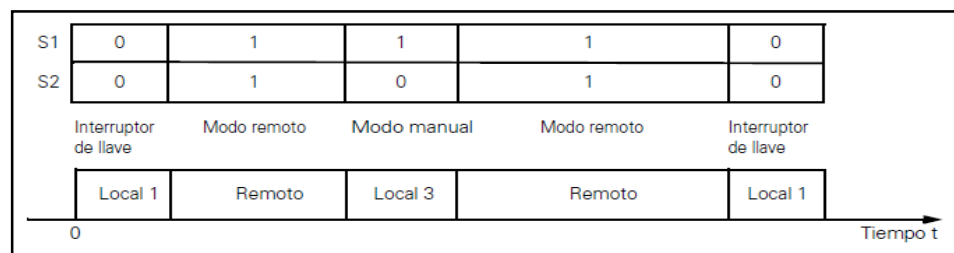


Figura 3-3: Ejemplo de conmutación de modo de operación.

3.2.2. Funciones de mando.

➤ Descripción.

Las funciones de mando (por ejemplo: arrancador directo, arrancador-inversor) se utilizan para controlar derivaciones a motor.

Las funciones de mando permiten:

- Vigilar el proceso de conexión/desconexión.
- Vigilar el estado de conexión/desconexión.
- Desconectar en caso de falla.

Para vigilar estos estados, SIMOCODE pro utiliza la entrada auxiliar de control "Retro aviso CON", que por lo general se deriva directamente de la circulación de corriente en el circuito principal a través de los módulos de medida de intensidad.

➤ **Esquema de la función de mando.**

El esquema a continuación muestra la representación general de la función de mando (bloques funcionales "Protección/Control", "Control ampliado" y "Protección ampliada"), (**Figura 3-13**):

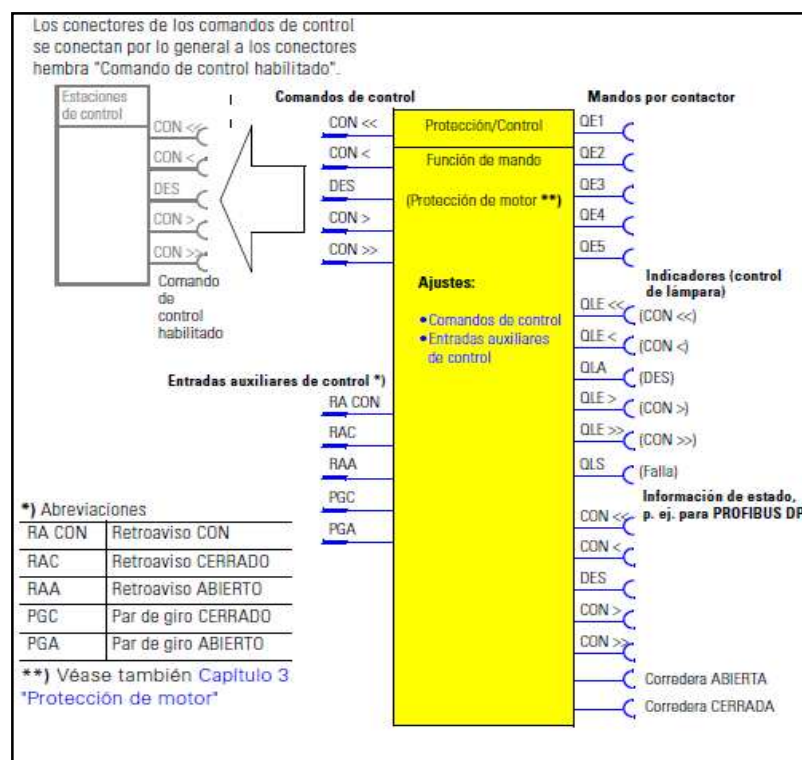


Figura 3-13: Representación general de la función de mando (bloque funcional "Protección/Control").

-
- Representación general de la función de mando (bloque funcional "Control ampliado"), (Figura 3-14).

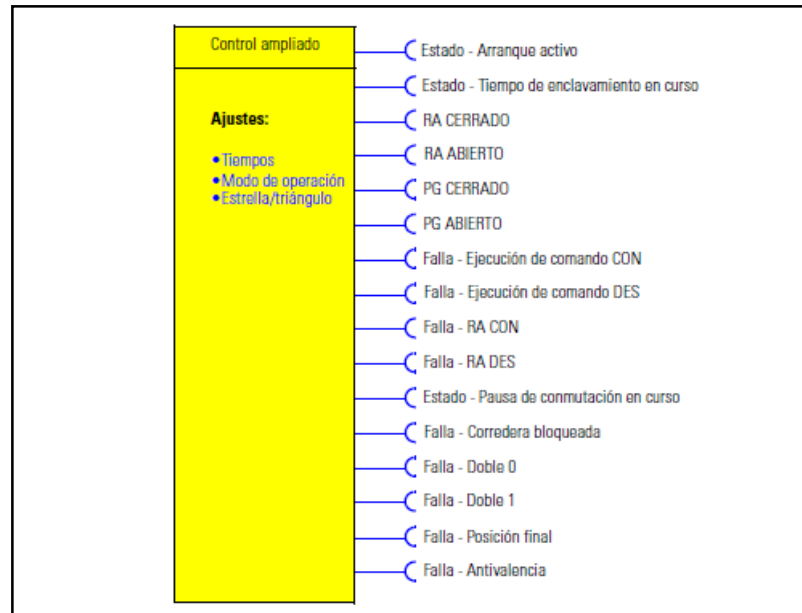


Figura 3-14: Representación general de la función de mando (bloque funcional "Control ampliado").

- **Mandos por contactor:**

La conmutación de los mandos por contactor QE depende de los comandos de control entrantes y de la función de mando ajustada incluyendo todos los enclavamientos, retro avisos y parámetros respectivos así como de la protección de motor de orden superior.

Por lo general, los mandos por contactor QE están conectados directamente a las salidas de la unidad base o de los módulos digitales y conmutan los contactores allí conectados mediante relés. El número de mandos por contactor QE utilizable depende directamente de la función de mando ajustada.

- **Controles de lámpara e información de estado:**

El retro aviso sobre el estado de la derivación a motor se efectúa a través de la información de estado o de los controles de lámpara QL. Éstos dependen directamente del estado de la entrada auxiliar de

control "RA CON". El número de informaciones de estado y controles de lámpara utilizables depende de la función de mando seleccionada.

Retro avisos sobre el estado de la derivación:

- Información de estado, por ejemplo "Estado - CON<": Estas señalizaciones se transmiten al sistema de automatización por ejemplo Vía PROFIBUS DP e indican allí el estado de la derivación.
- Indicadores (control de lámpara) "Indicación - QLE<": Éstos pueden, por ejemplo, activar una lámpara de señalización o un pulsador luminoso para indicar el estado.

Nota:

Si el motor opera en fase de prueba, las salidas de lámpara QLE.../QLA muestran otro comportamiento (p. ej. parpadean).

➤ **Alcance y aplicación.**

Dependiendo de la serie de equipos, el sistema ofrece las siguientes funciones de mando:



Función de mando	SIMOCODE	
	pro C (UB1) 	pro V (UB2) 
Relé de sobrecarga	✓	✓
Arrancador directo	✓	✓
Arrancador-inversor	✓	✓
Interruptor automático	✓	✓
Arrancador estrella-triángulo	—	✓
Arrancador estrella-triángulo con inversión de sentido de giro	—	✓
Dahlander	—	✓
Dahlander con inversión de sentido de giro	—	✓
Inversor de polaridad	—	✓
Inversor de polaridad con inversión de sentido de giro	—	✓
Válvula	—	✓
Corredera 1 hasta Corredera 5	—	✓
Arrancador suave	—	✓
Arrancador suave con contactor inversor	—	✓

Tabla 3-4: Funciones de mando.

➤ **Ajustes generales y definiciones.**

Selección de función de mando a ejecutar a través de SIMOCODE pro, (Figura 3-15):

The image shows a software configuration window titled "Device Configuration". It is divided into two main sections: "Device Configuration" on the left and "Application (Control Function)" on the right.

Device Configuration Section:

- Basic Unit:** A dropdown menu set to "SIMOCODE pro V".
- Thermistor:** A checkbox that is unchecked.
- Modules:** A sub-section containing:
 - Current Measurement:** A dropdown menu set to "0,3 - 3A".
 - Digital Module 1:** A dropdown menu set to ".".
 - Digital Module 2:** A dropdown menu set to ".".
- Operator Panel:** A checkbox that is unchecked.
- Voltage Measurement:** A checkbox that is unchecked.
- Temperature Module:** A checkbox that is unchecked.
- Analog Module:** A checkbox that is unchecked.
- Earth Fault Module:** A checkbox that is unchecked.

Application (Control Function) Section:

- Overload relay:** A radio button that is selected (indicated by a filled circle).
- Direct starter:** A radio button that is unselected.
- Reversing starter:** A radio button that is unselected.
- Molded Case Circuit Breaker (MCCB):** A radio button that is unselected.
- Star-delta starter:** A radio button that is unselected.
- Star-delta reversing starter:** A radio button that is unselected.
- Dahlander starter:** A radio button that is unselected.
- Dahlander reversing starter:** A radio button that is unselected.
- Pole-changing starter:** A radio button that is unselected.
- Pole-changing reversing starter:** A radio button that is unselected.
- Solenoid valve:** A radio button that is unselected.
- Positioner 1:** A radio button that is unselected.
- Positioner 2:** A radio button that is unselected.
- Positioner 3:** A radio button that is unselected.
- Positioner 4:** A radio button that is unselected.
- Positioner 5:** A radio button that is unselected.
- Soft starter:** A radio button that is unselected.
- Soft starter with reversing contactor:** A radio button that is unselected.

Configuration Fault: A dropdown menu at the bottom left of the "Device Configuration" section, labeled "Configuration Fault: because of missing Operator Panel", is set to "yes".

Figura 3-15: Selección de la aplicación SIMOCODE PRO V.

➤ **Parámetros.**

Parámetros	Descripción
CON <<, CON <, DES, CON >, CON >>	<p>Por lo general están conectados con los conectores hembra "Comando de control habilitado" del bloque funcional "Estaciones de control". De allí vienen los comandos de control de las diferentes estaciones de control. El número de entradas activas depende de la función de mando seleccionada. En un arrancador directo, por ejemplo, sólo están activadas las entradas "CON >" y "DES".</p> <p>Valor predefinido: <u>Conectado</u></p>
RA CON —	<p>La entrada auxiliar de control "Retroaviso CON" (se conecta a cualquier conector hembra, generalmente a "Estado - Corriente circulando"), ha sido preconfigurada de fábrica. No se requiere un bloque de contactos auxiliares entre el contactor y la señalización. Dependiendo de la función de mando seleccionada, este estado se señala a través de los indicadores QLE1 hasta QLE5 y a través de los avisos "Estado - CON <<, - CON <, - CON >, - CON >>". "No circula corriente" significa: El motor está desconectado. No se requiere un bloque de contactos auxiliares entre el contactor y la señalización. Este estado se señala a través del indicador QLA y a través del aviso "Estado - DES"</p> <p>Valor predefinido: <u>Estado - Corriente circula</u></p>
RAC, RAA, PGC, PGA	<p>Entradas auxiliares de control para las funciones de mando "Corredera" y "Válvula", las cuales generalmente se conectan a las entradas de la unidad base o de los módulos digitales para solicitar el estado actual de los conmutadores rotativos y de los interruptores de final de carrera cableados a las entradas.</p>
Marcha a impulsos	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Desactivada:</u> El comando de control en el conector respectivo de las estaciones de control "CON <, CON <<, CON >, CON >>", queda guardado. El mismo sólo se puede anular con un comando de control "DES" de la estación de control respectiva. No se requiere un bloque de contactos auxiliares para la autoretención del contactor. Por lo general, las derivaciones a motor se operan en modo autoretención. La autoretención está preconfigurada. • <u>Activada:</u> Dependiendo de la función de mando seleccionada, la marcha a impulsos tiene efecto en los conectores de todas las estaciones de control "CON <, CON <<, CON >, CON >>". Un comando de control sólo es efectivo mientras una "High-Signal" esté activada.
Guardar el comando de conmutación	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Desactivado:</u> Los comandos para conmutar el sentido de giro o la velocidad sólo se aplican mediante un "DES" previo y una vez haya transcurrido el tiempo de enclavamiento/la pausa de conmutación. Por lo general se aplica este ajuste y el mismo está preconfigurado. • <u>Activado:</u> Los comandos para conmutar el sentido de giro o la velocidad se aplican sin un "DES" previo, una vez haya transcurrido el tiempo de enclavamiento/la pausa de conmutación. Si debido a un tiempo de enclavamiento/una pausa de conmutación parametrizada no se puede aplicar inmediatamente el sentido de giro o la velocidad seleccionada, los indicadores QLE centellean para señalar la selección. La selección se puede cancelar en cualquier momento con "DES".

Parámetros.

Parámetros	Descripción
Tipo de consumidor	<p>Puede elegir entre</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Motor</u> • Carga resistiva (p. ej. calefacción): Debido a que en caso de carga resistiva generalmente no se genera sobrecorriente, no se señaliza el estado "Arranque - activo". En este caso no se suprimen durante el arranque las funciones "Señalizar", "Avisar" o "Desconectar".
Tiempo de retroaviso	<p>SIMOCODE pro vigila el estado de la derivación (CON ó DES) a través de RA CON.</p> <p>En caso de que cambie el estado "RA CON" sin aplicar el comando de conmutación correspondiente, la desconexión se efectúa con falla de retroaviso (RA).</p> <p>Valor predefinido: <u>0.5 s</u>.</p> <p>Con el tiempo de retroaviso se pueden suprimir estas "fallas de retroaviso" por un tiempo determinado, p. ej. en caso de conmutación de redes. Mientras el motor está desconectado,</p> <p>SIMOCODE pro vigila constantemente si RA CON = 0. Si llega a circular corriente por un tiempo superior al tiempo de retroaviso ajustado sin que se haya emitido un comando de control "CON", se genera el aviso de error "Falla - Retroaviso (RA) CON". Los mandos por contactor sólo se pueden volver a conectar una vez se haya subsanado la falla.</p> <p>Mientras el motor está conectado, SIMOCODE pro vigila constantemente si RA CON = 1. Si llega a circular corriente por un tiempo superior al tiempo de retroaviso ajustado sin que se haya emitido un comando de control "DES", se genera el aviso de error "Falla - Retroaviso (RA) DES". Los mandos por contactor se desactivan.</p>
Tiempo de ejecución	<p>SIMOCODE pro vigila el proceso de conexión y desconexión. Dentro de este tiempo debe haber concluido el proceso de conexión o de desconexión.</p> <p>Valor predefinido: <u>1.0 s</u>.</p> <p>Tras un comando de control "CON", SIMOCODE pro debe detectar corriente en el circuito principal dentro del tiempo de ejecución. De lo contrario, se genera el aviso de error "Falla - Ejecución comando CON". SIMOCODE pro desactiva los mandos por contactor.</p> <p>Tras un comando de control "DES", SIMOCODE pro no debe detectar corriente en el circuito principal una vez transcurrido el tiempo de ejecución. De lo contrario, se genera el aviso de error "Falla - Ejecución comando DES". Los mandos por contactor sólo se pueden volver a conectar una vez se haya subsanado la falla.</p>
Tiempo de enclavamiento	<p>SIMOCODE pro impide que se conecten simultáneamente ambos contactores de, p. ej., un arrancador-inversor. Con el tiempo de enclavamiento se puede retardar la conmutación del sentido de giro.</p> <p>Valor predefinido: <u>0 s</u>.</p>
Pausa de conmutación	<p>En las funciones de mando "Dahlander" e "Inversor de polaridad" se puede retardar la conmutación de velocidad alta a velocidad baja según el tiempo ajustado.</p> <p>En la función de mando "Estrella/triángulo" la pausa de conmutación prolonga el tiempo entre la desconexión del contactor de estrella y la conexión del contactor triángulo según el tiempo ajustado.</p> <p>Valor predefinido: <u>0.00 s</u>.</p>

Parámetros.

Parámetros	Descripción
Tiempo máx. para conexión en estrella	En la función "Arrancador estrella-triángulo" o "Arrancador estrella-triángulo con inversión de sentido de giro": Comutación de estrella a triángulo en función del tiempo. Tiempo máx. para conexión en estrella: 0 - 255 s (ajuste predefinido: <u>20 s</u>).
Módulo de medida de intensidad instalado	En la función "Arrancador estrella-triángulo" o "Arrancador estrella-triángulo con inversión de sentido de giro": La intensidad de ajuste y los umbrales de conmutación para conmutar de estrella a triángulo dependen del lugar en que ha sido montado el módulo de medida de intensidad: <ul style="list-style-type: none"> • En triángulo: La intensidad de ajuste se reduce a $In \times 1/\sqrt{3}$ • En el cable de entrada: Intensidad de ajuste.

Tabla 3-5: Ajustes generales y definiciones.

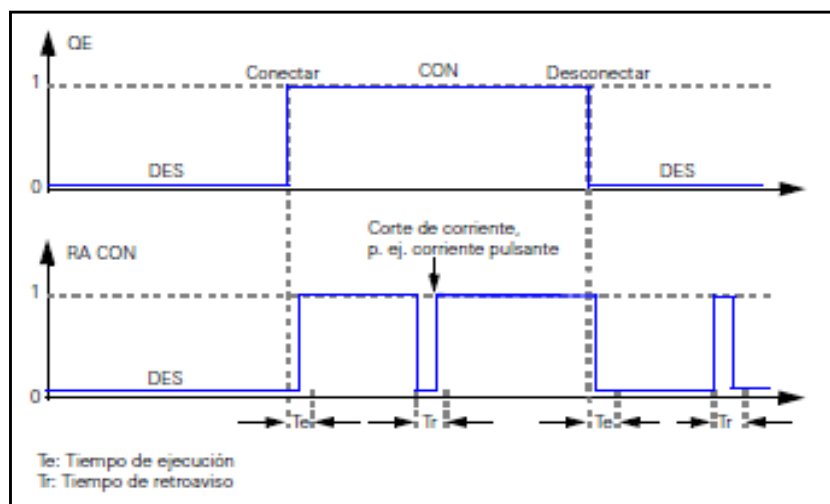


Figura 3-16: Tiempo de ejecución (Te) y Tiempo de retroaviso (Tr) en relación a RA CON.

➤ Fallas.

Los mandos por contactor se desactivan. Adicionalmente se activan:

- Una señal parpadeante en el control de lámpara QLS.
- Una señal parpadeante en el LED "GEN. FAULT".
- El aviso "Estado - Fallo agrupado".
- El bit de aviso respectivo del error.

3.2.3. Función de mando "Arrancador directo".

➤ **Descripción.**

A través de esta función de mando SIMOCODE pro puede conectar y desconectar un motor.

➤ **Comandos de control.**

- Arranque con "CON >" activa el mando por contactor interno QE1.
- Parada con "DES" desactiva el mando por contactor interno QE1. Los comandos de control se pueden transmitir desde cualquier estación de control a SIMOCODE pro (véase también la descripción "Estaciones de control"). Para ello, se deben conectar las entradas (conectores) a los conectores hembra correspondientes, preferiblemente a los conectores hembra "Comando de control habilitado". Cualquier aviso de falla desactivará el mando por contactor QE1.

➤ **Esquema, (figura 3-17 y Tabla 3-6).**

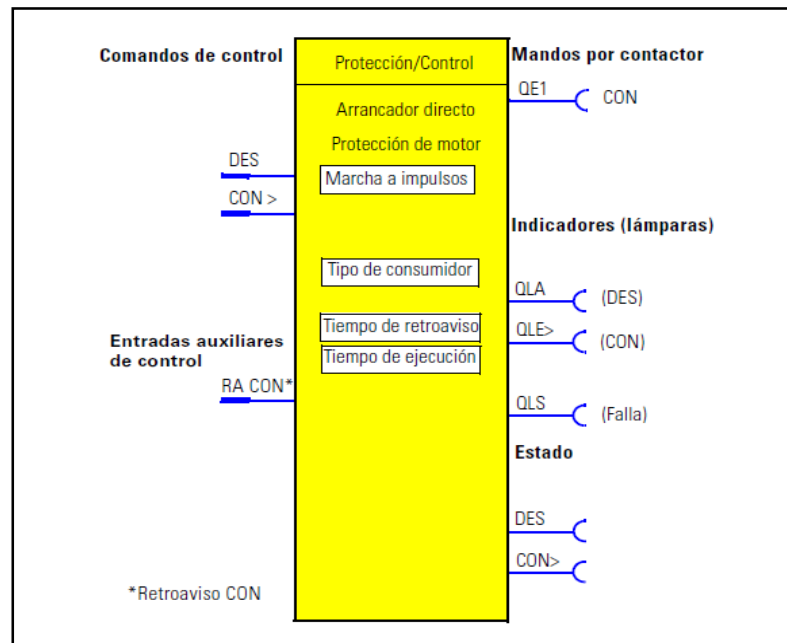


Figura 3-17: Esquema de la función de mando "Arrancador directo", bloque funcional "Protección/Control".

➤ **Ajustes.**

Arrancador directo	Descripción
DES —	Comando de control DES (se conecta a cualquier conector hembra —C, generalmente a "Comando de control habilitado - DES")
CON > —	Comando de control CON (se conecta a cualquier conector hembra —C, generalmente a "Comando de control habilitado - CON >")
RA CON —	Entrada auxiliar de control "Retroaviso CON" (se conecta a cualquier conector hembra —C, generalmente a "Estado - Corriente circulando")
Marcha a impulsos	<ul style="list-style-type: none">• Desactivada• Activada
Tipo de consumidor	Puede elegir entre <ul style="list-style-type: none">• Motor• Carga resistiva (véase Capítulo 4.2.2 "Ajustes generales y definiciones")
Tiempo de retroaviso	Rango 0 - 25,5 segundos (<u>0,5 s</u>)
Tiempo de ejecución	Rango 0 - 6553,5 segundos (<u>1,0 s</u>)

Tabla 3-6: Ajustes del arrancador directo.

3.2.4. Función de mando "Arrancador-inversor".

➤ **Descripción:**

A través de esta función de mando SIMOCODE pro puede controlar el sentido de giro de motores (hacia adelante y hacia atrás).

➤ **Comandos de control:**

- Arranque con "CON >" activa el mando por contactor QE1 (rotación horaria, es decir, hacia adelante).
- Arranque con "CON <" activa el mando por contactor QE2 (rotación anti horaria, es decir, hacia atrás).
- Parada con "DES" desactiva los mandos por contactor internos QE1 y QE2. Los comandos de control se pueden transmitir desde cualquier estación de control a SIMOCODE pro (véase también la descripción "Estaciones de

control"). Para ello, se deben conectar las entradas (conectores) a los conectores hembra correspondientes, preferiblemente a los conectores hembra "Comando de control habilitado". Cualquier aviso de falla desactivará los mandos por contactor QE1 y QE2.

➤ **Conmutación del sentido de giro:**

El sentido de giro se puede conmutar cuando la señal "Estado - CON >" o "Estado - CON <" haya desaparecido (motor desconectado) Y una vez haya transcurrido el tiempo de enclavamiento:

- A través del comando de control DES.
- Directamente, si el parámetro "Guardar el comando de conmutación" está activado.

SIMOCODE pro impide que se conecten simultáneamente ambos contactores. Con el tiempo de enclavamiento se puede retardar la conmutación del sentido de giro.

➤ **Esquema, (Figura 3-18 y Tabla 3-7):**

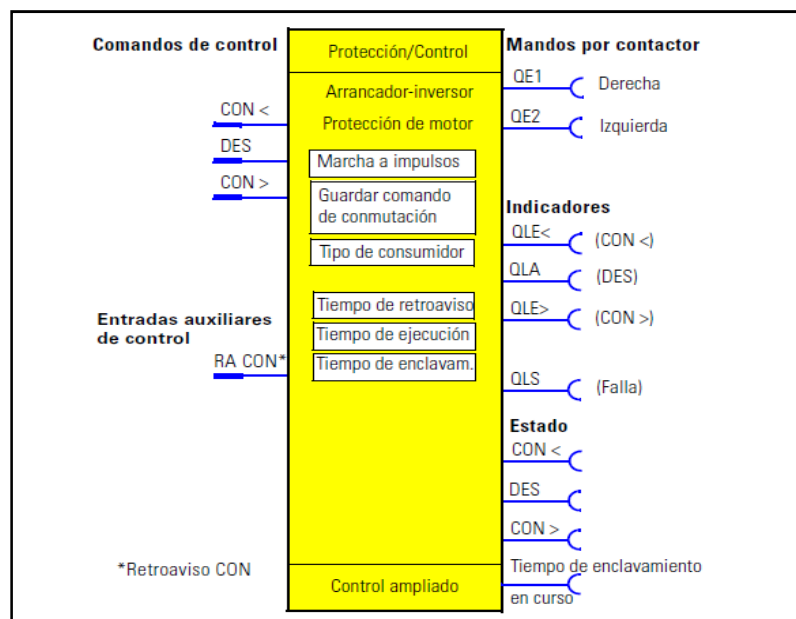


Figura 3-18: Esquema de la función de mando "Arrancador-inversor", bloque funcional "Protección/Control".

➤ **Ajustes.**

Arrancador-inversor	Descripción
CON < —	Comando de control CON <, rotación antihoraria (se conecta a cualquier conector hembra —C, generalmente a "Comando de control habilitado - CON <")
DES —	Comando de control DES (se conecta a cualquier conector hembra —C, generalmente a "Comando de control habilitado - DES")
CON > —	Comando de control CON >, rotación horaria (se conecta a cualquier conector hembra —C, generalmente a "Comando de control habilitado - CON >")
RA CON —	Entrada auxiliar de control "Retroaviso CON" (se conecta a cualquier conector hembra —C, generalmente a "Estado - Corriente circulando")
Marcha a impulsos	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Desactivada</u> • <u>Activada</u>
Guardar el comando de conmutación	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Desactivado</u> • <u>Activado</u>
Tipo de consumidor	Puede elegir entre <ul style="list-style-type: none"> • <u>Motor</u> • <u>Carga resistiva</u> (véase Capítulo 4.2.2 "Ajustes generales y definiciones")
Tiempo de retroaviso	Rango 0 - 25,5 segundos (<u>0,5 s</u>)
Tiempo de ejecución	Rango 0 - 6553,5 segundos (<u>1,0 s</u>)
Tiempo de enclavamiento	Rango 0 - 255 segundos (<u>0 s</u>)

Tabla 3-7: Ajustes del arrancador-inversor.

3.3. FUNCIONES DE VIGILANCIA.

Este capítulo le proporcionará informaciones sobre las funciones de vigilancia:

- Vigilancia de falla a tierra.
- Vigilancia de límites de corriente.
- Vigilancia de tensión.
- Vigilancia de cos phi.
- Vigilancia de potencia activa.

-
- Vigilancia 0/4 A - 20 mA.
 - Vigilancia de funcionamiento.
 - Vigilancia de temperatura, analógica.

Las funciones de vigilancia operan junto a la protección de motor y control de motor "en segundo plano". A continuación se explican todos los parámetros de la protección de motor.

3.3.1. Vigilancia de falla a tierra.

➤ Descripción.

SIMOCODE PRO registra y vigila las tres intensidades de fases. Por medio de la evaluación de la suma de corriente de los tres valores de intensidad se puede vigilar la derivación a motor respecto a posibles corrientes de defecto o fallas de contacto a tierra, respectivamente.

La vigilancia de falla a tierra interna mediante módulos de medida de intensidad o módulos de medida de intensidad/tensión sólo es posible para motores con conexión trifásica en redes puestas a tierra directamente o con baja impedancia.

La vigilancia de falla a tierra interna puede activarse por parametrización. Con ella se cubren dos condiciones de funcionamiento:

- Condición de funcionamiento normal hasta $2 \times I_a$. La corriente de servicio actual debe ser menor que el doble de la intensidad de ajuste I_a . Corrientes de defecto de $> 30\%$ de la intensidad de ajuste I_a son detectadas.
- Arranque o funcionamiento con sobrecarga a partir de $2 \times I_a$. La corriente de servicio actual es mayor que el doble de la intensidad de ajuste I_a . Corrientes de defecto de $> 15\%$ de la corriente actual del motor son detectadas.

Nota: Si utiliza la detección de falla a tierra interna con la conexión estrella triángulo, pueden ocurrir disparos erróneos. Durante la conexión triángulo, la suma de la corriente es diferente a cero debido a las armónicas.

La vigilancia de falla a tierra externa mediante transformador de corriente sumador y módulo de falla a tierra se utiliza normalmente en redes puestas a tierra con alta impedancia. Con el transformador de corriente sumador 3UL22 se pueden evaluar corrientes nominales de defecto de 0,3 A/0,5 A/1 A. El retardo de reacción del transformador de corriente sumador es de 300 ms - 500 ms.

Parametrizando SIMOCODE PRO de manera correspondiente puede prolongarse aún más el retardo de reacción. Es posible parametrizar un comportamiento definido y retar doble al detectarse una falla de contacto a tierra. Si se rebasa por exceso el valor límite de falla a tierra se genera un mensaje. Otras causas de disparo pueden determinarse mediante parametrización. De rebasarse por exceso las corrientes nominales de defecto, SIMOCODE pro V reacciona:

- Desconectando los mandos por contactor QE, ó
- Con un aviso, de acuerdo con lo que se haya ajustado.

➤ **Vigilancia de falla a tierra interna.**

Aquí se puede definir el comportamiento de SIMOCODE pro en caso de falla a tierra interna, (**Figura 3-19 y Tabla 3-8**):

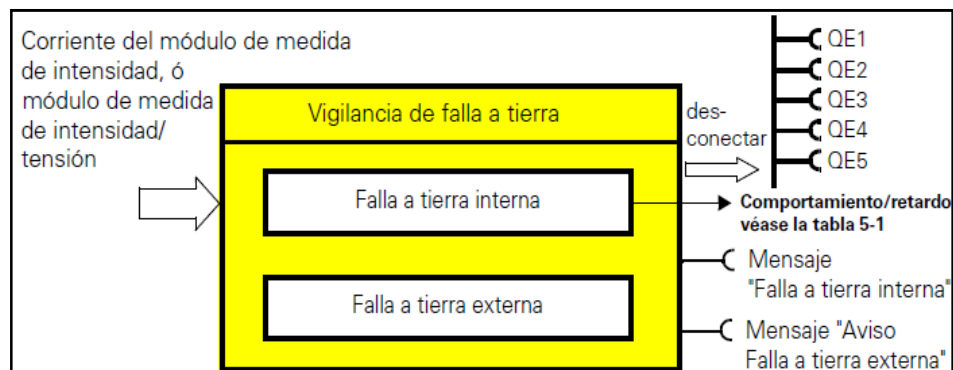


Figura 3-19: Bloque funcional "Vigilancia de falla a tierra".

Comportamiento	Falla a tierra interna
Desactivado	X
Señalizar	X
Avisar	X
Desconectar	X
Retardo	0 - 25.5 s (0,5 s)

Tabla 3-8: Comportamiento "Vigilancia de falla a tierra interna".

Actividad.

Independientemente de si el motor está o no en funcionamiento (estado operativo "CON"), esta función está permanentemente activa (a menos que la misma se desactive).

- **Vigilancia de falla a tierra externa (con transformador de corriente sumador).**

Comportamiento.- Aquí se puede definir el comportamiento de SIMOCODE pro en caso de falla a tierra externa, (**Figura 3-20 y Tabla 3-9**):

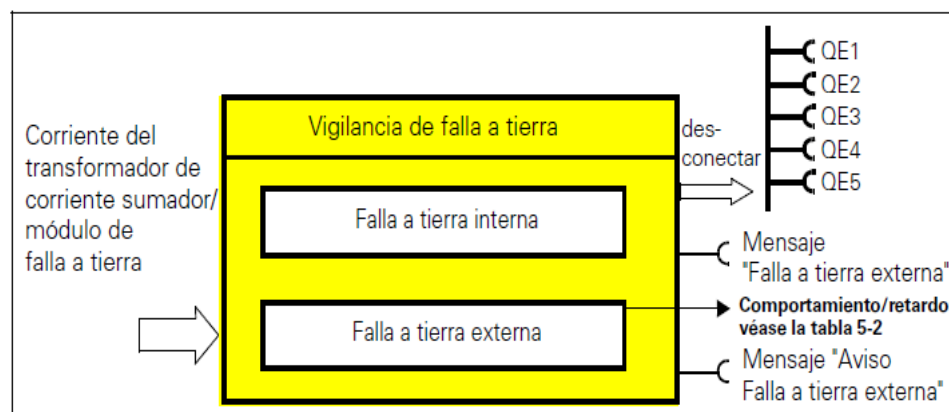


Figura 3-20: Bloque funcional "Vigilancia de falla a tierra".

Comportamiento	Falla a tierra externa
Desactivado	-
Señalizar	X
Avisar	X
Desconectar	X
Retardo	0 - 25.5 s (0.5 s) ¹⁾

Tabla 3-9: Comportamiento "Vigilancia de falla a tierra externa".

1) Retardo adicional al retardo del transformador de corriente sumador.

Si el comportamiento ha sido ajustado en "Señalizar", en caso de una falla a tierra se genera el mensaje "Falla a tierra externa".

Si el comportamiento ha sido ajustado a "Avisar", en caso de una falla a tierra se genera el mensaje "Aviso Falla a tierra externa".

Actividad.

Independientemente de si el motor está o no en funcionamiento (estado operativo "CON"), esta función está permanentemente activa (a menos que la misma se desactive).

3.3.2. Vigilancia de límites de corriente.

➤ **Descripción.**

La vigilancia de límites de corriente sirve, independientemente de la protección contra sobrecarga, para vigilar el proceso. SIMOCODE pro soporta una vigilancia de la corriente del motor a dos niveles respectivamente. Ésta prevé límites de intensidad superior e inferior libremente ajustables. El comportamiento de SIMOCODE pro se puede parametrizar y retardar libremente al alcanzar un umbral de aviso o un umbral de disparo. La detección de la corriente de motor se realiza con módulos de medida de intensidad ó módulos de medida de intensidad/tensión, (**Figura 3-21**).

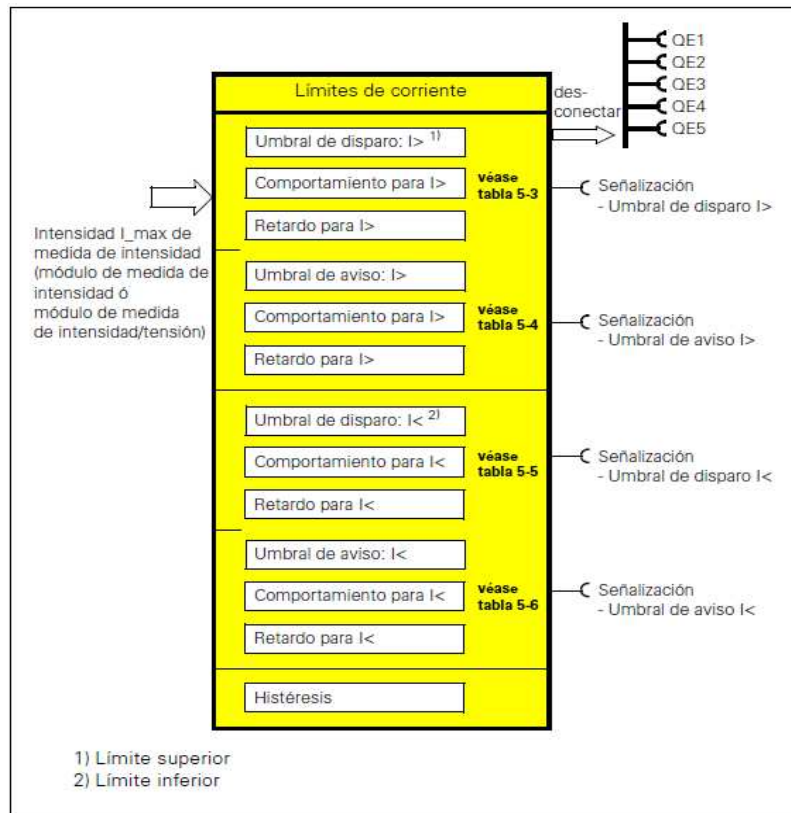


Figura 3-21: Bloque funcional "Límites de corriente".

3.3.3. Vigilancia de tensión.

➤ Descripción.

SIMOCODE PRO soporta una vigilancia de subtensión a dos niveles respectivamente de una red trifásica o monofásica para límites libremente ajustables.

El comportamiento de SIMOCODE pro se puede parametrizar y retardar libremente al alcanzar un umbral de preaviso o un umbral de disparo.

La detección de la tensión se realiza con módulos de medida de intensidad/tensión. La base es la tensión mínima de todas las tensiones (U_{min}), (Figura 3-22).

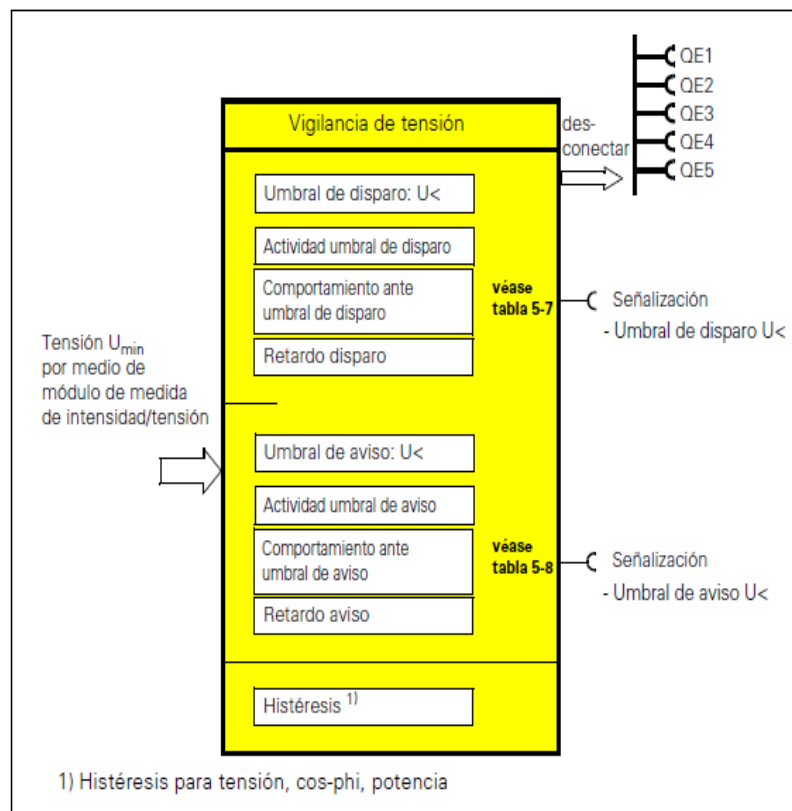


Figura 3-22: Bloque funcional "Vigilancia tensión".

3.3.4. Vigilancia de cos phi.

➤ Descripción.

La vigilancia de cos-phi vigila el estado de carga de los consumidores de energía inductiva. La misma se aplica principalmente a motores asíncronos en una red monofásica o trifásica, cuya carga varía drásticamente.

Si se rebasa por defecto el umbral de disparo ajustado o bien el umbral de aviso, dependiendo del ajuste se genera un mensaje o se desconecta el motor, (Figura 3-23).

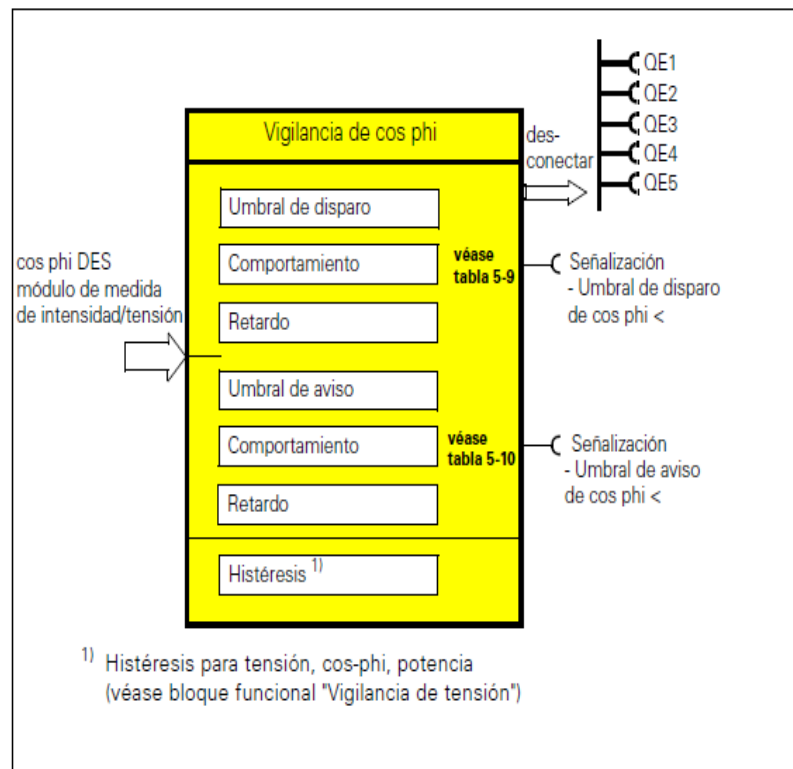


Figura 3-23: Bloque funcional "Vigilancia de cos phi".

Umbral de disparo, umbral de aviso.

En la vigilancia de cos-phi se pueden parametrizar dos umbrales de reacción diferentes (umbral de disparo/umbral de aviso).

0 % = cos phi = 0,00

50 % = cos phi = 0,50

100 % = cos phi = 1,00

Actividad umbral de disparo, umbral de aviso.

El umbral de disparo/aviso se activa únicamente si el motor está en marcha, se ha completado el proceso de arranque y no está presente la posición de test (TPF) (run+).

3.3.5. Vigilancia de potencia activa.

➤ Descripción.

Por medio de la potencia activa, SIMOCODE pro puede vigilar de forma indirecta el estado de un aparato o una instalación. Si se está vigilando la potencia activa del motor de una bomba, por ejemplo, el valor de la potencia activa permite sacar conclusiones respecto al caudal o el nivel de llenado de los líquidos.

SIMOCODE pro soporta una vigilancia de potencia activa a dos niveles para valores límite superiores e inferiores de selección libre. El comportamiento de SIMOCODE pro se puede parametrizar y retardar libremente al alcanzar un umbral de aviso o un umbral de disparo.

La detección de la potencia activa se realiza con módulos de medida de intensidad/tensión, (**Figura 3-24**).

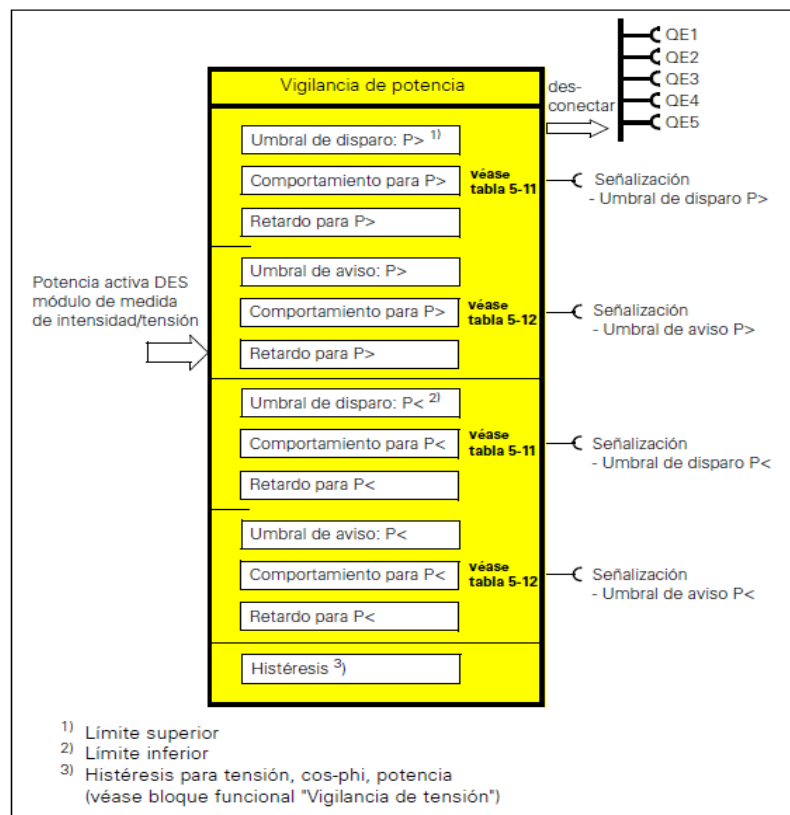


Figura 3-24: Bloque funcional "Vigilancia de potencia".

Capítulo:

Nº 4

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENSAYO DE MÉTODOS DE ARRANQUES DE MOTORES TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.

El módulo didáctico diseñado y construido para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, permite el ensayo de métodos de arranque de un motor trifásico de inducción de 5kw con capacidad de comunicación SIMOCODE PRO V, es un recurso educativo completo que capacita a los estudiantes en el control de motores industriales por medio del uso de diagramas de bloque, gestión de motores, maniobra de arranques, simulación de arranque, mando y señalización de control, vigilancia y protección. El estudiante podrá ejecutar las diversas prácticas con el ensamblaje eléctrico de los circuitos de control sin el uso de herramientas, facilitándole el proceso de enseñanza. Todos los componentes de control eléctrico están ubicados en una estructura metálica (plafón), que los asegura en la posición deseada por medio de un riel que facilita el montaje y desmontaje de los elementos con seguridad. Todos los terminales de conexión poseen conectores de seguridad tipo banana de 4 mm para permitir conexiones rápidas de circuitos utilizando los cables apropiados, además se utilizan borneras con tornillos ajustables para la conexión del motor trifásico de inducción.

El circuito de control y fuerza incluye un conjunto de cables de conexión tipo banana en tres longitudes codificadas por color. Los terminales de conexión de los componentes están identificados por un código de numeración estándar y las conexiones entre componentes descritas en el material pedagógico hacen referencia al código del diagrama de conexión. Cada componente está etiquetado con su propio símbolo esquemático, incluyendo los terminales numerados. El manual de operación que se anexa al presente trabajo, le proporcionará al estudiante un camino por los circuitos de control, empezando con conceptos simples para llegar a los métodos de arranques de motores industriales, explicando a los estudiantes el porqué se realiza cada práctica, así como la forma en que funciona el circuito. Los objetivos del programa también incluyen los efectos de la inercia y la gravedad. El manual se complementa con un glosario de términos que contiene las definiciones oficiales actuales de NEMA, IEC, ANSI e IEEE sobre términos eléctricos. Todos los componentes de este sistema están almacenados dentro de un banco metálico debidamente diseñado. Éste, cuenta con la identificación de cada uno de los elementos instalados.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

4.2.1. Descripción del puesto de trabajo móvil o consola.

En el modulo didáctico se compone de las siguientes partes:

- **Armario para elementos eléctricos.-** Diseñado para alojar los diferentes elementos del circuito control – fuerza del arranque del motor trifásico de inducción de 5Kw.
- **Tablero de control.-** Diseñado para instalar los elementos de mando y control, tales como, fuente de alimentación de control, pulsadores, selectores, lámparas de señalización, relés temporizadores. Etc.
- **Plafón.-** Cuadro metálico que facilita el montaje de los elementos eléctricos, que intervienen en el ensayo de los métodos de arranque del motor, entre ellos: los breaker, contactores, relés térmicos, repartidor de carga. Etc.
- **Motor eléctrico.-** Para ensayos de los diferentes tipos de arranques, se utilizara un motor asíncrono de jaula de ardilla de 5Kw, con alimentación 220 VAC trifásico, de 1700 RPM.
- **Meza para maniobras.-** Dispuesto para facilitar al estudiantes las maniobras requeridas en el proceso de la prácticas.
- **Gavetas para almacenamiento.-** Diseñado para guardar los equipos y herramientas requeridos en el proceso de las prácticas.

4.2.2. Descripción del sistema de control y medida.

Para la realización de los diferentes tipos de métodos de arranque en el motor trifásico de inducción de 5Kw, el sistema de control del modulo didáctico se compone de las siguientes partes:

- **Fuente de alimentación principal para control.-** Dispone de 4 bornas para conector tipo banana que se identifican como L1 - L2 - L3 – N, con

protección magneto-térmica, y botones de seguridad tipo switch incluida luz piloto.

- **Módulos de pulsadores marcha y paro de doble contacto.-** Dispone de 2 módulos, cada modulo tiene instalado dos pulsadores de marcha y paro de doble contacto (uno cerrado NC y otro abierto NA), para acciones de parada y arranques del motor.
- **Modulo de selectores de dos y tres posiciones.-** Tiene instalado un selector de posición 0-1 con doble contacto (dos abierto NA) y un selector de posición 0-1-2 con doble contacto (tres abierto NA); las conexiones del circuito de control de cada arranque del motor se realizaran a través de bornes.
- **Modulo de parada de emergencia.-** Consiste en un pulsado de parada de emergencia tipo hongo con doble contacto (uno cerrado NC y otro abierto NA); para cubrir situaciones emergentes en el desarrollo de los ensayos. Las conexiones se realizan a través de bornes.
- **Modulo de lámparas auxiliares.-** Tiene instalado dos lámparas tipo luz piloto de color roja para indicar la falla de sobre carga del motor y dos lámparas tipo luz piloto de color verde para indicar la marcha del motor; las conexiones se realizaran por medio de bornes.
- **Modulo de temporizadores de secuencia.-** Dispone de 2 relés temporizadores ON DELAY, con regulación de tiempo de 0 a 30 segundos y 0 a 30 minutos, esto permite realiza las secuencia temporizadas de arranque del motor, las conexiones se realizan a través de bornes.
- **Módulos de contactores tripolar.-** Tiene instalado 5 contactores tripolares de 220Vac de 28 A / 10 HP, con doble contacto auxiliar (dos cerrado NC y dos abierto NA), para realizar las conexiones de los diferente tipos de arranque del motor.

Para el sistema de obtención de datos de medición se detalla a continuación:

- **Modulo de supervisión y gestión de motores SIMOCODE PRO V.-** Contiene un selector de posición 0-1 para el encendido y apagado del equipo

SIMOCODE PRO V, para las conexiones del control del SIMOCODE PRO V, se realizarán a través de bornes en tablero de control.

El sistema de adquisición de datos es controlado por el ordenador PC utilizando una red de comunicación profibus. Esta red conecta todos los módulos de medida y a la PC que es el destinatario de las mismas, La presentación de datos en pantalla de la PC se ha llevado a efecto, utilizando el programa "SIMOCODE ES PRO".

- **Modulo de medición de voltaje, corriente y potencia.-** Se instaló un medidor con panel digital para el análisis y obtención de datos medidos en el desarrollo de los ensayos.

4.2.3. Descripción del software.

SIMOCODE pro dispone de diversas herramientas de software que permiten parametrizar, configurar y realizar diagnósticos de manera continua y rápida:

SIMOCODE ES, es el software de parametrización estándar para SIMOCODE pro v, ejecutable en PC/unidad de programación con Windows 2000 o Windows XP. Está disponible en dos versiones:

- SIMOCODE ES Smart, para la conexión directa del PC/unidad de programación (interfaz en serie) a SIMOCODE pro con un cable de PC a través de la interfaz de sistema del equipo (punto a punto).
- SIMOCODE ES Professional, para la conexión a uno o varios equipos mediante PROFIBUS DP y/o cable de PC a través de la interfaz de sistema del equipo.

SIMOCODE ES Graphic es un paquete de software opcional para SIMOCODE ES Smart ó SIMOCODE ES Professional. Permite añadirle a la interfaz de usuario un editor gráfico y hace posible una parametrización sumamente ergonómica y de fácil manejo mediante "Drag & Drop".

Las entradas y las salidas de bloques funcionales se pueden enlazar gráficamente y los parámetros se pueden ajustar. La parametrización de los equipos puede ser documentada gráficamente.

4.2.4. Descripción de accesorios del módulo didáctico.

- **Ruedas.-** Se instalaron 4 ruedas para facilitar la movilización de la consola.
- **Rejillas de ventilación.-** Se instalaron 4 rejillas que aseguran una ventilación conveniente para que los elementos y equipos eléctricos ubicados dentro del armario, mantenga un ambiente de temperatura adecuada.
- **Clavija de conexión 3 Fases + Tierra.-** Instalado para la alimentación de de 220 Vac trifásico, que proporciona la energía eléctrica de la consola.
- **Ventanas con acrílico.-** Facilitando la visualización interna de los elementos eléctricos, de modo que la consola permanezca cerrada, cumpliendo normas de seguridad para salvaguardar la integridad física de los estudiantes que participan en el proceso de las prácticas.
- **Cables de conexión.-** Para realizar las practica de los arranques del motor, se dispone de cables # 14 AWG con conectores de tipo banana 4 mm en los extremos.

4.3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO.

Para alcanzar este proyecto procedimos de la siguiente manera:

4.3.1. Diseño estructural de la consola.

Basándonos en las normas de construcción de tableros eléctricos y adaptando medios que faciliten el proceso de aprendizaje para los estudiantes, se define el diseño de la estructura metálica según las siguientes especificaciones.

- Espacio necesario por puesto de trabajo de la consola: 4m², (Figura 4-1).

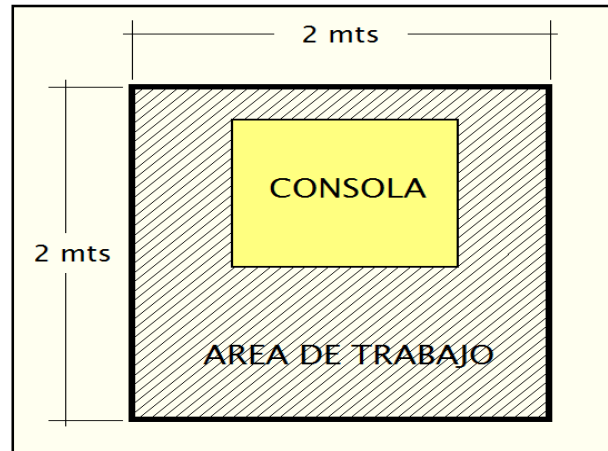


Figura 4-1: Dimensiones del área de trabajo de la consola.

- Dimensión de la consola: Alto 170 cm, ancho 110 cm, profundidad del modulo armario 53 cm mas la distancia del tablero de control y mesa 40 cm, (Figura 4-2).

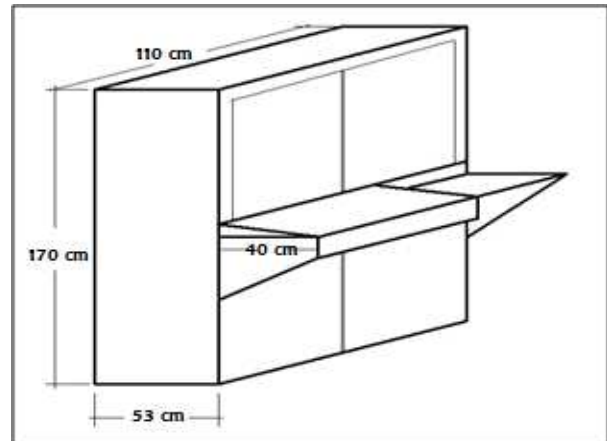


Figura 4-2: Dimensiones de la consola.

- Dimensión del armario para elementos eléctricos: Alto 71 cm, ancho 105 cm, profundidad 50 cm, (Figura 4-3).



Figura 4-3: Dimensiones del armario eléctrico de la consola.

-
- Dimensión del tablero de control: ancho 60 cm, largo 38 cm, (Figura 4-4).



Figura 4-4: Dimensiones del tablero de control de la consola.

- Dimensión de la estructura de la bancada del motor: ancho 52 cm, largo 31 cm y base de anclaje del motor ancho 24 cm y largo 31 cm, (Figura 4-5).



Figura 4-5: Dimensiones de la bancada del motor.

- Dimensión de la meza para maniobras: ancho 40 cm, largo 37 cm, (Figura 4-6).

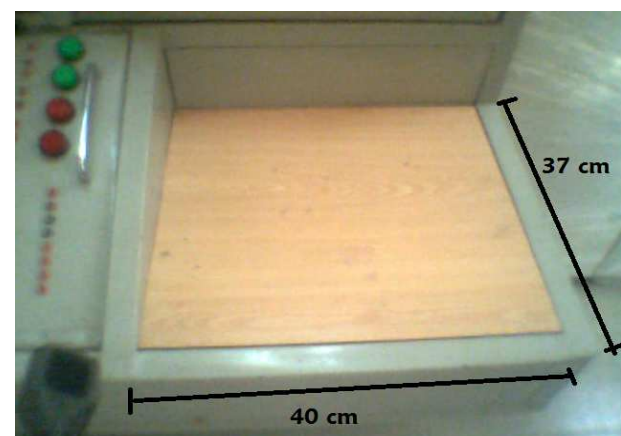


Figura 4-5: Dimensiones de la bancada del motor.

- Dimensión de la gaveta para almacenamiento: Alto 71 cm, ancho 105 cm, profundidad 50 cm, (Figura 4-7).



Figura 4-7: Dimensiones del armario de herramientas de la consola.

4.3.2. Diseño y distribución de los elementos de mando y control.

Se dispuso una distribución ergonómica de los elementos de mando por módulos, que faciliten el proceso enseñanza – aprendizaje de los estudiantes, ajuntando el bosquejo diseñado, (Figura 4-8).

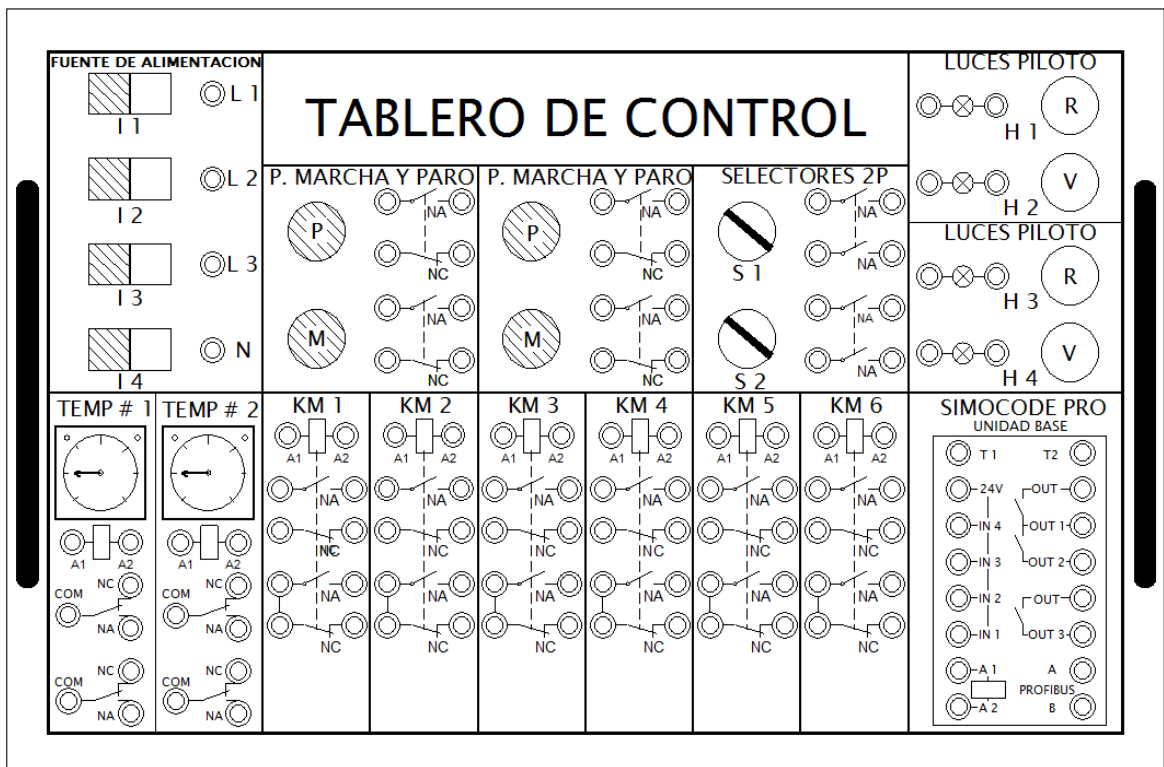


Figura 4-8: Distribución del tablero de control de la consola.

4.3.3. Construcción de la consola.

- **Estructura metálica.-**
Construida con tubo cuadrado de 25,4 mm / espesor 1,5 mm, (Figura 4-9).



Figura 4-9: Construcción de estructura metálica de la consola.

- Cubierta metálica.-** Montada con plancha de hierro negro, espesor 1.5 mm, (Figura 4-10).



Figura 4-10: Construcción cubierta metálica de la consola.

- **Soldadura de arco.-**
Utilizándose electrodos AGA 6011, (Figura 4-11).



Figura 4-11: Soldadura de arco de la cubierta metálica de la consola.

-
- **Bancada del motor.-** Construida con tubo cuadrado 25,4 mm / espesor 1,5 mm, viga C de 50 mm x 1,5 mm, (Figura 4-12).



Figura 4-12: Construcción de la bancada del motor

- **Plafón.-** Construido con plancha de hierro negro, espesor 1,5 mm, (Figura 4-13).



Figura 4-13: Construcción del plafón de la consola.

- **Pintura base.-** Utilizando pintura de color verde acrílica con cromado como fondo, para evitar la corrosión, (Figura 4-14).



Figura 4-14: Pintura base fondo de color verde de la consola.

-
- **Transporte de la consola.-** Instalándose 4 garruchas metálicas, (Figura 4-15).



Figura 4-15: Traslado de la consola mediante ruedas.

- **Pintura de acabado.** Utilizando pintura de color beis acrílica, (Figura 4-16).



Figura 4-16: Pintura de acabado final de la consola.

4.3.4. Montaje e instalación de circuitos de control, fuerza y equipos de medidas.

Para desarrollar el montaje y la instalación de los elementos eléctricos consideramos importante tener presente las siguientes consignas de seguridad:

- ¡Tensión peligrosa! Puede causar electrocución y quemaduras, desconecte la alimentación eléctrica antes de trabajar en el equipo.

-
- Observe las informaciones en las instrucciones de servicio de cada uno de los componentes eléctricos.
 - Las conexiones de los terminales en los componentes eléctricos pueden poner en cortocircuito y causar daño o lesión si no están bien aseguradas y bien aisladas.
 - En la conexión del motor utilice las arandelas de ajuste de los terminales de la talla apropiada para que los pernos se acoplen con seguridad.
 - Aísle la conexión, igual a o mejor que el aislante en los conductores.
 - Instalar correctamente la conexión a tierra para limitar las descargas eléctricas, en el motor y en la consola.

Para la selección del motor eléctrico, consideramos una aplicación intermedia de tipo industrial. Razón por la cual se optó por una potencia de 5 kw, 1760 rpm, tensión de 220 VAC trifásico y 60 Hz. Para dimensionar la capacidad de los elementos de control, fuerza y equipos de medidas, se analizan los circuitos derivados en base a los cálculos respectivos.

A continuación se describen las instalaciones de los circuitos de control, de fuerza y equipos de medida:

a) Instalación del circuito de control:

- **Selección de la línea de instalación.-** Para el dimensionamiento de los conductores del circuito de control ubicado en el armario eléctrico, hemos considerado el conductor de cable flexible calibre # 18 AWG, ya que se utiliza en forma estándar para la instalación de los circuitos de control.
- **Elección de los elementos de protección y su colocación.-** Para la selección de los dispositivos de protección, se determinó utilizar breakers de 4 amp 3 polos montado en riel din de 35 mm; realizamos el análisis de la máxima corriente de los elementos de control y le asignamos un margen de seguridad para la protección de las maniobras.

-
- **Montaje de la línea desde receptores a cuadro de control.-** Realizamos el enlace entre los elementos eléctricos ubicados en el armario hasta el tablero de control, utilizando el conductor de cable flexible # 18 AWG, debidamente soldado con estaño en cada terminal de los conectores banana jack para chasis JK-BAN01, (Figura 4-17).

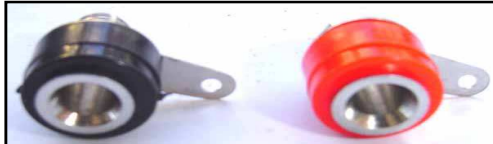


Figura 4-17: Conector banana Jack tipo chasis JK- BAN01.



Figura 4-18: Conector banana plug PL-BAN01.

Para la facilitar las prácticas de los diferentes tipo de arranque del motor, se ensamblaron cables flexible de calibre # 18 con secciones de 1 metro de logitud, soldando con estaño en los extremos los conectores banana plug PL-BAN01, (Figura 4-18).

b) Instalación del circuito de fuerza:

- **Cálculo de la linea de instalación.-** Para el dimensionamiento de los circuitos, inicialmente describimos las etapas que cumplido en base a las normas de instalaciones eléctricas:

Definir la tensión nominal; El laboratorio de Ingeniería eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, dispone de una red eléctrica de 220 V. AC., 3 fases + tierra. Determinar la corriente nominal del motor; El motor selecionado para el ensayo de métodos de arranques es de 5 KW equivalente a 7,5 HP. Las caracteristica y especificaciones registradas en la placa nos indica que la corriente nominal es de 23,2 amp, velocidad 1800 rpm, 60hz.

Elegir el tipo de conductor y la forma de instalación; En base a los datos proporcionados por la placa del motor de 5 Kw - 220V trifasico 23,2 Amp. marca SIEMENS, se define que el conductor requerido según tabla de calibre de conductores es el cable flexible # 12 AWG.

- **Elección de los elementos de protección y su colocación.-** En base a los datos proporcionados por la placa del motor de 5 Kw - 220V trifásico

23,2 Amp. marca SIEMENS, se define que el relé térmico debe cumplir con el rango de 22 – 32 AMP. Regulando el margen según la corriente del motor de 23 Amp.

- Montaje y colocación de elementos en el armario eléctrico.

c) Instalación de los equipos de medida:

- Montaje de medidor de voltaje, corriente y herz.
- Montaje del equipo SIMOCODE PRO.- Los componentes del sistema se pueden fijar como se muestra en las siguientes figuras:

Unidad base, realiza la fijación por abroche sobre un perfil DIN simétrico de 35 mm (sin utilizar herramientas), (**Figura 4-19**).

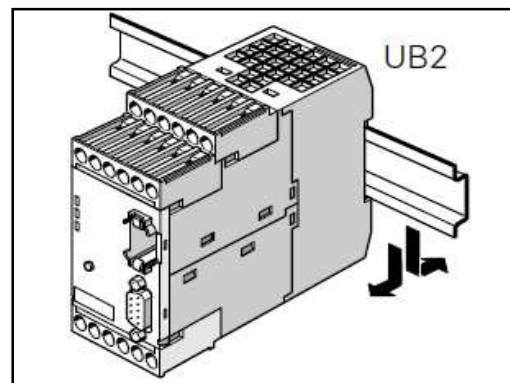


Figura 4-19: Unidad base SIMOCODE PRO V.

Módulos de medida de intensidad/tensión hasta 100A, montaje sobre perfil DIN simétrico o fijación por tornillo con adaptadores (referencia: 3RP1900-0B) y tornillos sobre una superficie plana, (**Figura 4-20**).

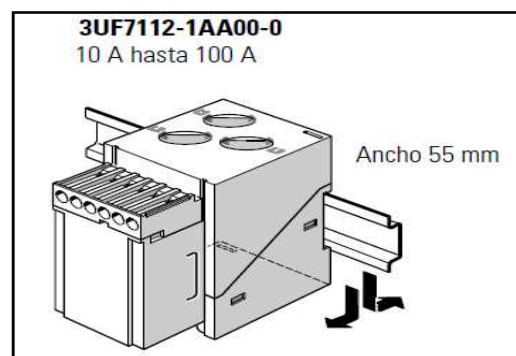


Figura 4-20: Módulo de medida SIMOCODE PRO V.

Cableado de las unidades, el módulos de unidad base y el modulo de medida, cuentan con bornes desmontables. Para un cambio de aparatos no es necesario desmontar el cableado, (Figura 4-21).

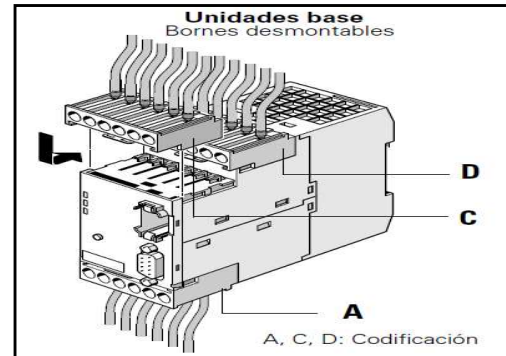


Figura 4-21: Bornes desmontables de unidades base, módulos de ampliación y módulo de desacoplamiento.

Secciones del conductor, la siguiente tabla muestra la sección del conductor, la longitud a pelar y el par de apriete de los cables para los bornes desmontables, (Tabla 4-2):

Bornes desmontables	Destornillador	Par de apriete
	PZZ/ Ø 5 mm - 6 mm	TORQUE: 7 LB.IN - 10.3 LB.IN 0,8 Nm - 1,2 Nm
	Longitud a pelar	Sección del conductor 2x 0,5 mm ² - 2,5 mm ² / 1x 0,5 mm ² - 4 mm ² 2x AWG 20 to 14 / 1x AWG 20 to 12
	De hilo fino con/sin vainas terminal	2x 0,5 mm ² - 1,5 mm ² / 1x 0,5 mm ² - 2,5 mm ² 2x AWG 20 to 16 / 1x AWG 20 to 14

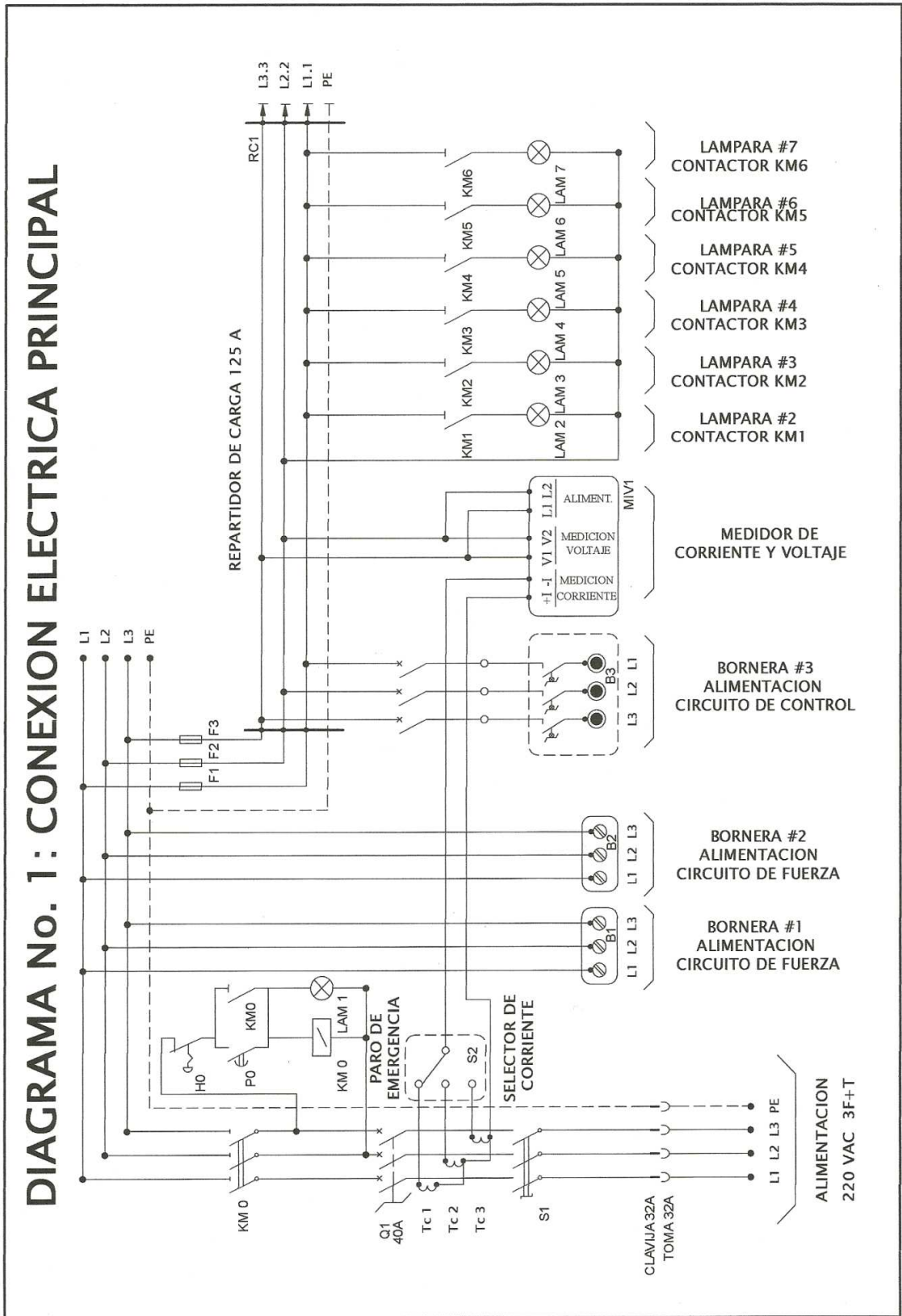
Tabla 4-1: Secciones del conductor, longitudes a pelar y pares de apriete de los cables.

4.4. Esquemas y diagramas eléctricos del modulo didáctico.

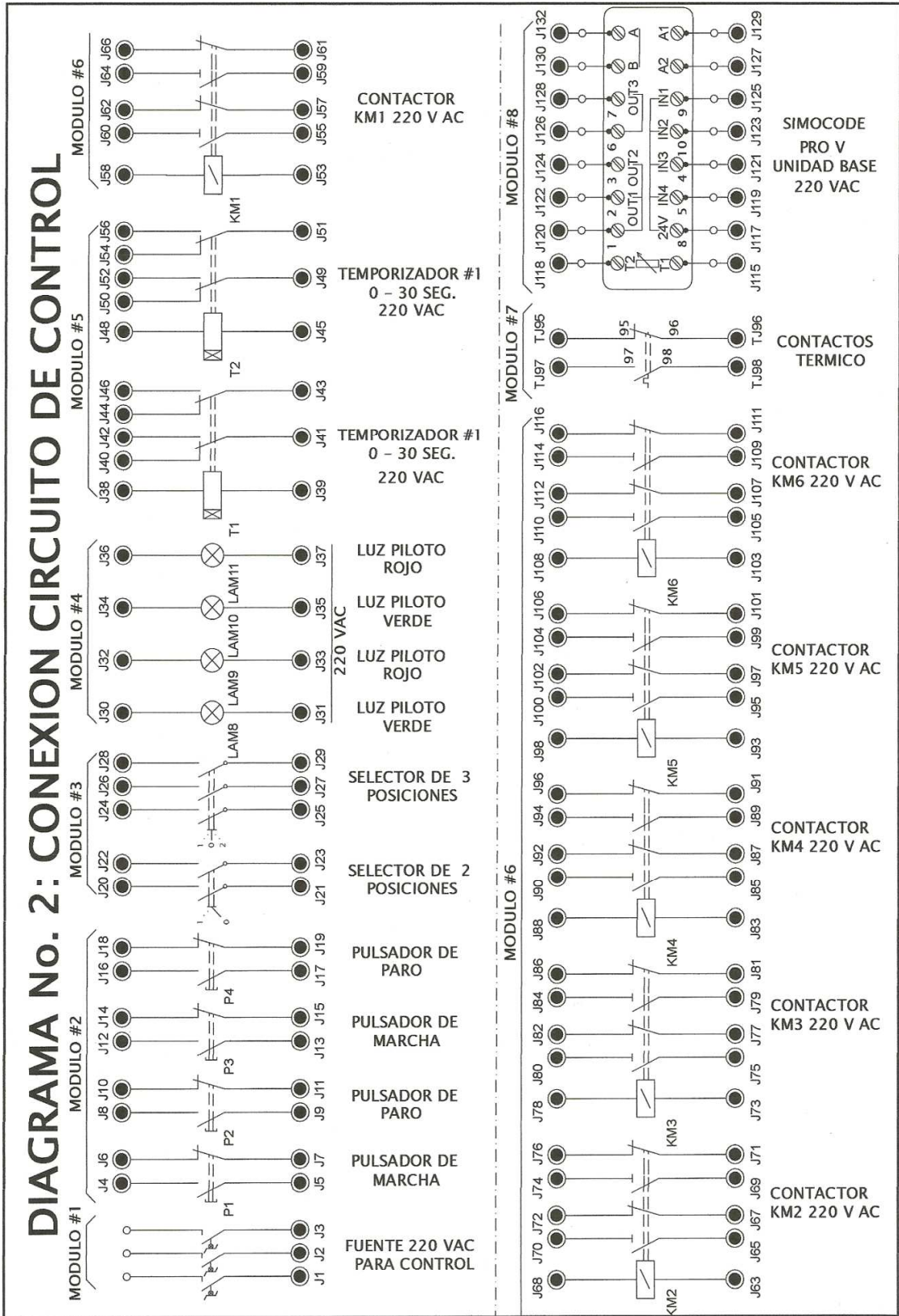
El presente proyecto está constituido por esquemas y diagramas para cada uno de los circuitos de control, de fuerza, y equipos de medidas, los mismos que se describen en forma organizada a continuación:

- Diagrama No.1: Conexión eléctrica principal.
- Diagrama No.2: Conexión circuito de control.
- Diagrama No.3: Conexión circuito de fuerza.
- Simbología eléctrica.

➤ Diagrama eléctrico conexión principal.



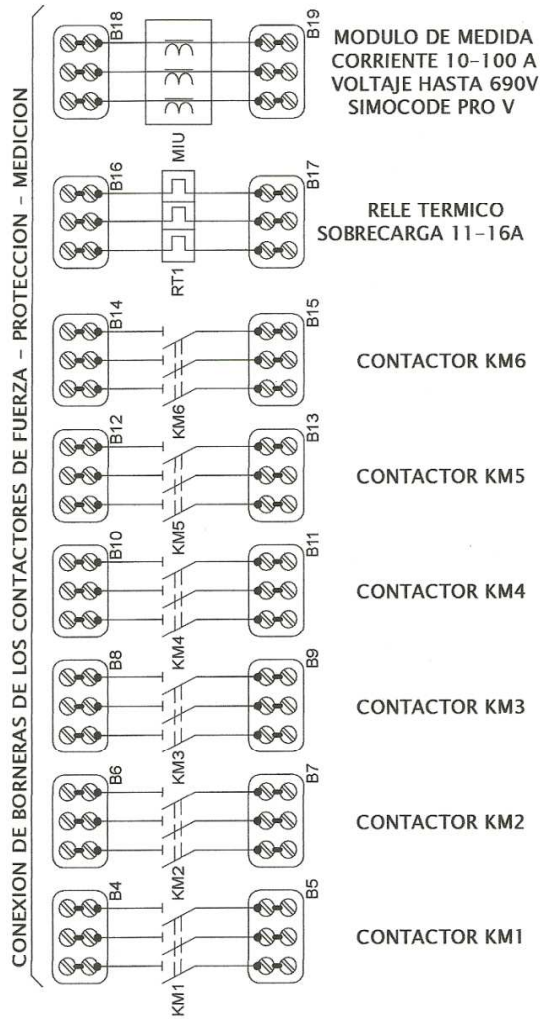
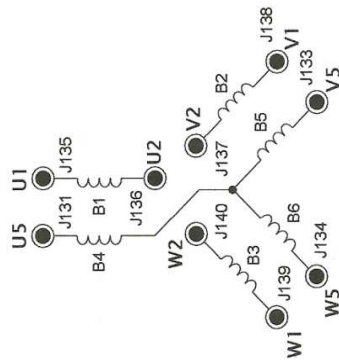
➤ Diagrama de conexión circuito de control.











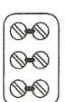





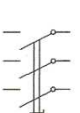

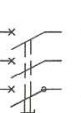





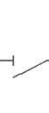

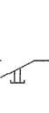
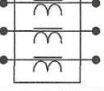
➤ Diagrama de conexión circuito de fuerza.

DIAGRAMA No. 3: CONEXION CIRCUITO DE FUERZA

CONEXION DEL MOTOR TRIFASICO 5KW 220V Y/440V YY



➤ Simbología eléctrica.

SIMBOLOGIA ELECTRICA		
 CONDUCTOR DE LINEA	 PULSADOR NO	 BOBINA DEL MOTOR
 REPARTIDOR DE CARGA	 PULSADOR NC HONGO	 MEDIDOR DE CORRIENTE Y VOLTAJE
 CONEXION DE CONDUCTOR	 CONTACTOR DE FUERZA	ABREVIATURAS CONECTOR MACHO Y HEMBRA LINEA DE VOLTAJE LINEA A TIERRA INTERRUPTOR PRINCIPAL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CONTACTOR 220V AC BREAK 40 A PULSADOR HONGO DE HEMERGENCIA PULSADOR LAMPARA LUZ PILOTO BONERAS CON TORNILLO AJUSTABLE CONECTOR JAK BANANA MEDIDOR DE CORRIENTE Y VOLTAJE ACOMETIDA CIRCUITO DE FUERZA
 BORNERAS	 SELECTOR DE 3 POSICIONES	(CM1 CH1) (L1 L2 L3) (PE) (I1) (Tc 1 Tc2 Tc3) (KM0...KM6) (Q1) (H1) (P1) (LAM1...LAM7) (B1...B19) (J1...J140) (MIV1...MIV2) (ACF)
 CONECTOR JACK BANANA	 SWITCH CON LUZ PILOTO	
 CONECTOR MACHO Y HEMBRA	 BOBINA DE CONTACTOR	
 INTERRUPTOR 3 POLOS	 LAMPARA LUZ PILOTO VERDE	
 BREAK 3 POLOS	 LAMPARA LUZ PILOTO ROJA	
 RELEVADOR DE SOBREGARGA	 FUSIBLE	
 CONTACTO AUX NC	 BOBINA DEL TEMPORIZADOR	
 CONTACTO AUX NA	 CONTACTO NA-NC TEMPORIZADOR	
 PULSADOR NA	 MODULO DE MEDIDA CORRIENTE Y VOLTAJE SIMOCODE PRO V	

Capítulo: Nº 5

5. PUESTA EN MARCHA Y ENSAYOS DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA MÉTODOS DE ARRANQUES DEL MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN DE 5KW.

Antes de comenzar con el desarrollo de la puesta en marcha y ensayos del módulo didáctico, sobre los diferentes métodos de arranque del motor de inducción trifásico de 5 Kw, hay que hacer notar, que en este tipo de ensayos, la mayor parte de los errores que se suelen cometer en los montajes de los diferentes diagramas eléctricos tanto de control y fuerza que se proponen, pueden originar un cortocircuito franco entre dos o más de las fases, motivo por el cual se ruega que se realicen los citados montajes con el máximo de concentración posible.

5.1. PUESTA EN MARCHA.

5.1.1. Descripción general del módulo didáctico.

Es un modulo didáctico que posee una combinación de maniobras eléctricas para el uso de un estudiantes con conocimientos básicos de la ingeniería eléctrica, que permite el aprendizaje de los diferentes métodos de arranques en un motor a través de la interrelación de los elementos eléctricos del automatismo industrial.

Está constituido por:

- Alimentación de la consola a voltaje de 220 VAC 3 Fase más conexión de tierra a través de un conector tipo clavija de 16 A.
- Posee un interruptor principal para el corte total de la energía; dispone de un disyuntor (breaker 40 A) para protección de sobrecargas y cortocircuitos.
- Para seguridad de los ensayos tiene un circuito de parada de emergencia controlado por un pulsador tipo hongo.
- Para la realización de los ensayos se compartió la fuente de alimentación para los circuitos de control y fuerza con borneras de conexión.

-
- Se instalo un medidor de corriente y voltaje para el seguimiento de los ensayos.
 - Dispone de lámparas luz piloto para la señalización de activación de los contactores.

5.1.2. Instrucciones generales del modulo didáctico.

Para hacer un uso correcto del equipo hay que seguir los siguientes pasos:

- 1°. Verificar que la consola no tenga materiales u objetos extraños (metales, líquidos, etc.).
- 2°. Inserte la clavija de 16 A del cable de alimentación principal de la consola en el conector correspondiente de la parte posterior del equipo (toma de 220 VAC 3 FASES + T).
- 3°. Proceda activar el interruptor principal (S1).
- 4°. Verificar que el breaker de 40 A (Q1) este en posición ON.
- 5°. Comprobar que el pulsado tipo hongo de parada de emergencia este en posición desbloqueado (girar y alar el hongo).
- 6°. Pulsar la botonera de marcha (P1) para enclavar el contactor principal (KMO).
- 7°. Verificar que la lámpara luz piloto (LAM1) este encendida, confirmando que la consola esta energizada.
- 8°. Proceda a realizar los ensayos pertinentes en base a los diagramas que se adjunta.

9°. En casos de situación de emergencia, pulsar el hongo de emergencia (H1) de color rojo, bloqueando el paso de la energía eléctrica del circuito de control y fuerza.

10°. Finalizado los ensayos, proceda a desactivar el sistema eléctrico; pulse el hongo de paro de emergencia (H1), gire el interruptor (S1) posición OFF, desconecte la clavija.

5.2. ENSAYOS EXPERIMENTALES.

El modulo didáctico para ensayos de métodos de arranque de un motor trifásico de inducción, puede ejecutar un sin números de prácticas, donde el estudiantes aplique su creatividad e interés para relacionar experiencias a nivel industrial.

Se realizarán los siguientes arranques:

- Arranque directo.
- Arranque directo con inversión de giro y bloqueo eléctrico.
- Arranque directo con retardo a la desconexión.
- Arranque directo con inversión de giro controlado por 2 pulsadores y bloqueo por contactos.
- Arranque directo con inversión de giro y mando temporizado.
- Arranque a tensión reducida en dos etapa (alto voltaje Y / bajo voltaje YY).
- Arranque a tensión reducida en dos etapas (alto voltaje Y / bajo voltaje YY) con inversión de giro temporizado.

-
- Puesta en marcha del sistema de gestión de motores SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.
 - Arranque directo con el sistema de SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.
 - Arranque directo con inversión de giro, con el sistema de SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.

Para ello se tendrán en cuenta los esquemas eléctricos del circuito de fuerza y de control que se representan en los ensayo y se realizará el montaje en cada caso. Antes de iniciar el montaje y durante el montaje del circuito de fuerza y de control se debe comprobar que la alimentación eléctrica está desconectada.

Al final se extraerán las conclusiones y toma de datos de voltaje y corriente pertinentes al arranque de cada uno de los ensayos.

A continuación se detalla el desarrollo de cada una de los ensayos:

ENSAYO No. 1: Arranque directo del motor trifásico de inducción, mediante contactor, pulsador de (marcha – paro), relé térmico y luz piloto.

➤ **Objetivo:**

Ensamblar las conexiones eléctricas para el arranque directo del motor trifásico de inducción y determinar los parámetros de arranque, trabajando el motor directamente a la red eléctrica.

➤ **Equipos:**

- Módulo de didáctico para el arranque del motor de 5 KW.
- Equipos de medición de corriente y voltaje.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

Se debe cablear el circuito de control - fuerza como indica la figura del ensayo No. 1. Utilizando la salida de tensión de 220 Vac para el circuito de control con la bornera (J1 – J2) y el circuito de fuerza con la bornera (B2), procedemos a conectar un arranque directo típico, utilizando pulsadores de marcha y paro, contactor con enclavamiento.

➤ **Funcionamiento del circuito de fuerza:**

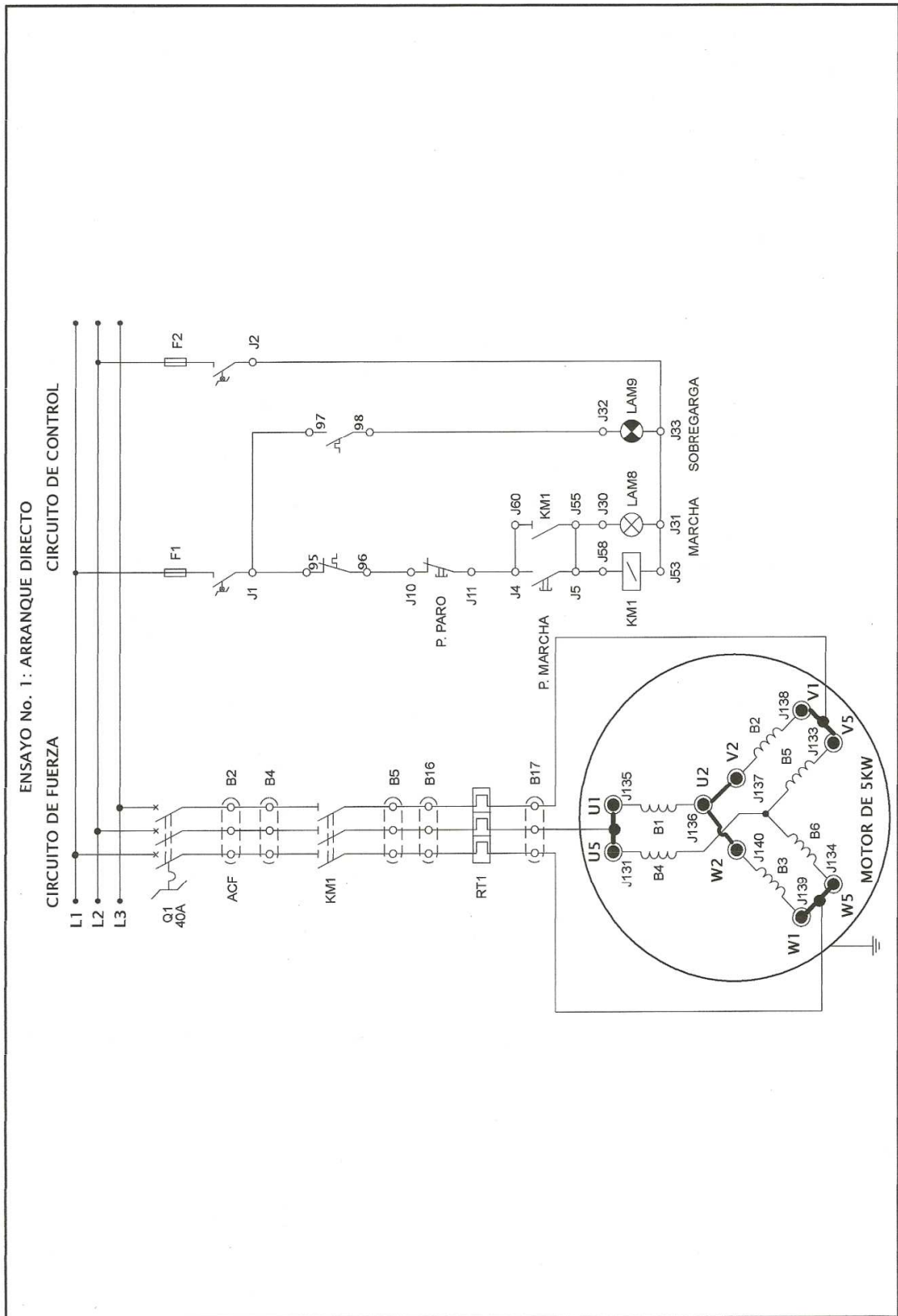
- Se cierra manualmente el seccionador Q1.
- Se cierra el contactor KM1, al presionar pulsador de marcha y arranca el motor.

➤ **Funcionamiento del circuito de mando:**

- Conexión (arranque); el pulsador de marcha aplica tensión a la bobina KM1, el contacto de auto retención cierra y el motor arranca.

-
- Desconexión (parada); El pulsador de parada abre el circuito auto retenido, los contactos se abren y el motor se detiene. Si en caso de presentar una sobrecarga el motor, se abre el contacto de la protección térmica (95 – 96), bloqueando el circuito de control hasta el restablecimiento manual del térmico.

➤ Diagrama eléctrico.



ENSAYO No. 2: Arranque directo con inversión de giro del motor trifásico y bloqueo eléctrico, mediante dos contactores, pulsadores de marcha – paro, relé térmico, luz piloto.

➤ **Objetivo:**

Ensamblar las conexiones eléctricas para el arranque directo con inversión de giro del motor trifásico de inducción y determinar los parámetros de arranque, trabajando el motor con giro hacia delante o inverso.

➤ **Equipos:**

- Módulo de didáctico para el arranque del motor de 5 KW con inversión de giro.
- Equipos de medición de corriente - voltaje.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

Se debe cablear el circuito de control - fuerza como indica la figura del ensayo No. 2. Utilizando la salida de tensión de 220 Vac para el circuito de control con la bornera (J1 – J2) y el circuito de fuerza con la bornera (B2), procedemos a conectar el arranque directo con inversión de giro, utilizando pulsadores de marcha y paro, controlando esta acción por medio de dos contactores con bloqueo eléctrico.

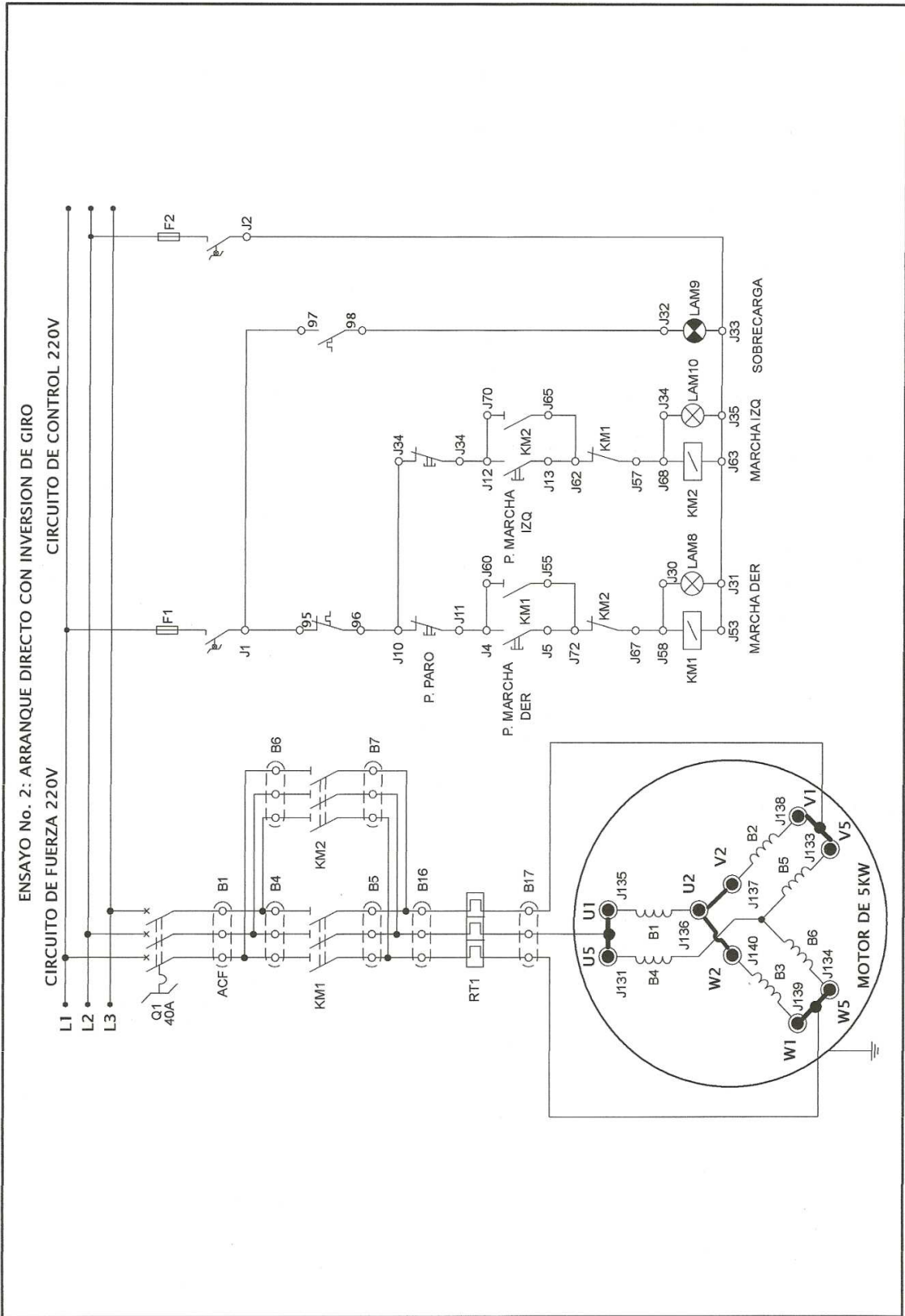
➤ **Funcionamiento del circuito de fuerza:**

- Se cierra manualmente el seccionador Q1.
- Se acciona el contactor KM1, al presionar pulsador de marcha derecha y arranca el motor con giro hacia la derecha.
- Se acciona el contactor KM2, al presionar pulsador de marcha izquierda y arranca el motor con giro hacia la izquierda.

➤ **Funcionamiento del circuito de mando:**

- Conexión arranque 1; el pulsador de marcha derecha aplica tensión a la bobina KM1, el contacto de auto retención cierra y el motor arranca con giro hacia la derecha, bloqueando automáticamente el arranque del motor en marcha izquierda. Indicando su funcionamiento con la luz piloto.
- Conexión arranque 2; el pulsador de marcha izquierda aplica tensión a la bobina KM2, el contacto de auto retención cierra y el motor arranca con giro hacia la izquierda, bloqueando automáticamente el arranque del motor en marcha derecha. Indicando su funcionamiento con la luz piloto.
- Desconexión parada; El pulsador de paro abre el circuito de auto retención, los contactores KM1 y KM2 se abren e interrumpiendo la marcha del motor. Si en caso de presentar una sobrecarga el motor, se abre el contacto de protección térmica (95 – 96), bloqueando el circuito de control hasta el restablecimiento manual del térmico.

➤ Diagrama eléctrico.



ENSAYO No. 3: Arranque directo con retardo a la desconexión del motor trifásico de inducción, mediante relé temporizadores, contactor, pulsador de marcha –paro, relé térmico y luz piloto.

➤ **Objetivo:**

Ensamblar las conexiones eléctricas para el arranque directo con retardo a la desconexión del motor trifásico de inducción, determinar los parámetros de arranque y controlar la interrupción de trabajo en un intervalo de tiempo.

➤ **Equipos:**

- Módulo de didáctico para el arranque del motor de 5 KW con retardo a la desconexión.
- Equipos de medición de corriente - voltaje.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

Se debe cablear el circuito de control - fuerza como indica la figura del ensayo No. 3. Utilizando la salida de tensión de 220Vac para el circuito de control con la bornera (J1 – J2) y el circuito de fuerza con la bornera (B2), procedemos a conectar el arranque directo con retardo a la desconexión, utilizando pulsadores de marcha y paro, controlado por medio de temporizadores la parada del motor en un intervalo de tiempo.

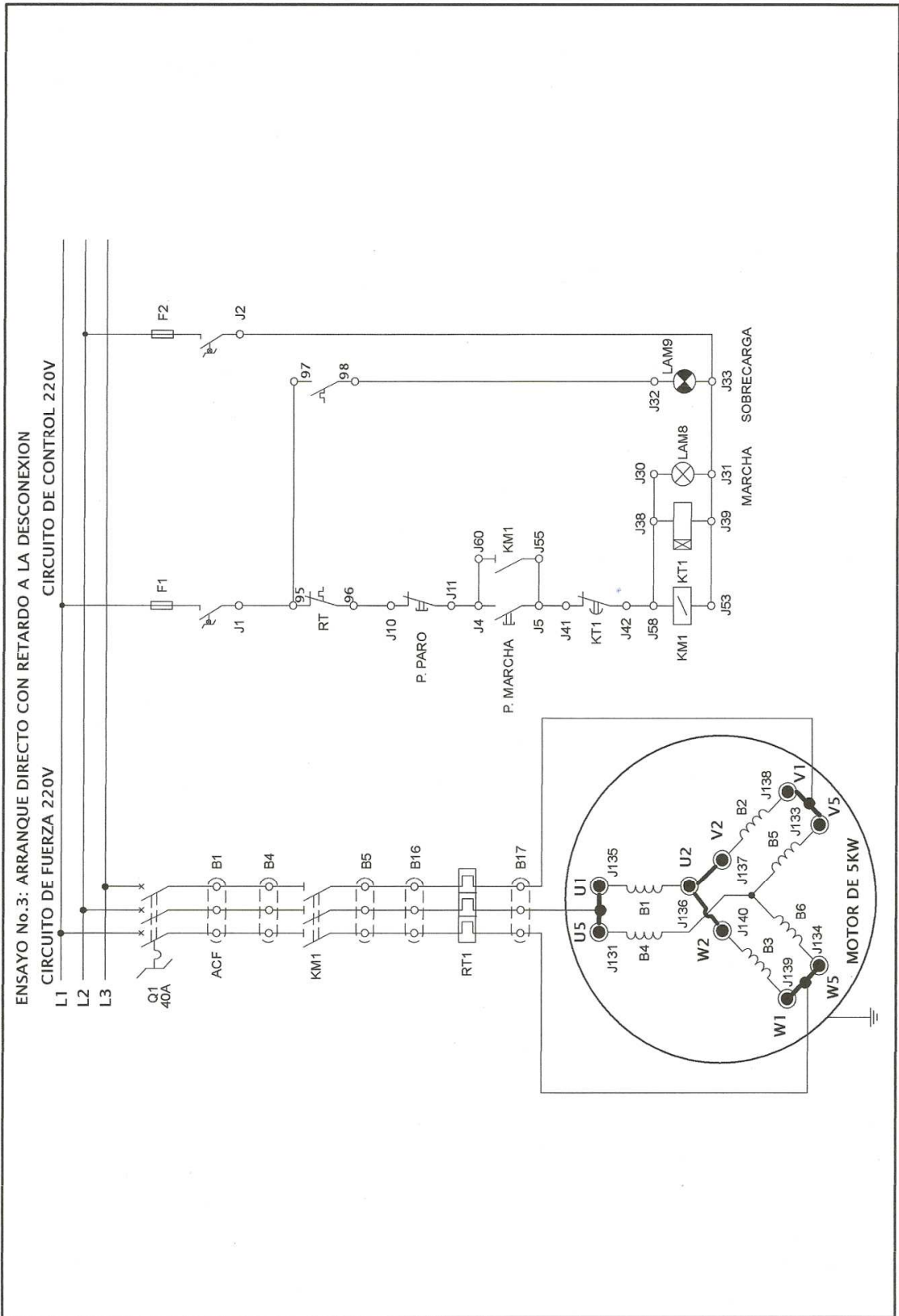
➤ **Funcionamiento del circuito de fuerza:**

- Se cierra manualmente el seccionador Q1.
- Se acciona el contactor KM1, al presionar pulsador de marcha y después de un intervalo de tiempo se detiene el motor.

➤ **Funcionamiento del circuito de mando:**

- Conexión arranque y parada; El pulsador de marcha aplica tensión a través del contacto cerrado KT1 del temporizador hacia la bobina KM1, el contacto de auto retención cierra y el motor arranca. El temporizador KT1 cumple su intervalo de tiempo, desconecta la bobina KM1 y se detiene el motor. La luz piloto verde indicando el funcionamiento del motor.
- Desconexión parada; El pulsador de paro abre el circuito de auto retención, el contactor KM1 se desconecta e interrumpiendo la marcha del motor. Si en caso de presentar una sobrecarga el motor, se abre el contacto de protección térmica (95 – 96), bloqueando el circuito de control hasta el restablecimiento manual del térmico.

➤ Diagrama eléctrico.



ENSAYO No. 4: Arranque directo con inversión de giro controlado por 2 pulsadores y bloqueo por contactos auxiliares del motor trifásico de inducción, mediante dos contactores, dos pulsador de marcha – paro, relé térmico y luz piloto.

➤ **Objetivo:**

Ensamblar las conexiones eléctricas para el arranque directo con inversión de giro controlado por pulsadores y bloqueo por contactos del motor trifásico de inducción, determinar los parámetros de arranque.

➤ **Equipos:**

- Módulo de didáctico para el arranque del motor de 5 KW con retardo a la desconexión.
- Equipos de medición de corriente - voltaje.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

Se debe cablear el circuito de control - fuerza como indica la figura del ensayo No. 4. Utilizando la salida de tensión de 220 Vac para el circuito de control con la bornera (J1 – J2) y el circuito de fuerza con la bornera (B2), procedemos a conectar el arranque directo con inversión de giro controlado por pulsadores y bloqueo por contactos para marcha derecha e izquierda.

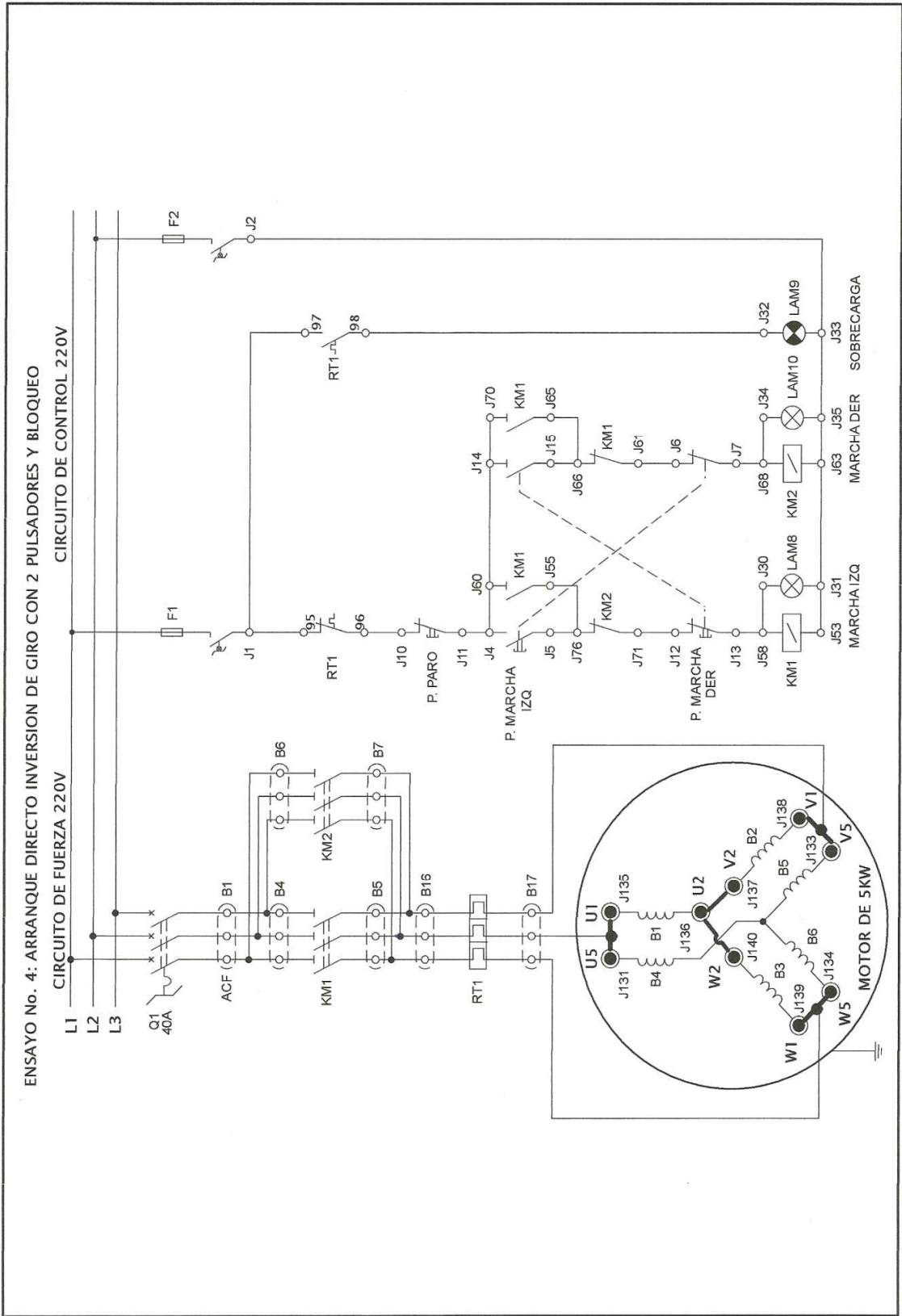
➤ **Funcionamiento del circuito de fuerza:**

- Se cierra manualmente el seccionador Q1.
- Se acciona el contactor KM1, al presionar pulsador de marcha derecha y arranca el motor con giro hacia la derecha.
- Se acciona el contactor KM2, al presionar pulsador de marcha izquierda y arranca el motor con giro hacia la izquierda.

➤ **Funcionamiento del circuito de mando:**

- Conexión arranque 1; El pulsador de marcha derecha aplica tensión a la bobina KM1, el contacto de auto retención cierra y el motor arranca con giro hacia la derecha, el contacto cerrado del pulsadores marcha bloquea automáticamente el arranque del motor en marcha izquierda. La luz piloto verde indicando el funcionamiento en curso.
- Conexión arranque 2; El pulsador de marcha izquierda aplica tensión a la bobina KM2, el contacto de auto retención cierra y el motor arranca con giro hacia la izquierda, el contacto cerrado del pulsadores marcha bloquea automáticamente el arranque del motor en marcha derecha. La luz piloto indicando su funcionamiento en curso.
- Desconexión parada; El pulsador de paro abre el circuito de auto retención, los contactores KM1 y KM2 se abren e interrumpiendo la marcha del motor. Si en caso de presentar una sobrecarga el motor, se abre el contacto de protección térmica (95 – 96), bloqueando el circuito de control hasta el restablecimiento manual del térmico.

➤ Diagrama eléctrico.



ENSAYO No. 5: Arranque directo con inversión de giro y mando temporizado del motor trifásico de inducción, mediante relé temporizador, cuatro contactores, dos pulsadores de marcha, un pulsador de paro, relé térmico y luz piloto.

➤ **Objetivo:**

Ensamblar las conexiones eléctricas para el arranque directo con inversión de giro por mando temporizado del motor trifásico de inducción, determinar los parámetros de arranque y controlar la conexión por intervalo de tiempo.

➤ **Equipos:**

- Módulo de didáctico para el arranque del motor de 5 KW con inversión de giro controlado por temporizadores la conexión.
- Equipos de medición de corriente - voltaje.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

Se debe cablear el circuito de control - fuerza como indica la figura del ensayo No. 4. Utilizando la salida de tensión de 220 Vac para el circuito de control con la bornera (J1 – J2) y el circuito de fuerza con la bornera (B2), procedemos a conectar el arranque directo con inversión de giro controlado por temporizadores a la conexión y bloqueo por contactos para marcha derecha e izquierda.

➤ **Funcionamiento del circuito de fuerza:**

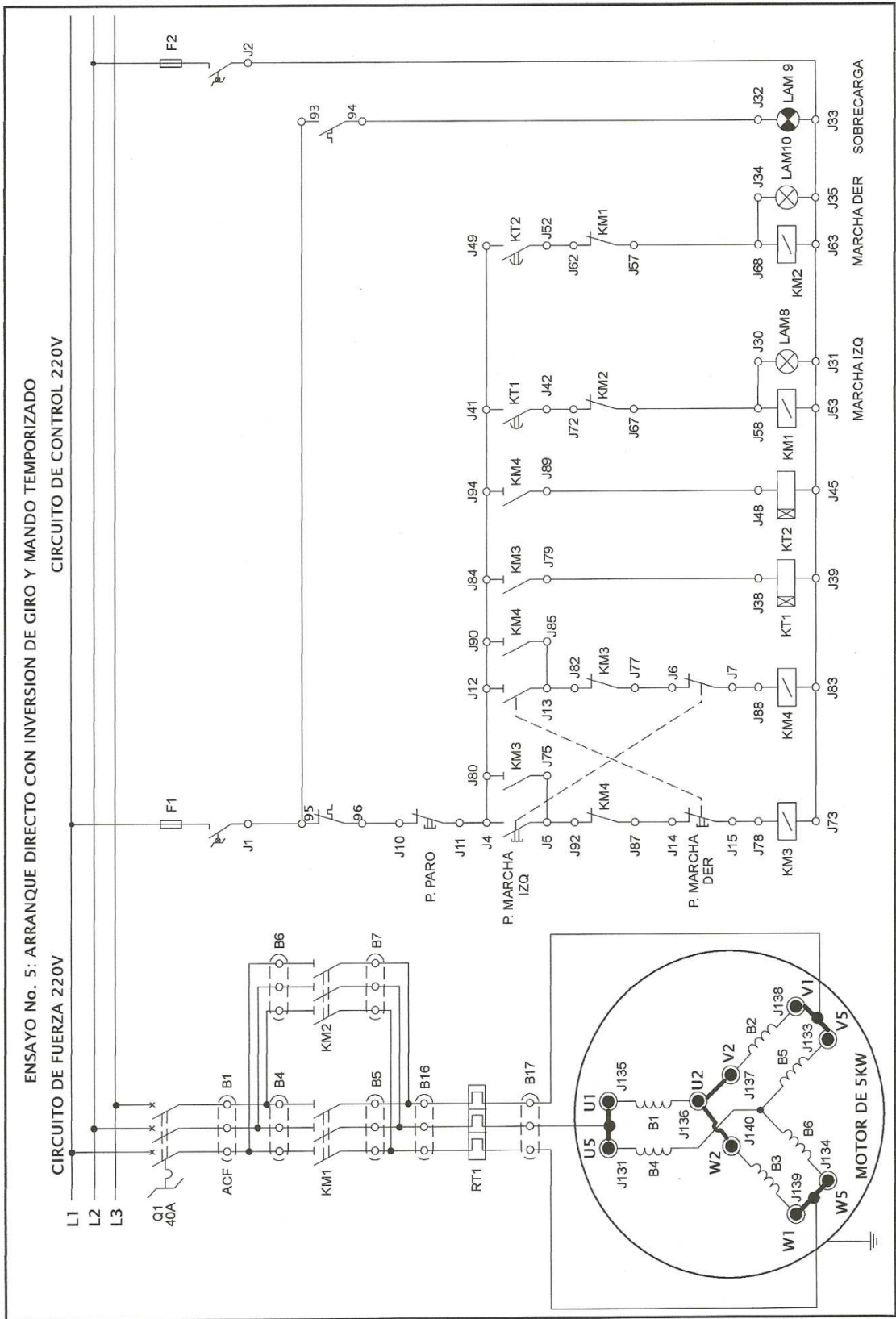
- Se cierra manualmente el seccionador Q1.
- Se acciona el contactor KM1, al presionar pulsador de marcha derecha, después de un intervalo de tiempo el motor arranca con giro hacia la derecha.

-
- Se acciona el contactor KM2, al presionar pulsador de marcha derecha, después de un intervalo de tiempo el motor arranca con giro hacia la derecha.

➤ **Funcionamiento del circuito de mando:**

- Conexión arranque 1; El pulsador de marcha derecha aplica tensión a la bobina KM1, el contacto de auto retención cierra y el motor arranca con giro hacia la derecha, el contacto cerrado del pulsadores marcha bloquea automáticamente el arranque del motor en marcha izquierda. La luz piloto verde indicando el funcionamiento en curso.
- Conexión arranque 2; El pulsador de marcha izquierda aplica tensión a la bobina KM2, el contacto de auto retención cierra y el motor arranca con giro hacia la izquierda, el contacto cerrado del pulsadores marcha bloquea automáticamente el arranque del motor en marcha derecha. La luz piloto indicando su funcionamiento en curso.
- Desconexión parada; El pulsador de paro abre el circuito de auto retención, los contactores KM1 y KM2 se abren e interrumpiendo la marcha del motor. Si en caso de presentar una sobrecarga el motor, se abre el contacto de protección térmica (95 – 96), bloqueando el circuito de control hasta el restablecimiento manual del térmico.

➤ Diagrama eléctrico.



ENSAYO No. 6: Arranque a tensión reducida en dos etapas (alto voltaje Y / bajo voltaje YY) del motor trifásico de inducción, mediante relé temporizador, cuatro contactores, pulsadores de marcha - paro, relé térmico y luz piloto.

➤ **Objetivo:**

Ensamblar las conexiones eléctricas para el arranque a tensión reducida en dos etapas controlado por mando temporizado del motor trifásico de inducción y determinar los parámetros de arranque.

➤ **Equipos:**

- Módulo de didáctico para el arranque del motor de 5 KW a tensión reducida en dos etapas controlado por mando temporizado.
- Equipos de medición de corriente - voltaje.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

Se debe cablear el circuito de control - fuerza como indica la figura del ensayo No. 4. Utilizando la salida de tensión de 220 Vac para el circuito de control con la bornera (J1 – J2) y el circuito de fuerza con la bornera (B2), procedemos a conectar el arranque a tensión reducida controlado por mando temporizado y bloqueo eléctrico.

➤ **Funcionamiento del circuito de fuerza:**

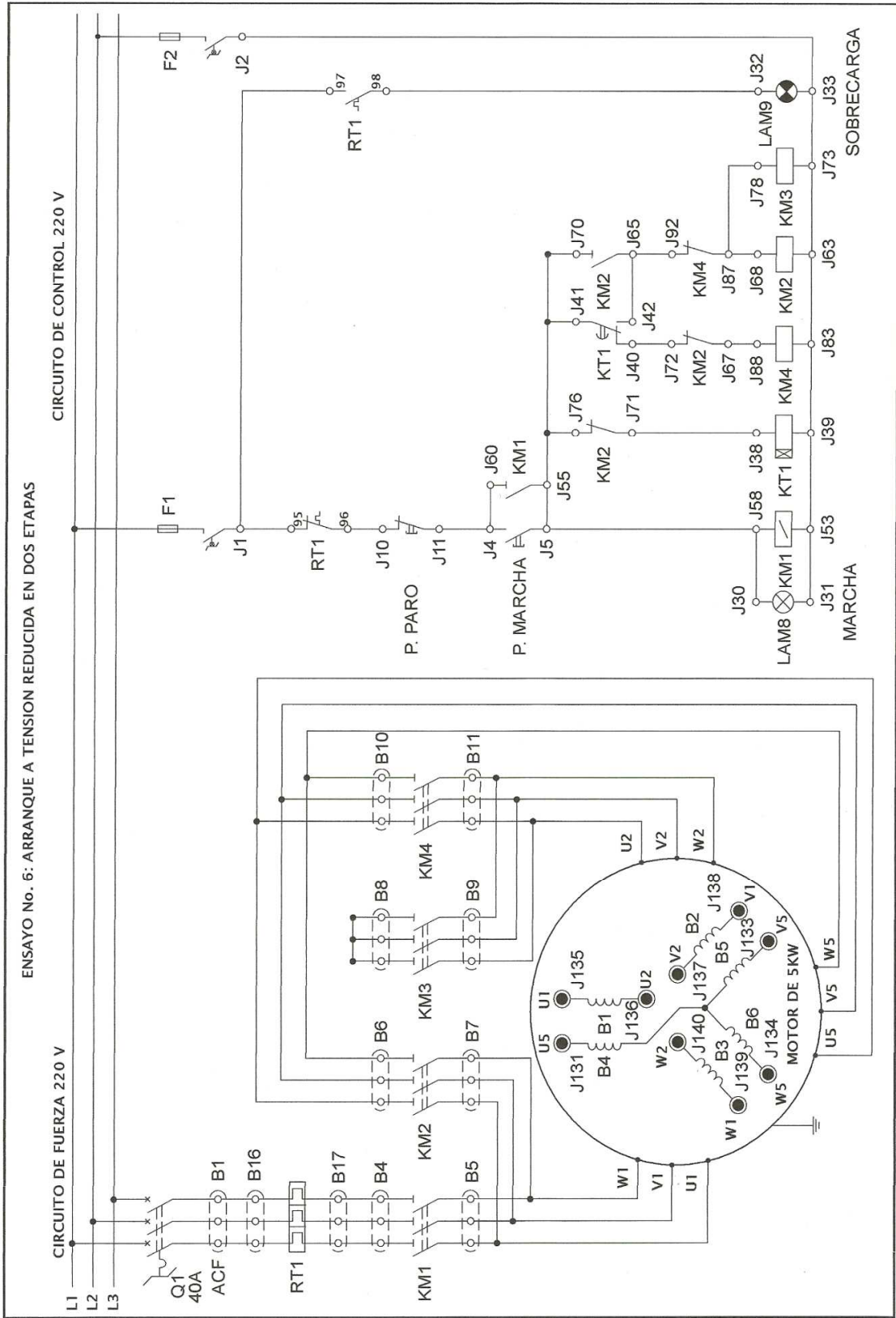
- Se cierra manualmente el seccionador Q1.
- Se acciona el contactor KM1 – KM4 con el pulsador de marcha, acoplando los devanados en conexión estrella (Y) con dos bobinas en serie en cada línea de la red eléctrica, el motor arranca a tensión reducida.
- El contactor KM1 continua accionado, después de un intervalo de tiempo se acciona los contactores KM2 – KM3, desacoplando los devanados en

serie y conectándolos en paralelo, el motor arranca a tensión nominal conexión triángulo (Y).

➤ **Funcionamiento del circuito de mando:**

- Conexión arranque 1 etapa; El pulsador de marcha aplica tensión a los contactores bobinas KM1 – KM4, el contacto de KM1 de auto retención cierra, los devanados del motor se acoplan en conexión triángulo (Y) con dos bobina en serie en cada línea de la red, el motor arranca a tensión reducida.
- Conexión arranque 2 etapa; Después de un intervalo de tiempo el temporizador KT1 aplica tensión a los contactores bobinas KM2 – KM3, el contacto KM2 de auto retención cierra, automáticamente se desconectan el contactor KM4, los devanados del motor se acopla en conexión triángulo (Y) con dos bobinas en paralelo en cada línea de la red eléctrica, el motor arranca a tensión nominal 220 VAC. La luz piloto verde indica el funcionamiento en curso.
- Desconexión parada; El pulsador de paro abre el circuito de auto retención, los contactos KM1 y KM2 se abren e interrumpiendo la marcha del motor. Si en caso de presentar una sobrecarga el motor, se abre el contacto de protección térmica (95 – 96), bloqueando el circuito de control hasta el restablecimiento manual del térmico.

➤ Diagrama eléctrico.



ENSAYO No. 7: Arranque a tensión reducida en dos etapas (alto voltaje Y / bajo voltaje YY) con inversión de giro temporizado del motor trifásico de inducción, mediante tres contactores, pulsadores de marcha - paro, relé temporizador, relé térmico y luz piloto.

➤ **Objetivo:**

Ensamblar las conexiones eléctricas para el arranque a tensión reducida en dos etapas con inversión de giro temporizado del motor trifásico de inducción y determinar los parámetros de arranque.

➤ **Equipos:**

- Módulo de didáctico para el arranque del motor de 5 KW a tensión reducida en dos etapas con inversión de giro temporizado.
- Equipos de medición de corriente - voltaje.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

Se debe cablear el circuito de control - fuerza como indica la figura del ensayo No. 7. Utilizando la salida de tensión de 220 Vac para el circuito de control con la bornera (J1 – J2) y el circuito de fuerza con la bornera (B2), procedemos a conectar el arranque a tensión reducida con inversión de giro temporizado y bloqueo eléctrico.

➤ **Funcionamiento del circuito de fuerza:**

- Se cierra manualmente el seccionador Q1.
- Se acciona el contactor KM1 – KM5 con el pulsador de marcha izquierda, se acopla los devanados en conexión estrella (Y) con dos bobinas en serie en cada línea de la red eléctrica, el motor arranca a tensión reducida con giro hacia la izquierda.

-
- El contactor KM1 continua accionado, después de un intervalo de tiempo se acciona los contactores KM3 – KM4, desacoplando los devanados en serie y conectándolos en paralelo, el motor arranca a tensión nominal conexión triángulo (Y).
 - El contactor KM2 cambia de giro al motor y se repite el procedimiento anterior.

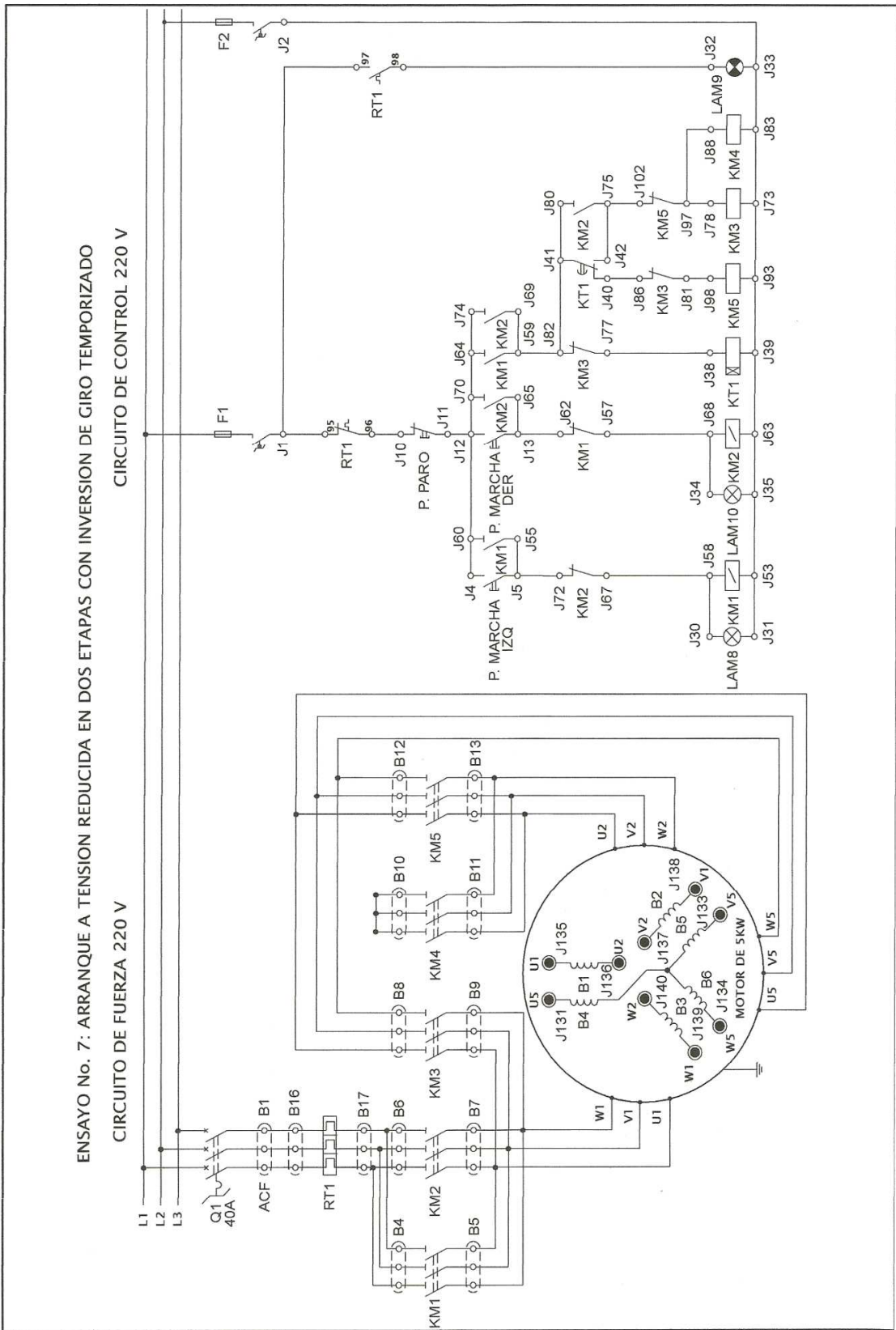
➤ **Funcionamiento del circuito de mando:**

➤ Conexión arranque 1 etapa; El pulsador de marcha aplica tensión a los contactores bobinas KM1 – KM4, el contacto de KM1 de autoretención cierra, los devanados del motor se acoplan en conexión triángulo (Y) con dos bobina en serie en cada línea de la red, el motor arranca a tensión reducida.

➤ Conexión arranque 2 etapa; Después de un intervalo de tiempo el temporizador KT1 aplica tensión a los contactores bobinas KM2 – KM3, el contacto KM2 de autoretención cierra, automáticamente se desconectan el contactor KM4, los devanados del motor se acopla en conexión triángulo (Y) con dos bobinas en paralelo en cada línea de la red eléctrica, el motor arranca a tensión nominal 220 VAC. La luz piloto verde indica el funcionamiento en curso.

➤ Desconexión parada; El pulsador de paro abre el circuito de autoretención, los contactos KM1 y KM2 se abren e interrumpiendo la marcha del motor. Si en caso de presentar una sobrecarga el motor, se abre el contacto de protección térmica (95 – 96), bloqueando el circuito de control hasta el restablecimiento manual del térmico.

➤ Diagrama eléctrico.



ENSAYO No. 8: Puesta en marcha del sistema de gestión de motores SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.

➤ **Consignas de seguridad.**

- **Advertencia.**



¡Tensión peligrosa! Puede causar electrocución y quemaduras.

Desconecte la alimentación eléctrica antes de trabajar en el equipo.

- **Atención.**

Observe las informaciones en las instrucciones de servicio de puesta en marcha de los equipos a utilizar.

➤ **Objetivo:**

- Determinar la configuración de la puesta en marcha del sistema de gestión de motores SIMOCODE PRO V, el cambio de componentes y la lectura de datos estadísticos.

➤ **Requisitos o equipos:**

- SIMOCODE PRO V debe estar montado y cableado con sus respectivos borneros de conexión.
- El motor debe de estar desconectado.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

- Efectuar el cableado para la alimentación de 220 V de la unidad base SIMOCODE PRO V. Véase diagrama de conexión de los circuito de control a continuación:

➤ **Indicaciones para la parametrización de la unidad base:**

SIMOCODE PRO V se puede parametrizar de la siguiente forma:

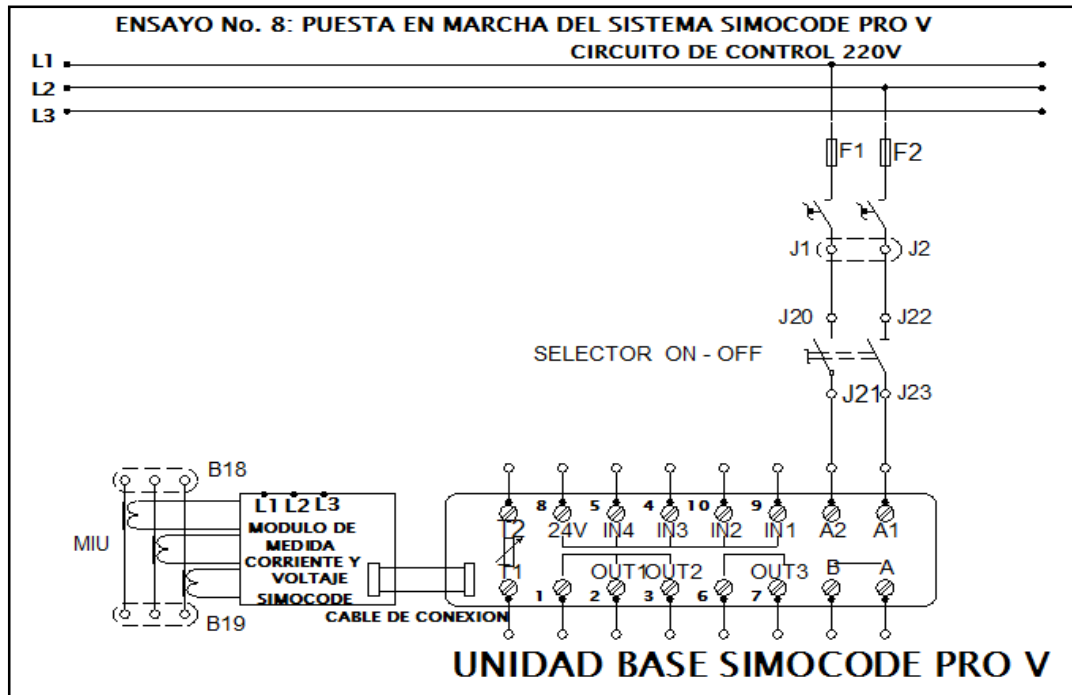
- El módulo de memoria tiene guardados los parámetros de una unidad base; el módulo de memoria se conecta a la interfaz de sistema. Una vez conectado el módulo de memoria a la interfaz de sistema y restablecida la tensión de alimentación a la unidad base, el módulo de memoria parametriza automáticamente la unidad base. Los parámetros también se pueden descargar del módulo de memoria a la unidad base pulsando brevemente la tecla Test/Reset.
- Con el software SIMOCODE ES a través de la interfaz serial: el PC/unidad de programación se conecta a la interfaz de sistema con el cable de PC.

➤ **Opciones para la puesta en marcha:**

Para la puesta en marcha hay dos opciones:

1. Estado habitual: SIMOCODE PRO V no ha sido parametrizado y presenta el ajuste de fábrica: al conectarlo al PROFIBUS DP, el LED "Bus" parpadea en verde, siempre y cuando esté conectado un maestro DP.
2. SIMOCODE PRO V ya ha sido parametrizado: los parámetros han sido cargados previamente a la unidad base, aún existen parámetros de una aplicación anterior (verifique si los parámetros son adecuados para la nueva aplicación, por ejemplo la intensidad de ajuste) (De ser necesario, modifíquelos).

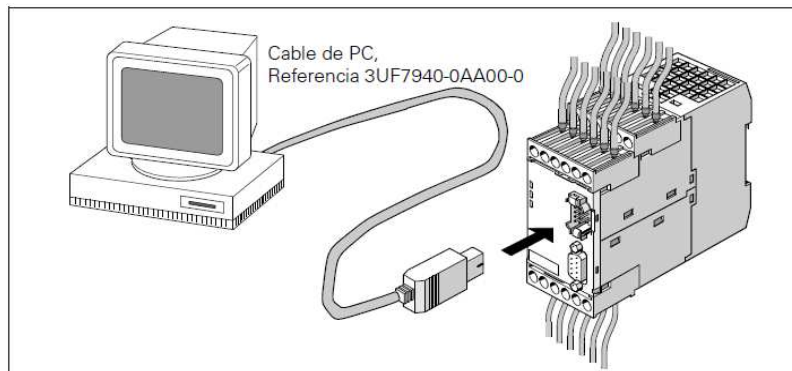
➤ Puesta en marcha:



- Para poner en marcha SIMOCODE PRO V, proceda de la siguiente manera:

Paso	Descripción
1	<p>Conecte la tensión de alimentación. Si no hay falla, los siguientes LEDs deben alumbrar o parpadear en verde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Device" (alumbra) • "Bus" con el PROFIBUS DP conectado (alumbra o bien parpadea). <p>Continúe con el paso 2.</p> <p>De lo contrario, efectúe un diagnóstico a través de los indicadores LED. Encontrará información adicional en el Capítulo 14.2.3 "Diagnóstico a través de los indicadores LED". Intente eliminar la falla.</p>
2	<p>Si desea que SIMOCODE pro esté disponible en PROFIBUS DP, ajuste la dirección PROFIBUS DP. Encontrará información adicional en el Capítulo "Configuración de la dirección PROFIBUS DP" en la página 14-4.</p>
3	<p>Parametrice SIMOCODE pro o verifique la parametrización existente, por ejemplo con un PC que tenga instalado el software SIMOCODE ES. Para ello, conecte el PC/unidad de programación a la interfaz de sistema con el cable de PC (véase la figura inferior)</p> <p>Atención ¡En la unidad base 1 (SIMOCODE pro C) utilice solamente la interfaz de sistema en la parte frontal!</p>
4	<p>Inicie SIMOCODE ES.</p>

- Figura puesta en marcha conexión de un PC a la unidad base.



- Configuración de la dirección PROFIBUS DP con el conector de direccionamiento.

Nota

Este ajuste no se puede llevar a cabo si la tecla Test/Reset ha sido bloqueada.

Proceda de la siguiente manera:

Paso	Descripción
1	Ajuste la dirección válida deseada en el selector codificador. Los interruptores están numerados. Por ejemplo, dirección 21: Lleve el interruptor "16"+"4"+"1" a la "Posición CON".
2	Enchufe el conector de direccionamiento en la interfaz de sistema. El LED "Device" alumbra en amarillo.
3	Pulse brevemente la tecla Test/Reset. La dirección ajustada será aceptada. El LED "Device" parpadea amarillo por 3 segundos aprox.
4	Desenchufe el conector de direccionamiento de la interfaz de sistema.

- Configuración de la dirección PROFIBUS DP con SIMOCODE ES.

Paso	Descripción
1	Conecte el cable de PC en la interfaz de sistema.
2	Inicie SIMOCODE ES.
3	Abra el menú Aparato de maniobra > Abrir online.
4	Seleccione RS232 y la interfaz COM correspondiente. Confirme con OK.
5	Abra el cuadro de diálogo Parámetros del equipo > Parámetros de bus.
6	Seleccione la dirección DP.
7	Guarde los datos en la unidad base con Sistema de destino > Cargar en aparato de maniobra. Con ello, queda ajustada la dirección.

- Diagnóstico a través de los indicadores LED; Las unidades base y el módulo de mando disponen de tres LEDs que indican determinados estados del aparato:

LED	Estado	Indicación	Descripción	Medida en caso de falla
Device	Estado del aparato	verde	Unidad lista para el servicio	—
		verde - centelleo	Falla interna	Envíe de vuelta la unidad base
		amarillo	Módulo de memoria o conector de direccionamiento ha sido reconocido, teclas T/R controlan módulo de memoria o conector de direccionamiento	—
		amarillo - parpadeo	Módulo de memoria/conector de direccionamiento ha sido leído; ajuste de fábrica realizado (duración: 3 s)	—
		amarillo - centelleo	Módulo de memoria ha sido programado (duración: 3 s)	—
		rojo	Parametrización errónea (también Gen. Fault CON)	Parametrice nuevamente y desconecte/reconecte la tensión de control
			Unidad base defectuosa (también Gen. Fault CON)	¡Reemplace la unidad base!
		rojo - parpadeo	Módulo de memoria, conector de direccionamiento, módulos de ampliación defectuosos (también Gen. Fault CON - parpadeo)	Programa nuevamente o sustituya el módulo de memoria, sustituya los módulos de ampliación
DES	Tensión de alimentación demasiado baja	Verifique si la tensión de alimentación está cableada y conectada		
Bus	Estado de bus	DES	Bus no conectado o falla de bus	Conecte el bus o verifique los parámetros de bus
		verde - parpadeo	Velocidad de transmisión reconocida/comunicación con PC/ unidad de programación	—
		verde	Comunicación con PLC/PCS	—
Gen. Fault	Estado de falla	rojo	Falla pendiente; Reset guardado	Eliminar falla, p. ej. sobrecarga
		rojo - parpadeo	Falla pendiente; Reset no ha sido guardado	Eliminar falla, p. ej. sobrecarga
		DES	Ninguna falla	—

➤ **Mantenimiento preventivo del sistema SIMOCODE PRO V:**

El mantenimiento preventivo es una medida muy importante para evitar fallas y gastos adicionales. Las plantas industriales requieren regularmente mantenimiento a través de personal calificado para evitar, p. ej., pérdidas de producción debido a tiempos de parada de la planta. El mantenimiento preventivo garantiza que los componentes funcionen siempre correctamente.

- Lectura de los datos estadísticos; SIMOCODE pro pone a disposición datos estadísticos, éstos se pueden leer p. ej. con SIMOCODE ES en Sistema de destino > Datos de servicio/Datos estadísticos. A través de "Horas de funcionamiento del motor" y "Número de arranques", por ejemplo, se puede determinar si se debe cambiar el motor o los contactores de motor.

Section	Parameter	Value	Unit
Motor	Motor Operating Hours	1245	h
	Number of Overload Trips	30	
	Number of Starts	400	
	Permissible Starts - Actual Value	0	
	Motor Stop Time	0	h
	Consumed Energy	0	kWh
Basic Unit	Device Operating Hours	0	h
	Number of Parameterizations	0	
Timer	Timer 1 - Actual Value	0	s
	Timer 2 - Actual Value	0	s
	Timer 3 - Actual Value	0	s
	Timer 4 - Actual Value	0	s
Counter	Counter 1 - Actual Value	0	
	Counter 2 - Actual Value	0	
	Counter 3 - Actual Value	0	
	Counter 4 - Actual Value	0	
Calculation modules	Calculation module 1 - output	0	
	Calculation module 2 - output	0	

ENSAYO No. 9: Arranque directo del motor trifásico con el sistema de SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.

➤ **Objetivo:**

- Mostrar como efectuar la conexión de las diferentes funciones de mando con SIMOCODE PRO V en un arranque directo del motor de 5 kw.
- Determinar la configuración puesta de servicio del sistema SIMOCODE PRO V por medio de software.
- Detectar y subsanar errores en caso de una avería del motor.
- Determinar los parámetros de arranque del motor en vacío.

➤ **Requisitos o equipos:**

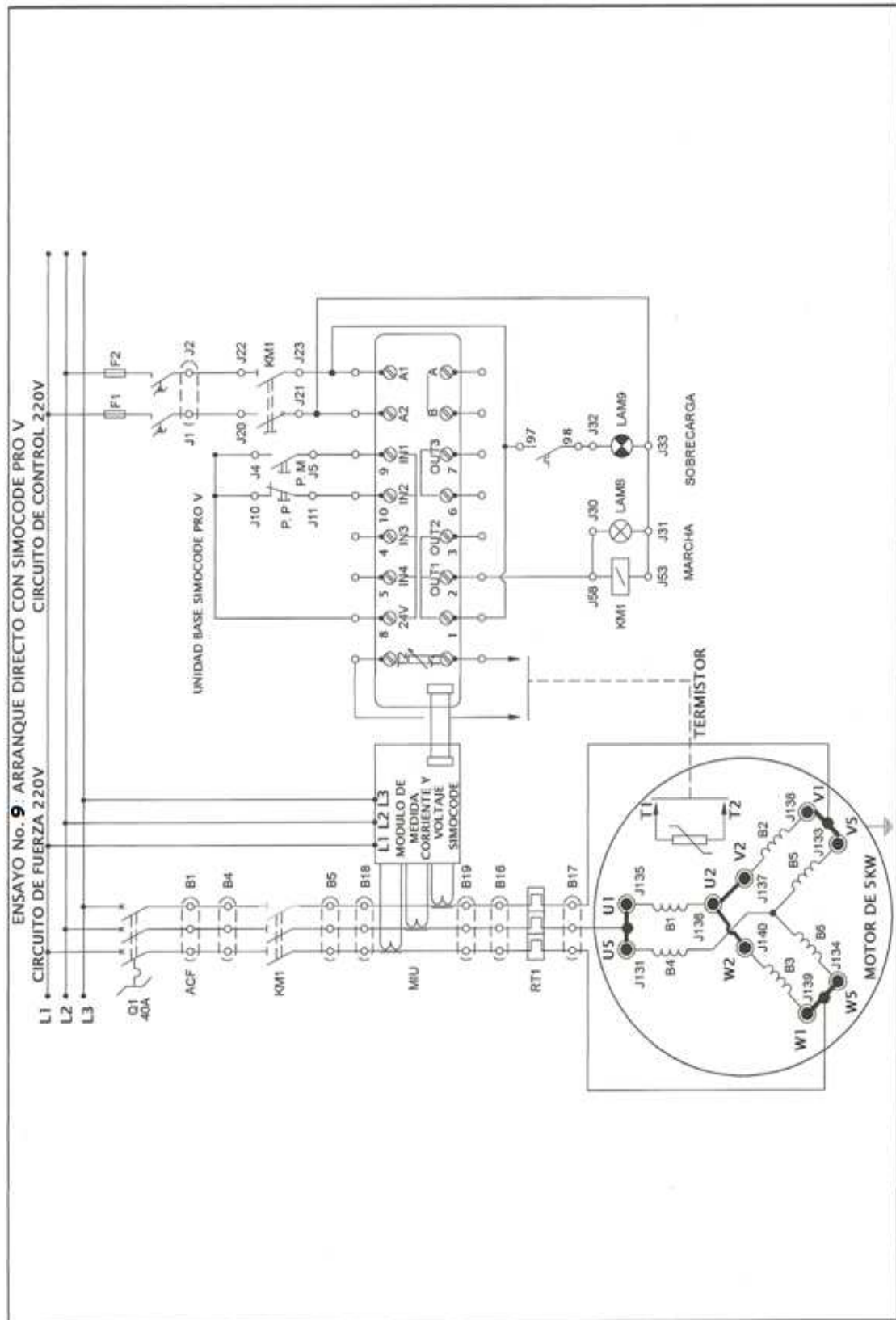
- Derivación a motor de 5 kw.
- Control PLC/PCS con interfaz PROFIBUS DP.
- Circuito principal cableado previamente.
- PC / unidad de programación disponible.
- El software SIMOCODE ES debe estar instalado.
- La unidad base debe tener el ajuste de fábrica. Para más información sobre cómo restablecer el ajuste de fábrica, remítase al apartado "Restablecimiento del ajuste de fábrica" en el manual SIMOCODE PRO V.
- Módulo de didáctico para el arranque del motor de 5 KW con el sistema de SIMOCODE PRO V.

-
- Equipos de medición de corriente - voltaje.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

- Efectuar el cableado externo (para el control y retro aviso de los aparatos de maniobra de corriente principal y de los aparatos de mando y señalización) (véase diagrama de conexión de los circuito de control y fuerza).
- Aplicar/activar las funciones internas de SIMOCODE PRO V, con control y evaluación de las entradas/salidas de SIMOCODE PRO (cableado interno de SIMOCODE PRO) (véanse los esquemas funcionales de circuitos con los bloques funcionales del editor gráfico del software de configuración "SIMOCODE ES").
- Configuración de los datos cíclicos de control y señalización para la comunicación de SIMOCODE pro con un PLC (véanse los esquemas funcionales de circuitos y las tablas "Asignación de datos cíclicos de control y señalización").

➤ Diagrama de conexión



➤ **Funcionamiento del circuito de fuerza:**

- Se cierra manualmente el seccionador Q1.
- Se acciona el contactor KM1 con el pulsador de marcha al dar la señal a la unidad base SIMOCODE PRO V y se activan las salidas, se acopla los devanados del motor en conexión estrella (Y) con las bobinas en paralelo de la red eléctrica, el motor arranca.
- Por medio del módulo de medición de corriente y voltaje, se toman lectura de la Intensidad en las fases 1, 2 y 3 e intensidad máxima en % para la protección del motor según el juste. Además se mide la tensión en las líneas 1, 2 y 3 en V; la potencia activa en W; la potencia aparente en VA; el factor de potencia en %; el desequilibrio de fases en %; y la secuencia de fases.
- La protección de motor y la protección por termistor son funciones independientes que cuando se activan a través de la función de mando, desconectan el motor.

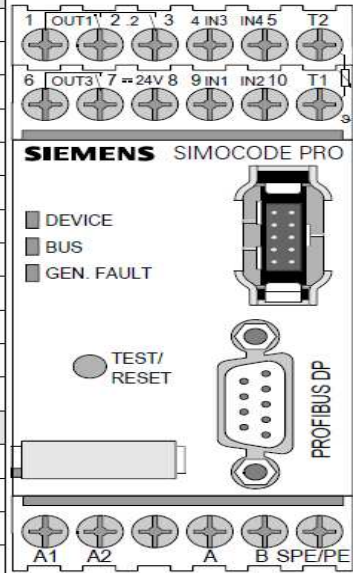
➤ **Funcionamiento del circuito de mando:**

- Arranque con "CON >" activa el mando por contactor interno QE1.
- Parada con "DES" desactiva el mando por contactor interno QE1.
- Los comandos de control se pueden transmitir desde cualquier estación de control a SIMOCODE pro (véase también la descripción "Estaciones de control"). Para ello, se deben conectar las entradas (conectores) a los conectores hembra correspondientes, preferiblemente a los conectores hembra "Comando de control habilitado".
- Cualquier aviso de falla desactivará el mando por contactor QE1.

➤ **Asignación de conexiones de la unidad base:**

La siguiente tabla muestra la asignación de los bornes desmontables:

Conexión	Asignación
Bornes superiores	
1	Conexión para salida por relé 1 y 2
2	Salida por relé OUT1
3	Salida por relé OUT2
4	Entrada digital IN3
5	Entrada digital IN4
T2	Conexión para termistor (PTC binario)
6	Salida por relé OUT3
7	Salida por relé OUT3
8	24 V CC sólo para IN1 a IN4
9	Entrada digital IN1
10	Entrada digital IN2
T1	Conexión para termistor (PTC binario)
Bornes inferiores	
A1	Tensión de alimentación conexión 1
A2	Tensión de alimentación conexión 2
A	PROFIBUS DP conexión A
B	PROFIBUS DP conexión B
SPE/PE	Pantalla/PE



ENSAYO No. 10: Arranque directo con inversión de giro del motor trifásico, con el sistema de SIMOCODE PRO V 3UF7 con capacidad de comunicación.

➤ **Objetivo:**

- Mostrar cómo efectuar en pocos pasos una maniobra estándar de conmutación de un arrancador-inversor utilizando SIMOCODE PRO V.
- Mostrar como modificar el ejemplo para que pueda utilizarlo en su aplicación.

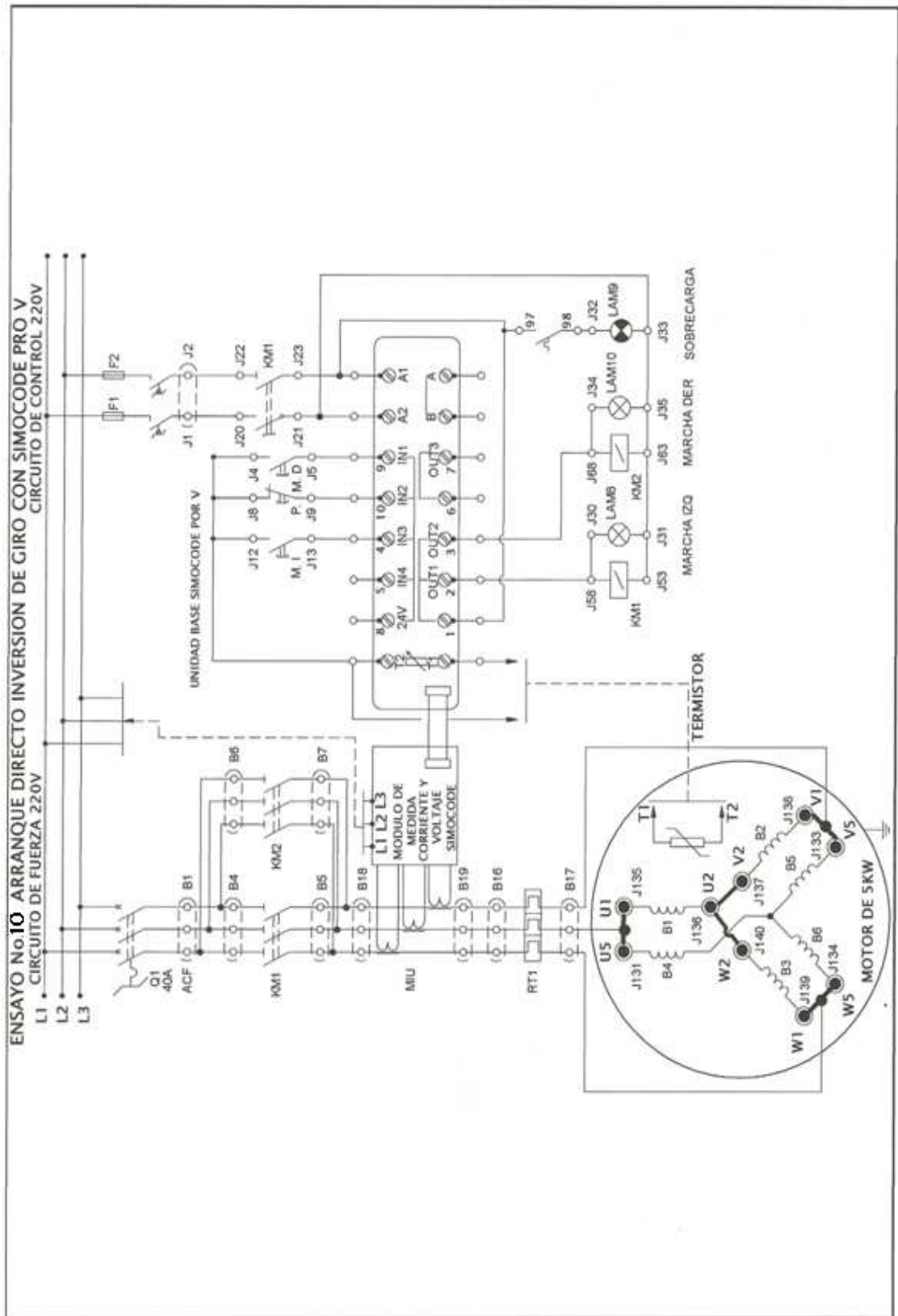
➤ **Requisito o equipos:**

- Derivación a motor de 5 KW.
- Control PLC/PCS con interfaz PROFIBUS DP.
- Para poder realizar la maniobra de inversión deben haber sido cableados previamente tanto el circuito principal como el módulo de medida de intensidad. Para ello, se deben introducir los 3 cables que van al motor a través de los orificios de paso del módulo de medida de intensidad.
- PC / unidad de programación disponible.
- El software SIMOCODE ES debe estar instalado.
- La unidad base debe tener el ajuste de fábrica.

➤ **Esquemas de conexión eléctrica:**

- Efectuar el cableado externo (para el control y retro aviso de los aparatos de maniobra de corriente principal y de los aparatos de mando y señalización).
- Aplicar/activar las funciones internas de SIMOCODE PRO V (bloques funcionales), con control y evaluación de las entradas/salidas de SIMOCODE pro (cableado interno de SIMOCODE pro).

➤ Diagrama eléctrico:

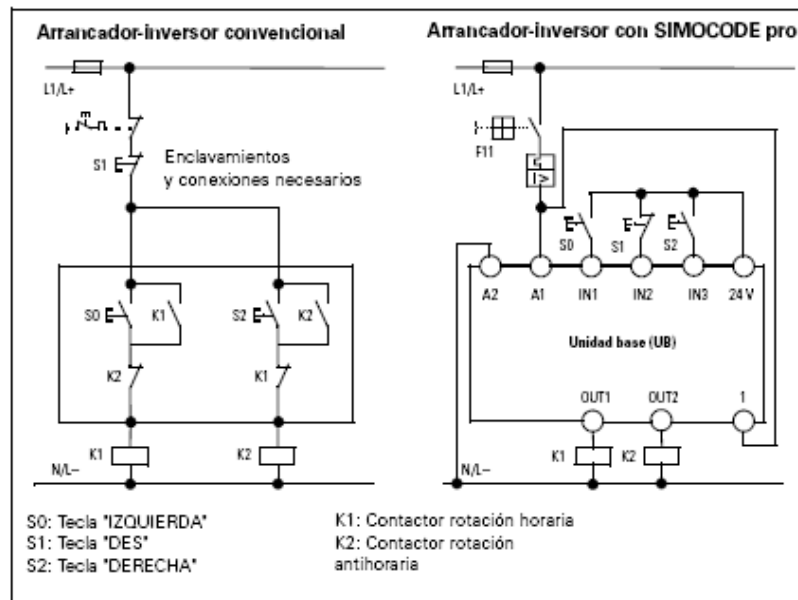


➤ **Comparación de un esquema de circuito convencional y con SIMOCODE PRO V.**

El esquema a continuación muestra el circuito de control con una estación de control local para los comandos.



- IZQUIERDA.
- DES.
- DERECHA.

Los enclavamientos y las conexiones necesarios se llevan a cabo en la unidad base vía software.



➤ **Parametrización de la unidad base:**

Una vez se haya efectuado el cableado externo (bobina de contactor conectada, módulo de medida de intensidad integrado al circuito principal) viene el segundo paso: la parametrización de SIMOCODE PRO V, a continuación se detalla los pasos siguientes:

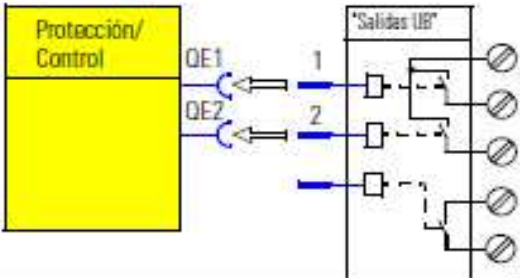
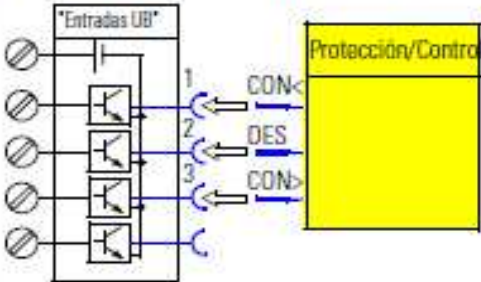
Punto	Descripción
1	El sistema SIMOCODE pro ha sido equipado internamente con bloques funcionales, p. ej. para las estaciones de control, las funciones de mando y la protección de motor.
2	Los bloques funcionales tienen nombres.
3	Los bloques funcionales pueden tener valores de ajuste, p. ej. el tipo de la función de mando y la intensidad de ajuste para la protección contra sobrecarga.
4	Los bloques funcionales están provistos de conectores y conectores hembra. Éstos, a su vez, están clasificados de forma inequívoca.
5	Para alcanzar la funcionalidad deseada, debe proceder de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> • Interconectar los bloques funcionales conectando determinados conectores y conectores hembra entre sí (es decir, "enchufar conectores a conectores hembra") • Dado el caso, ajustar otros valores en los bloques funcionales, p. ej. la intensidad de ajuste, el tipo de la función de mando.
6	Las entradas de los bloques funcionales dentro de la unidad base se denominan conectores y se representan de la siguiente manera: 
7	Las salidas de los bloques funcionales dentro de la unidad base se denominan conectores hembra y se representan de la siguiente manera: 
8	Los conectores y los conectores hembra de las entradas y salidas del equipo no vienen conectados de fábrica. Si se pulsa una tecla, los contactores no serán activados.

➤ **Transferencia de parámetros a la unidad base y puesta en marcha:**

Una vez haya creado el archivo de parametrización puede transferir el mismo a SIMOCODE PRO V y poner en marcha el arrancador-inversor.

Paso	Descripción
1	Conectar la alimentación de tensión de la unidad base.
2	Conectar con el cable de PC la interfaz en serie del PC / unidad de programación y la interfaz de sistema de la unidad base.
3	Observar los LED de estado en la unidad base. El LED "Device" debería alumbrar en verde. SIMOCODE pro está listo para el funcionamiento.
4	Transferir el archivo de parametrización a la unidad base a través del menú, p. ej. con Sistema destino > Cargar en equipo . Seleccionar la interfaz de sistema RS232. El cable de PC que conecta SIMOCODE pro con el PC está conectado a esta interfaz.
5	Una vez se hayan transferido los datos a la unidad base aparece el aviso "Descarga al equipo finalizada con éxito".

➤ Procedimiento general para parametrizar el arrancador-inversor.

Paso	Descripción
1	Inicie SIMOCODE ES en su PC / unidad de programación.
2	Seleccione la función de mando "Arrancador-inversor" como aplicación. Al seleccionar esta aplicación se lleva a cabo toda una serie de ajustes previos que más adelante únicamente deben ser verificados.
3	En la opción "Configuración del equipo" seleccione SIMOCODE pro C o SIMOCODE pro V. Desactive el módulo de mando si el mismo no está disponible.
4	Abra el cuadro de diálogo Parámetros del equipo > Protección de motor > Sobrecarga/Desequilibrio/Rotor bloqueado . Fije la intensidad de ajuste la en 3 A.
5	<p>Abra el cuadro de diálogo Otros Bloques funcionales > Salidas > Unidad base y verifique los siguientes ajustes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salida 1 UB > Mando por contactores QE1 • Salida 2 UB > Mando por contactores QE2 <p>Las salidas por relé están conectadas con los mandos por contactores.</p>  <p>Nota Si se selecciona una aplicación preconfigurada (paso 2), puede ocurrir que debido a la asignación de salidas UB con respecto a los mandos por contactores se obtengan en este punto otras preconfiguraciones.</p>
6	<p>Abra el cuadro de diálogo Parámetros del equipo > Control de motor > Estaciones de control y verifique los siguientes ajustes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Local [LO] CON<: Entrada 1 UB • Local [LO] DES: Entrada 2 UB • Local [LO] CON>: Entrada 3 UB  <p>De esta manera queda conectada la estación de control "local" a las entradas binarias de la unidad base.</p> <p>Verifique si las habilitaciones para "CON" y "DES" del modo "Local2" están activadas.</p>
7	La parametrización está terminada. Guarde el archivo de parametrización en su PC / unidad de programación con Equipo > Guardar .

5.3. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO GENERAL AL MÓDULO DIDÁCTICO.

En el mantenimiento del motor de inducción de 5KW, se debe inspeccionar periódicamente los niveles de aislamiento, la elevación de temperatura (bobinas y soportes), desgastes, lubricación de los rodamientos, limpieza del ventilador para el correcto flujo de aire, limpieza de la carcasa y niveles de vibraciones.

El módulo didáctico o consola debe mantenerse limpio, exentos de polvo, y residuos de aceites. Para limpiarlos, se debe utilizar escobas o trapos limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa deflectora y eliminando todo el acumulo de polvo contenido en los distintos equipos y elementos eléctricos.

La finalidad del mantenimiento, en este caso, es prolongar lo máximo, la vida útil de los equipos instalador para los diferente ensayos que se realizaran en la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

Una vez finalizada los ensayos por los estudiantes el módulo didáctico debe ser protegido con un cobertor.

Capítulo: Nº 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES.

- El módulo didáctico proporciona una herramienta muy importante para los estudiantes, facilita el aprendizaje a nivel industrial, se pueden realizar los diferentes métodos de arranque aplicando un motor trifásico de 5 KW de inducción conectado a la red eléctrica de 220V 60HZ.
- Se incluye además un sofisticado sistema de gestión y mando de motores SIMOCODE PRO V, marca SIEMENS, serie 3UF7, comandadas por medio de funciones programables a través de software con comunicación a la computadora (PC).
- El software “SIMOCODE ES PROFESIONAL”, es de fácil configuración para la parametrización del equipo SIMOCODE PRO V, permitiendo realizar la puesta de servicio y nos facilita los mantenimientos preventivos.
- El equipo SIMOCODE PRO V nos ofrece: detectar las fallas del motor en función. Cuenta con diferentes protecciones eléctrica para el motor tal como: cortocircuito, sobrecarga, pérdida de alguna fase y se pueden visualiza parámetros de: factor de potencia, la carga del motor, el voltaje, la corriente. Si el motor presentar alguna avería el equipo SIMOCODE lo detecta como fallas presentando una alarma, la cual se puede restaurar.
- Se puede realizar analice numérico con los datos obtenidos en los diferentes ensayos atreves de los instrumentos de medición, que se incluyen en el módulo didáctico tal como medidor de corriente, medidor de tensión, y por medio del equipo de SIMOCODE PRO V se puede visualizar las horas de trabajo del motor, la corriente, el voltaje, el factor de potencia, entre otros datos.
- Para la puesta en marcha y realización de los ensayos del módulo didáctico, se dispone de un manual correspondiente al capítulo # 5 del proyecto de tesis presentado. El que se pueden observar los esquemas y diagramas eléctricos de la conexión para los diferentes métodos de arranque empleados en cada una de los ensayos.

-
- El modulo didáctico ha sido desarrollado con el fin de asumir funciones orientadas a la seguridad como parte de una instalación o máquina, acogido según las normas actuales del Código Eléctrico Nacional NEC. En caso de una eventualidad de emergencia de los estudiantes, se dispone de un circuito de bloqueo general de la energía eléctrica por medio un pulsador hongo parada de emergencia.
 - Dentro del diseño del módulo se estableció una potencia máxima del motor a utilizar que es de 5 KW por lo que se recomienda tener en cuenta esta información al ocupar un motor diferente al que posee el módulo, ya que los elementos podrían sufrir daño permanente al sobrecargarlos, de igual manera la corriente máxima que podrá ingresar al módulo es de 40 A de lo contrario el breaker principal se verá afectado por sobrecarga y se dispara.

6.2. RECOMENDACIONES.

- Para futuros proyectos que utilicen el módulo didáctico se puede optar por incrementar otros tipo de arranque como el de autotransformador y el de resistencias rotóricas teniendo en cuenta que para ello se deberá cambiar el motor por otro que posea el rotor bobinado y no de jaula de ardilla.
- Se recomienda seguir trabajando con la implementación de equipos didácticos que sirven de ayuda tanto a los docentes para explicar el tema de estudio, como para los alumnos en comprender y llenar vacíos, que la teoría puede dejar y prepara al estudiante para su vida profesional.
- Así mismo se recomienda para futuros trabajos sobre el módulo, desarrollar el arranque estrella – triángulo por medio del sistema de gestión y mando de motores SIMOCODE PRO V, ya que el equipo permite este tipo de conexión eléctrica, y se requiere de un motor trifásico con las seis puntas de conexiones.
- Para el manejo correcto del módulo didáctico, se recomienda leer esta tesis, para evitar de esta manera un mal uso del equipo que lo llevaría a un deterioro temprano y lo que es peor a un daño permanente.

-
- Por último se logro contribuir con el avance tecnológico, creando un equipo acorde con las necesidades actuales; se espera que esto sirva de ejemplo para generaciones futuras, ya que con esfuerzo y dedicación se pueden cumplir todas las metas trazadas.

BIBLIOGRAFIA.

Manual de Baja Tensión	SIEMENS, 2º Edición revisada y ampliada, 2000.
Máquinas Eléctricas	ROLDAN. Editorial Paraninfo.
Máquinas Eléctricas	STEPHEN J. CHAPMAN.
Motores Eléctricos	R.S LAURIE OCEANO/CENTRUM.
Control de Motores Eléctricos	Publicaciones Marcombo.
Motores Eléctricos	Robert W. Sheatow.
Manual de Ingeniería Eléctrica.	Mc Granw Hill. Autor Donald G. Fink/H.Wayne Beaty. Décimo Tercera Edición.
Cuaderno Técnico.	Schneider Electric Edición Telemecanique.

Páginas Web Consultadas.

WWW.ShneiderElectric.com

WWW.tecniedu.com

WWW.rincondelvago.com

WWW.monografia.com

WWW.etsit.upm.es