

**MONTAJE DE MÓDULO ARRANCADOR SUAVE MCD 202 DE DANFOSS PARA EL  
LABORATORIO DE MAQUINAS I DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL  
BRAVO**

**ALEX ANTONIO CASTRO ZAPATA  
JESUS BERNAL TOVAR ESCARPETA  
JORGE LUIS PAREJA CATAÑEDA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2013**

**MONTAJE DE MÓDULO ARRANCADOR SUAVE MCD 202 DE DANFOSS PARA EL  
LABORATORIO DE MAQUINAS I DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL  
BRAVO**

**ALEX ANTONIO CASTRO ZAPATA  
JESUS BERNAL TOVAR ESCARPETA  
JORGE LUIS PAREJA CATAÑEDA**

**Trabajo de grado para optar por el título de tecnólogos eléctricos**

**Asesor:  
Elkin Darío Pérez Ramírez  
Ing Electricista**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2013**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3 OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. REFERENTES TEÓRICOS	15
4.1 ARRANCADORES	15
4.1.1 Arranque directo.	15
4.1.1.1 Funcionamiento	17
4.1.2 Arranque estrella-triángulo.	18
4.1.3 Arrancadores de contacto triple para motores en serie.	22
4.1.4 Arranque a voltaje reducido con autotransformador.	23

4.2 TIPOS DE ARRANQUE DE MOTORES DIRECTO	25
4.2.1 Arranque de un motor trifásico a impulsos.	25
4.2.2 Arranque de un motor trifásico realimentado.	26
4.2.3 Arranque de dos motores trifásicos con marcha y paro independiente.	27
4.2.4 Arranque de dos motores trifásicos en cascada.	28
4.2.5 Arranque de dos motores trifásicos en cascada con parada inversa.	29
4.3 ARRANCADORES ELÉCTRICOS PARA BOMBAS	30
5 METODOLOGÍA	32
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
5.2 PRIMERA ETAPA	32
5.3 SEGUNDA ETAPA	33
5.4 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	34
6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	35
6.1 ¿PARA QUÉ SIRVEN LOS ARRANCADORES?	35
6.2 ¿EN DONDE SE UTILIZA UN ARRANCADOR?	35
6.3 ¿QUIEN UTILIZA UN ARANCADOR?	36
6.4 ¿COMO SE SELECCIONA UN ARRANCADOR?	36
6.5 ¿CUALES SON LAS CONDICIONES DE OPERACION DE UN arrancador?	37
6.6 ¿CUÁNDO SE INSTALA UN ARRANCADOR?	37
6.7 ¿QUE SUCEDE SI LOS CABLEADOS SON DE POCO CALIBRE?	38

6.8 ¿QUE DEBO HACER SI EL ARRANCADORQUE no FUNCIONA?	38
6.9 ¿COMO SE CALCULA UN ARRANCADOR?	39
6.10 CARACTERÍSTICAS DEL ARRANCADOR	40
6.10.1 Beneficios.	41
6.10.2 Especificaciones técnicas.	42
6.10. 3 Características.	45
6.11 Ejemplos de programación	52
6.11.1 Esquemas eléctricos.	52
6.11.2 Circuitos de control.	54
6.11.3 Funcionalidad.	55
7. CONCLUSIONES	64
8. RECOMENDACIONES	65
CIBERGRAFÍA	66

## LISTADO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Sistema de control de un arranque directo	16
Figura 2. Sistema de potencia de un arranque directo	17
Figura 3. Circuito de potencia	19
Figura 4. Circuito de mando	20
Figura 5. Diagrama de conexión de arranque Y $\Delta$	20
Figura 6. Graficas de intensidad y par de arranque directo vs arranque Y $\Delta$	21
Figura 7. Diagrama de arranque por contacto triple	23
Figura 8. Arranque a voltaje reducido con autotransformador	24
Figura 9. Diagrama de control y potencia de arranque por impulsos	25
Figura 10. Diagrama de control y potencia de arranque realimentado	26
Figura 11. Diagrama de control y potencia de arranque con marcha y paro independiente	27
Figura 12. Diagrama de control y potencia de arranque en cascada	28

Figura 13. Diagrama de control y potencia de arranque en cascada con parada inversa	29
Figura 14. Arrancador MCD 202 Danfoss	40
Figura 15. Dimensiones del variador MCD 200 de Danfoss	43
Figura 16. Dimensiones dependiendo la potencia del variador MCD 200 de Danfoss	44
Figura 17. Diseño del acrílico para el modulo del arrancador	46
Figura 18. Arrancador MCD 202 Danfoss	47
Figura 19. Relé Telemecanique 220 V, 50/60 HZ	48
Figura 20. Breakers SASSIN	49
Figura 21. Parte de mando del módulo	50
Figura 22. Modulo arrancador suave MCD 202 Danfoss	51
Figura 23. Ejemplo 1	52
Figura 24. Ejemplo 2	53
Figura 25. Control de 2 cables	54
Figura 26. Control de 3 cables	54
Figura 27. Límite de intensidad	56

Figura 28. Rampa de intensidad

57

Figura 29. Protección de tiempo de arranque excesivo

61

## LISTADO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Tabla para capacidad de arrancador	31
Tabla 2. FLC del motor	55
Tabla 3. Límite de intensidad	56
Tabla 4. Rampa de intensidad	57
Tabla 5. Tiempo de rampa de parada suave	59
Tabla 6. Clase de corte del motor	60
Tabla 7. Protección del tiempo de arranque excesiva	60
Tabla 8. Protección de rotación de fase	62
Tabla 9. Función de relé auxiliar	62

## RESUMEN

En el siguiente trabajo se encontrara una investigación que hace referencia a un diseño modular para poder realizar prácticas interactivas que permitan a los estudiantes de la Institución universitaria Pascual Bravo mejorar su conocimiento en áreas de automatización y control. Este proyecto ampliara el conocimiento en la parte práctica que es una desventaja cuando los estudiantes terminan sus estudios debido a que no han tenido contacto físico con muchos de los elementos eléctricos de control que hoy día se utilizan en la industria. Para el este trabajo se planteó un objetivo general que será desarrollado por medio de unos específicos, que permitieron cumplir con el propósito del proyecto.

También se encuentran los resultados del proyecto que fue el desarrollo de los objetivos planteados y unas recomendaciones y conclusiones que le permiten al estudiante tener en cuenta para el buen uso del módulo, como de su funcionamiento y sus ventajas.

## INTRODUCCIÓN

El motor de inducción es hoy el motor eléctrico más económico y eficiente, por lo que es el más popular en la industria. Sin embargo su empleo para algunas aplicaciones, como requerir cambios de velocidades, es muy restringido ya que dada la fuente de alimentación (frecuencia y voltaje), y escogido el motor (potencia y número de polos) estos motores giran a velocidad prácticamente fija, por tal razón se preferían otros tipos de motores menos eficientes y más caros para estas aplicaciones.

Los Convertidores de Frecuencia, también llamados Variadores de Frecuencia (VDF) o Inversores (Inverters) (aunque realmente este nombre corresponde a una parte del VDF, por constituir el componente principal muchos fabricantes usan esta denominación), han venido a resolver el problema de poder usar los motores a velocidades variables sin disminuir mayormente su eficiencia, con lo que ahora estos motores conectados a estos equipos permiten ser usados en aplicaciones especiales. Estos dispositivos forman parte de la familia denominada Drivers en AC (AC Drives), la cual está constituida por otros equipos para comando de motores de corriente alterna, tales como Partidores Suaves, que se emplean sólo para la partida y parada de los motores, y no para modificar la velocidad en régimen permanente.<sup>1</sup>

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Institución Universitaria Pascual Bravo no cuenta actualmente con suficientes módulos didácticos específicamente de arrancadores para que los estudiantes interactúen, con la parte de conexión y programación, dos cosas que son indispensables a la hora de salir a trabajar en la industria ya que hoy día se ven muchas aplicaciones de estos variadores en procesos industriales de las grandes y medianas empresas.

Por esta razón se pensó en diseñar y adecuar un módulo didáctico de un arrancador suave MCD 201 que cede que los laboratorios de la Institución estén actualizados en la última tecnología que se está empleando actualmente en la industria.

Esto permite que los conocimientos adquiridos en materias afines a la electricidad como son eléctricas, electromecánicas y en las asignaturas que se cursan en dichas carreras, especialmente máquinas I, máquinas II, control I, control II y PLC sean más sólidas en conocimiento.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La automatización de las máquinas eléctricas a través de tecnologías de control apropiadas tales como el arrancador suave MCD 201, permite optimizar procesos, tanto a nivel industrial como académico y minimizar su impacto en los distintos sectores que intervienen en estos, tales como el sector económico, energético, ambiental y social.

En este momento el sistema de accionamiento de las máquinas genera dificultades tanto en el laboratorio de máquinas I de la Institución Universitaria Pascual Bravo Institución como a nivel industrial ya sea por malas conexiones que provoquen cortocircuitos, daños en las protecciones o instrumentos electrónicos, bajo rendimiento y eficiencia de las máquinas y un uso no óptimo de la energía eléctrica.

Todas estas dificultades se subsanan adoptando este tipo de tecnologías y paralelamente obliga a los estudiantes de áreas afines a la parte eléctrica a adquirir dichos conocimientos, mantenerse al tanto de los avances tecnológicos y llegados al caso, a proponer e innovar otros desarrollos para el sector. Además la industria moderna requiere de las tecnologías suficientes para encarar y manejar los procesos productivos modernos y los métodos de control en dichos procesos.

Con la adecuación tecnológica de los laboratorios del Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria se puede suplir esas necesidades que tanto necesita la industria.

Por todo lo anterior es muy importante la adaptación del variador de velocidad en los módulos de práctica en motores del laboratorio de máquinas I.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el montaje de un módulo didáctico con un arrancador MCD 201 Danfoss para el laboratorio de máquinas I de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cotizar los elementos que se utilizaran para el montaje del módulo basado en el diseño.
- Construir el gabinete que llevara el modulo del arrancador MCD 201 DE DANFOSS basados en el diseño.
- Realizar el plano eléctrico de conexión del módulo, especificando el nombre de cada borne.

## **4. REFERENTES TEÓRICOS**

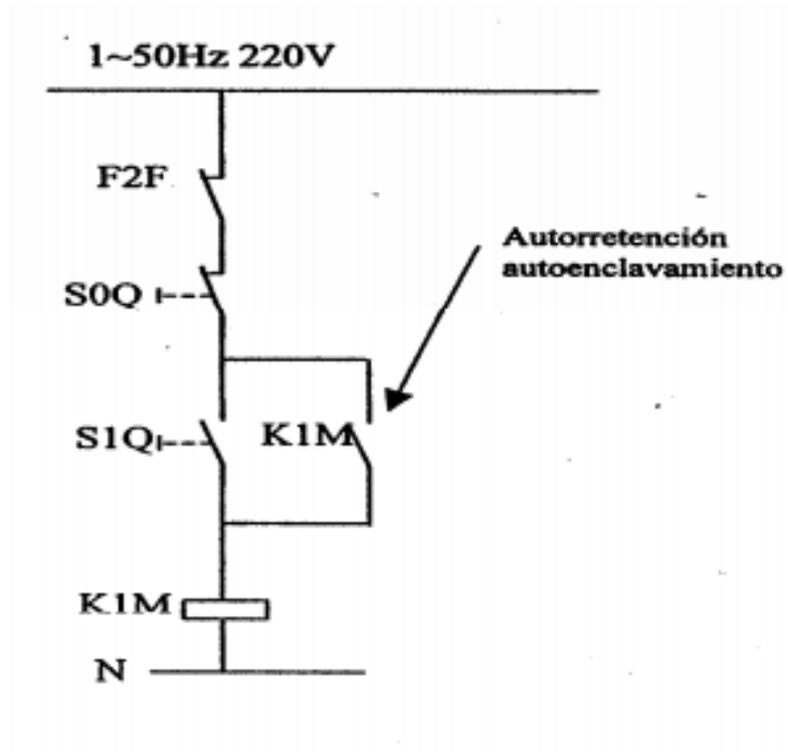
### **4.1 ARRANCADORES <sup>2</sup>**

Son necesarios los arrancadores para limitar la corriente de armadura que fluye cuando el motor se conecta. 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.

#### **4.1.1 Arranque directo.**

Se trata de un sistema de arranque en un único tiempo. Es el más usado en motores eléctricos que accionan bombas de pequeña potencia. El bobinado del motor se conecta directamente a la red.

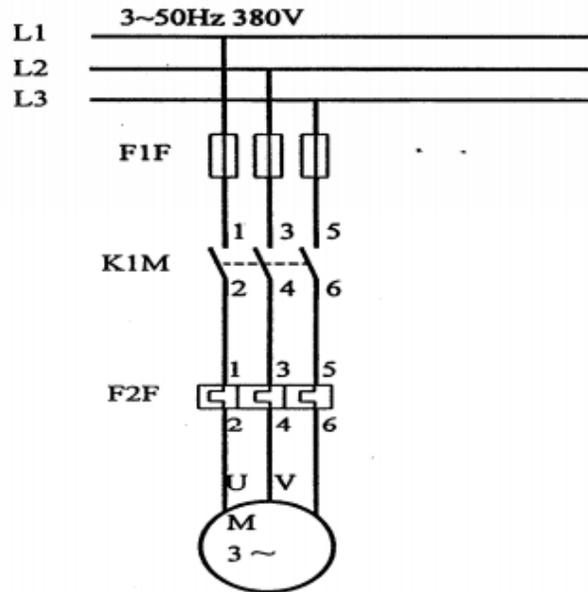
Figura 1. Sistema de control de un arranque directo



Fuente: QUISPE OSCO, Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico

El motor arranca con sus características normales con una fuerte punta de intensidad. Esta punta puede llegar a ser hasta 8 veces la intensidad nominal. El par inicial de arranque puede llegar a ser de 1,5 veces el nominal, lo cual ocurre al 80% de la velocidad nominal.

**Figura 2. Sistema de potencia de un arranque directo**



Fuente: QUISPE OSCO Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico

#### 4.1.1.1 Funcionamiento

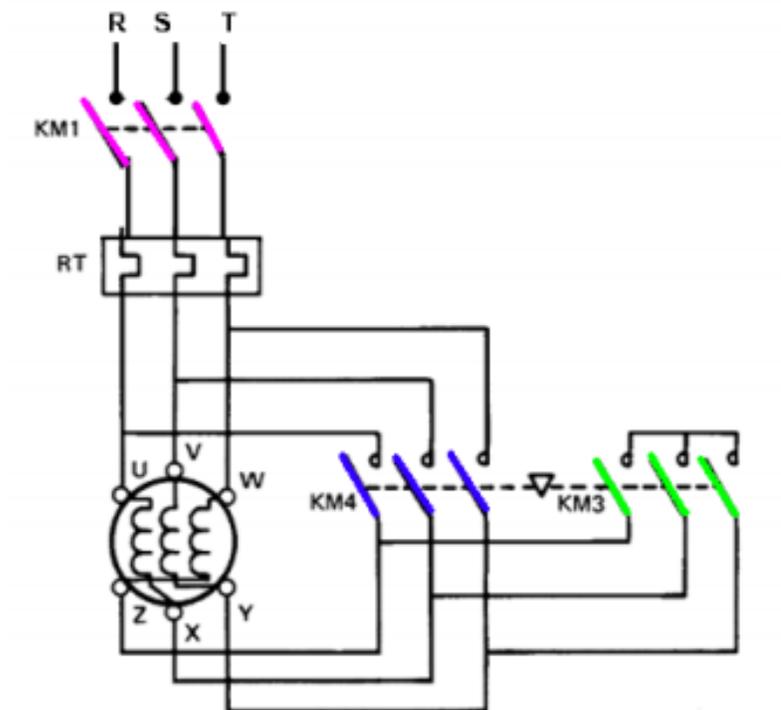
El sistema de arranque está constituido por el motor de arranque, el interruptor, la batería y el cableado. El motor de arranque es activado con la electricidad de la batería cuando se gira la llave de puesta en marcha, cerrando el circuito y haciendo que el motor gire. El motor de arranque conecta con el cigüeñal del motor de combustión por un piñón conocido como piñón bendix de pocos dientes con una corona dentada reductora que lleva incorporada el volante de inercia del motor térmico. Cuando el volante gira más rápidamente que el piñón, el bendix se desacopla del motor de arranque mediante rueda libre que lo desengrana, evitando daños por exceso de revoluciones. En el caso de los automóviles, el motor de arranque se desacopla mediante una palanca activada por un solenoide (un electroimán) que está sujeto al

cuerpo del motor de arranque. En otros casos (motocicletas y aviación ligera) el relé va montado separado y sólo alimenta la corriente; el acople/desacople del piñón bendix se realiza por inercia y rueda libre, con 5 un estriado en espiral. Cuando arranca el motor térmico la diferencia de velocidades expulsa al piñón hacia atrás.

#### **4.1.2 Arranque estrella-triángulo.<sup>3</sup>**

Este arranque sólo puede ser aplicado a los motores donde los dos extremos de los tres devanados del estator son accesibles. El procedimiento consiste en arrancar el motor conectando sus devanados en estrella y cuando a adquirido el 80% de su velocidad nominal (máximo par, corriente cercana a la nominal) se conectan los devanados en triángulo. El paso de una a otra configuración es determinado por un temporizador incorporado al circuito de maniobra. Mientras el motor está conectado en estrella la tensión de alimentación se reduce a  $1/\sqrt{3}$  (al 57,7%). El par se reduce con el cuadrado de la tensión (al 50%) y es igual al tercio del par proporcionado por un motor en arranque directo. La intensidad disminuye. Es decir reducimos la intensidad en detrimento del par de arranque.

**Figura 3. Circuito de potencia**

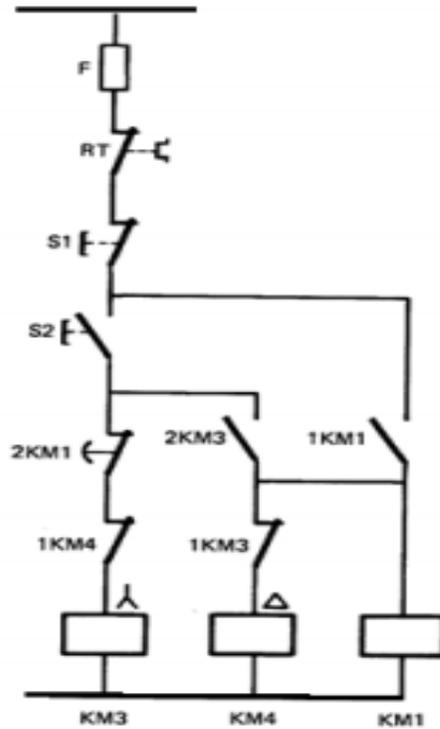


Fuente: ODISA. Ingeniería electromecánica. Arranadores suaves

Este arranque es indicado para máquinas que arranque en vacío o tengan un par resistente pequeño. Hay que señalar en el paso de estrella a triangulo se produce la apertura de los contactos del contactor, produciéndose un transitorio debido a la característica inductiva de los devanados. <sup>4</sup>

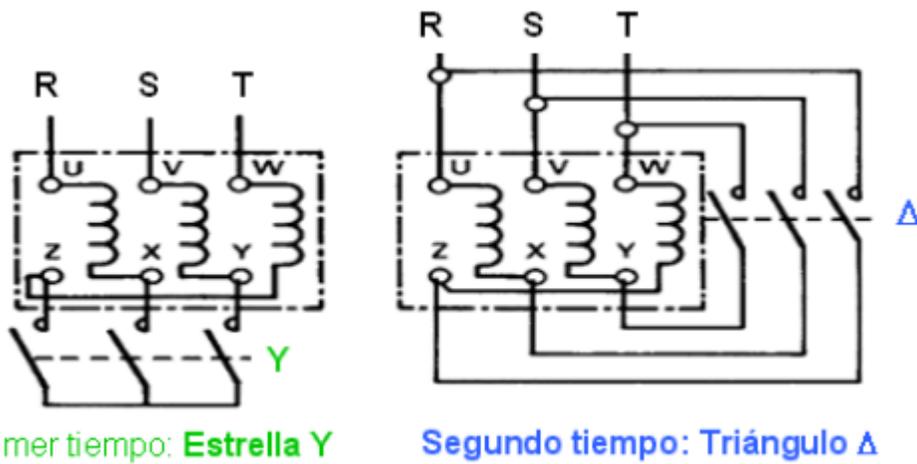
Este transitorio se refleja en una punta de corta duración de intensidad muy elevada.

Figura 4. Circuito de mando



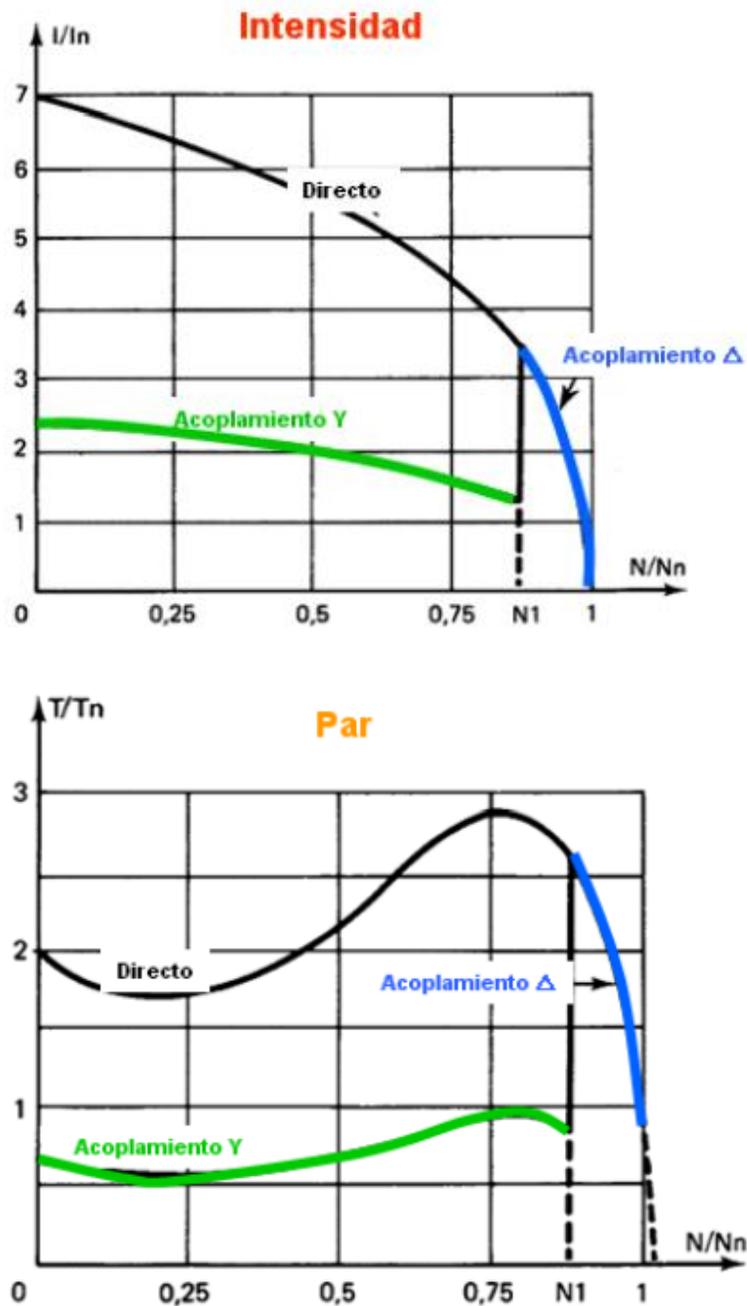
Fuente: ODISA. Ingeniería electromecánica. Arrancadores suaves

Figura 5. Diagrama de conexión de arranque YΔ



Fuente: ODISA. Ingeniería electromecánica. Arrancadores suaves

Figura 6. Graficas de intensidad y par de arranque directo vs arranque YΔ



Fuente: QUISPE osco Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico.

### **4.1.3 Arrancadores de contacto triple para motores en serie.**

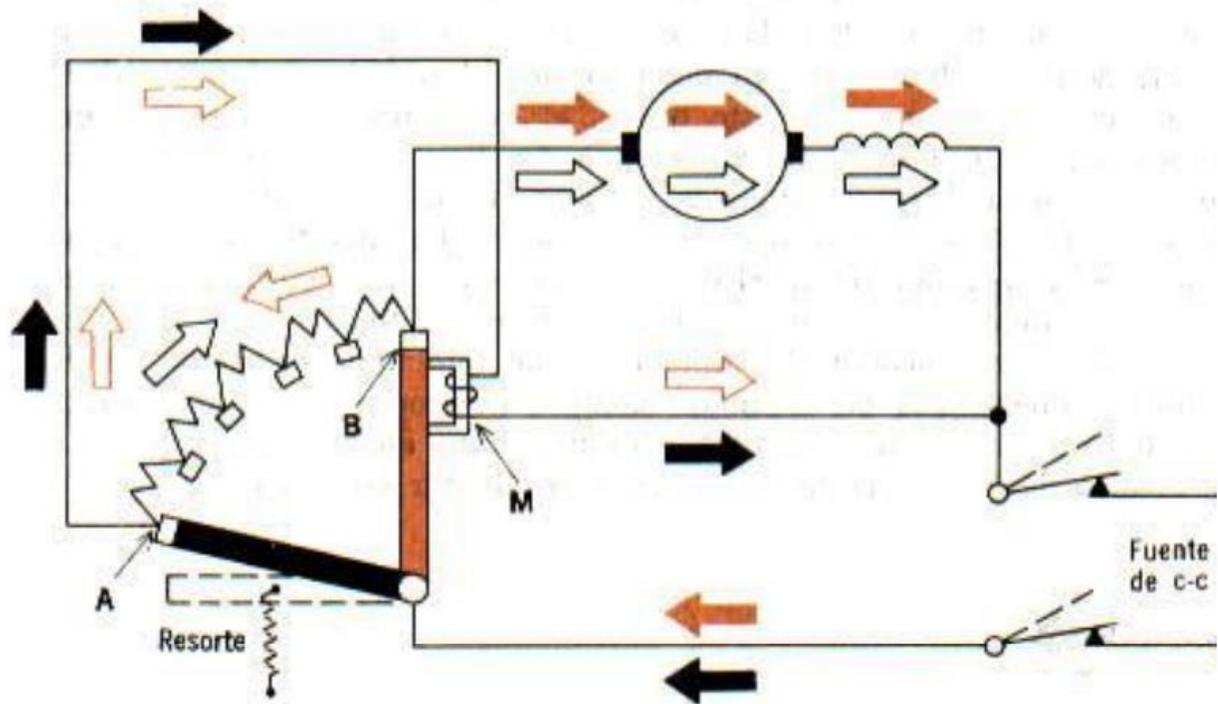
El arrancador de contacto triple para motores de serie sirve para el mismo objetivo que los arrancadores que se usan en motores de derivación y compuestos.

Una característica del arrancador de contacto triple para motores de serie que se ilustra es que tiene protección contra bajo voltaje, lo cual significa que si el voltaje de la fuente desciende hasta un valor muy bajo o a cero, el motor quedará desconectado del circuito.

Note que, en este arrancador de contacto triple, la bobina del imán de sujeción está conectada al voltaje de la fuente. Para poner en marcha al motor, el operador mueve gradualmente el brazo del reóstato de la posición de apagado a la de funcionamiento.

Entonces el electroimán de sujeción mantiene el brazo del arrancador, en la posición de funcionamiento, venciendo la tensión del resorte de retroceso. Si la tensión de la fuente baja, el imán de sujeción se desenergiza y suelta al brazo móvil, que rápidamente regresa a la posición de apagado, protegiendo así al motor de un posible daño.

**Figura 7. Diagrama de arranque por contacto triple**



Fuente: QUISPE OSCO, Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico

#### **4.1.4 Arranque a voltaje reducido con autotransformador.**

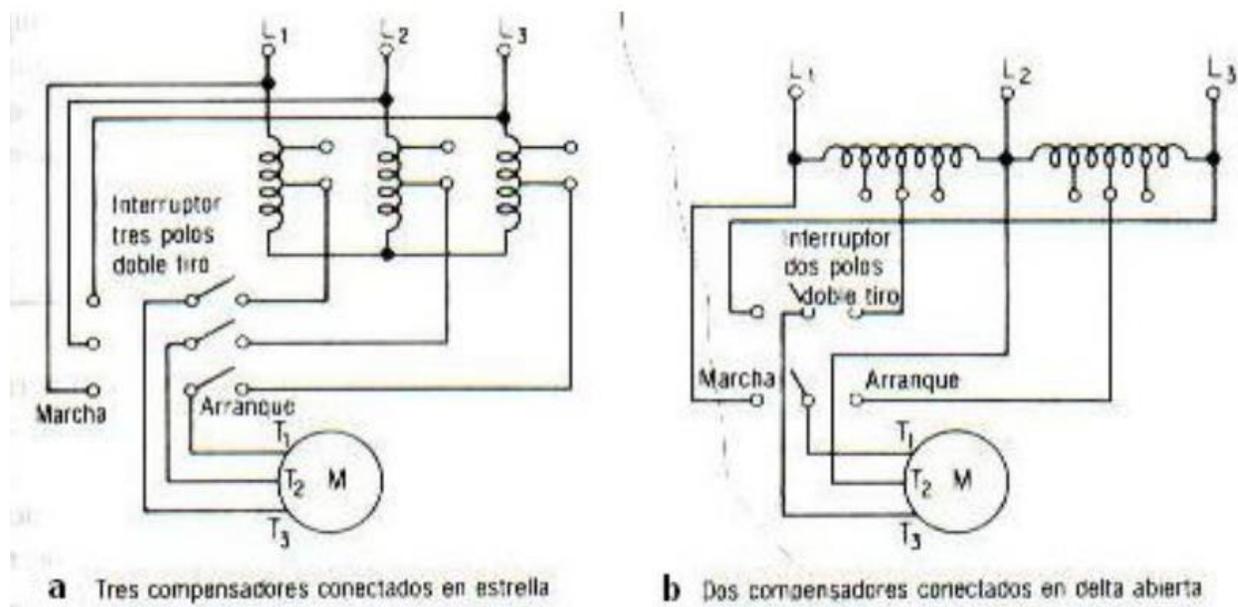
Se pueden poner en marcha los motores trifásicos comerciales de inducción de jaula de ardilla a voltaje reducido empleando un autotransformador trifásico único o compensador, o bien con tres autotransformadores monofásicos como se muestra en la figura (a).

La figura (a) es un diagrama que representa un tipo comercial. El esquema no incluye los relevadores, la protección de bajo voltaje ni los contactos que tienen normalmente los arrancadores manuales. El interruptor de tres polos doble tiro se lleva a la posición “arranque” y se deja allí hasta que el motor ha acelerado la carga casi hasta la

velocidad nominal. A continuación se pasa rápidamente a la posición de “marcha”, en la cual queda conectado el motor en la línea directamente.

Ya que el compensador se usa solo en forma intermitente, se tiene un ahorro (eliminación de un transformador) si se usan dos transformadores en delta abierta, o V-V, como se muestra en la figura (b), produce un pequeño desbalanceo de la corriente en la toma central pero no afecta al funcionamiento del motor.

**Figura 8. Arranque a voltaje reducido con autotransformador**



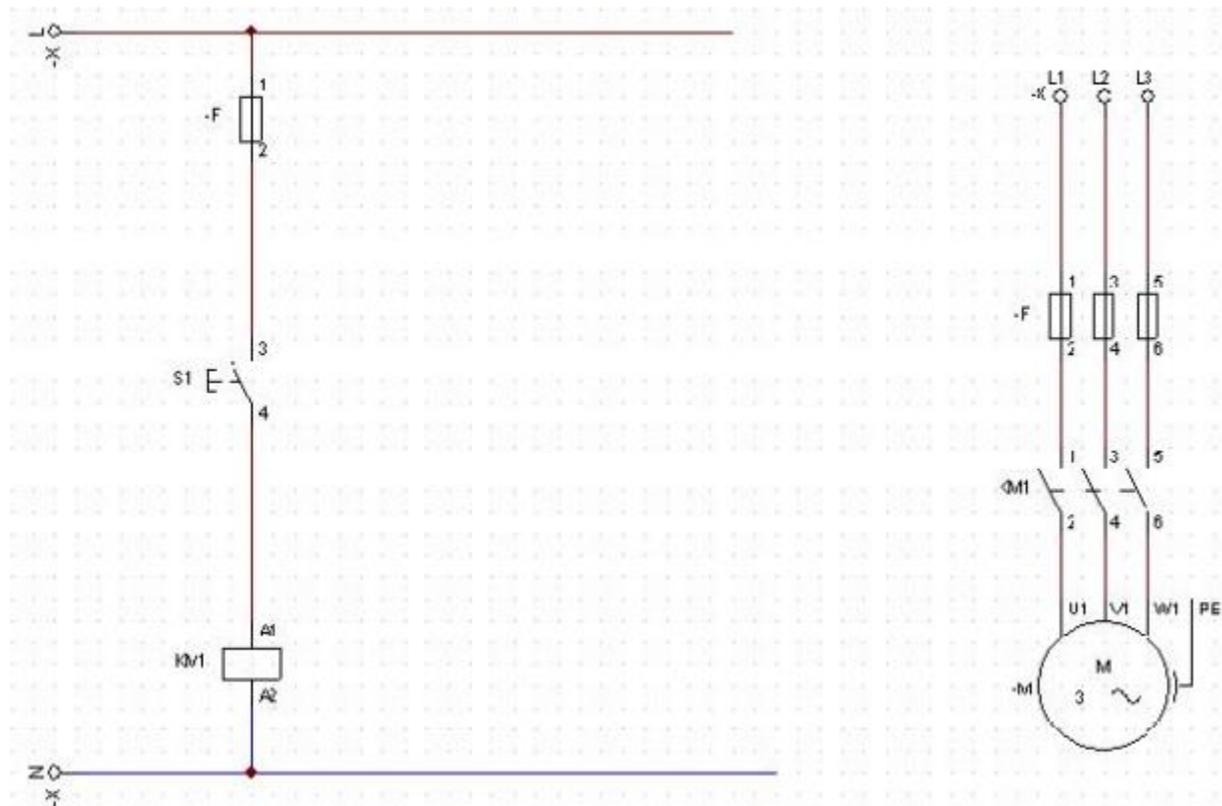
Fuente: QUISPE OSCO, Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico.

## 4.2 TIPOS DE ARRANQUE DE MOTORES DIRECTO

### 4.2.1 Arranque de un motor trifásico a impulsos.

El motor funcionará cuando pulsemos "S1" y se parara cuando lo soltamos. El circuito de mando está alimentado con corriente alterna monofásica, y el de potencia con corriente alterna trifásica. Ambos circuitos están protegidos por fusibles.

Figura 9. Diagrama de control y potencia de arranque por impulsos

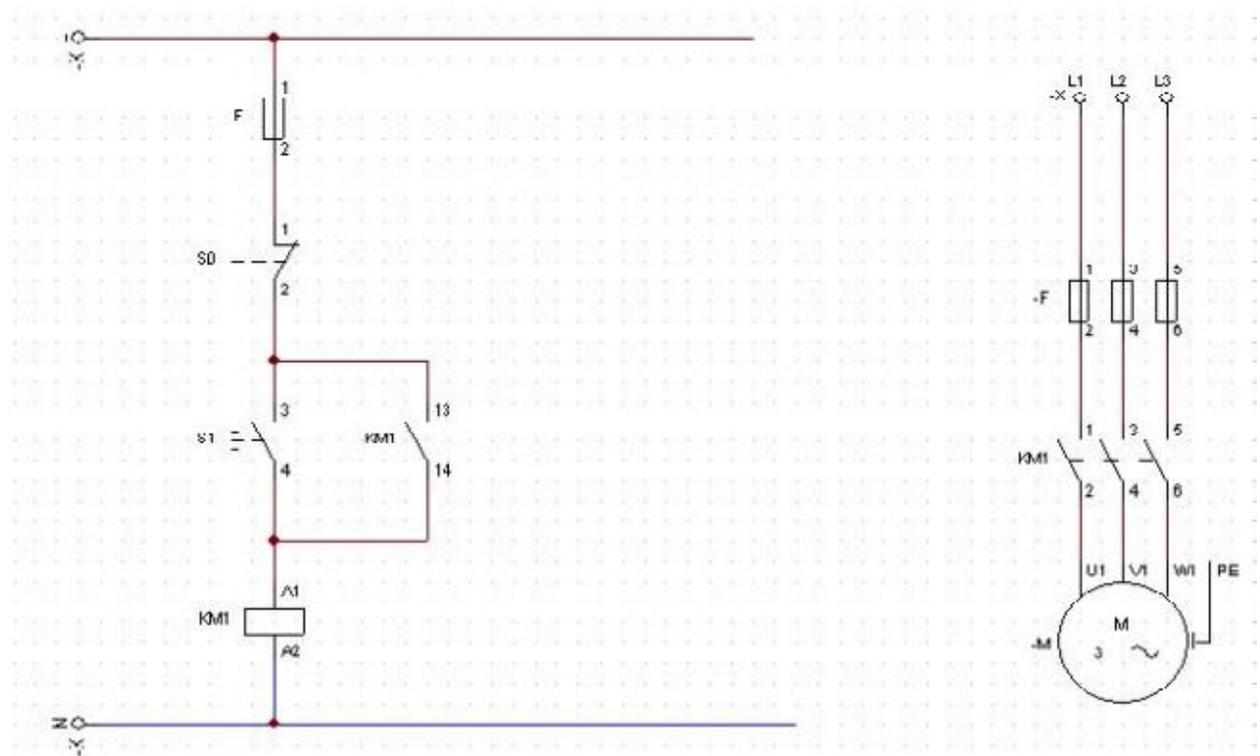


Fuente: QUISPE OSCO, Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico

#### 4.2.2 Arranque de un motor trifásico realimentado.

Colocando un contacto auxiliar NO en paralelo con el pulsador de marcha S1 el circuito se queda realimentado cuando soltamos el pulsador. Tendremos que poner un pulsador NC en serie para desconectar el circuito que llamaremos S0. El circuito de mando está alimentado con corriente alterna monofásica, y el de potencia con corriente alterna trifásica. Ambos circuitos están protegidos por fusibles.

Figura 10. Diagrama de control y potencia de arranque realimentado

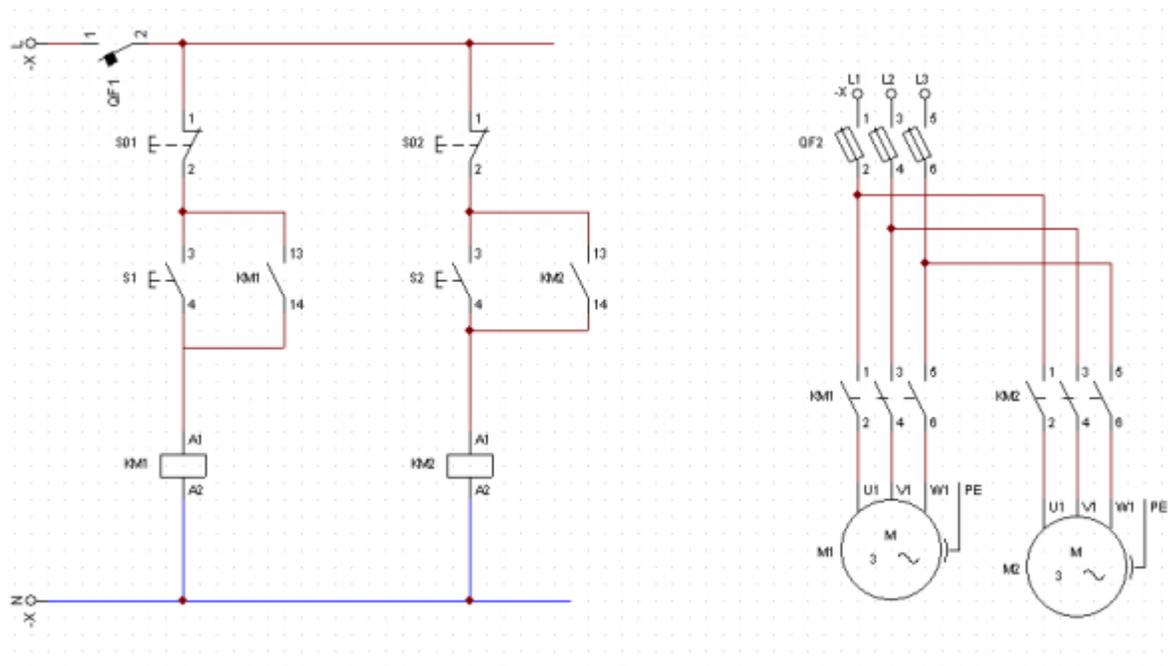


Fuente: QUISPE OSCO, Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico

#### 4.2.3 Arranque de dos motores trifásicos con marcha y paro independiente.

Con los pulsadores S1 y S2 pondremos en marcha cada uno de los motores de forma independiente. Con los pulsadores S01 y S02 se podrá parar cada motor también de forma independiente. El circuito de mando está alimentado con corriente alterna monofásica, y el de potencia con corriente alterna trifásica. Ambos circuitos están protegidos por fusibles.

**Figura 11. Diagrama de control y potencia de arranque con marcha y paro independiente**

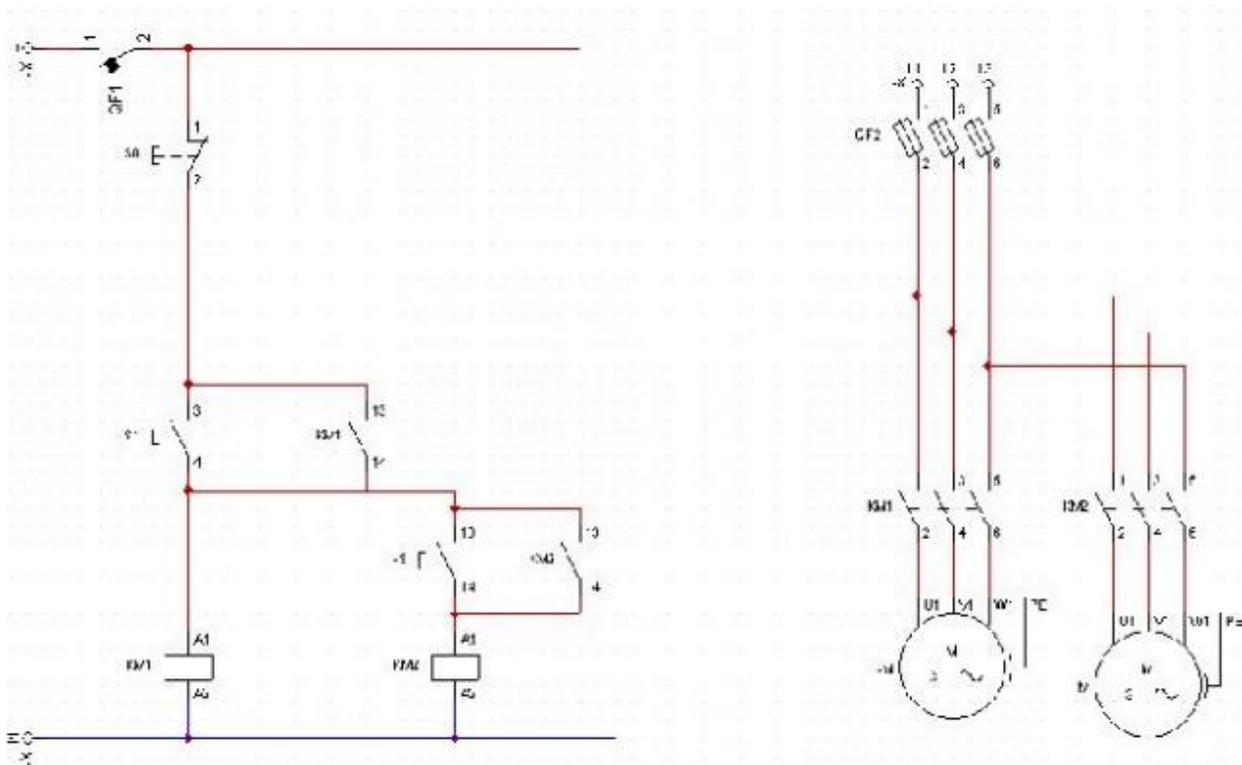


Fuente. QUISPE OSCO, Raven Axel. Arranadores. Dibujo eléctrico

#### 4.2.4 Arranque de dos motores trifásicos en cascada.

Al pulsar S1 se pondrá en marcha M1, pero al pulsar S2 solo se pondrá en marcha M2 si está arrancado M1. Por eso se llama arranque en cascada. Utilizaremos un pulsador de paro general para los dos motores. El circuito de mando está alimentado con corriente alterna monofásica, y el de potencia con corriente alterna trifásica. Ambos circuitos están protegidos por fusibles.

Figura 12. Diagrama de control y potencia de arranque en cascada

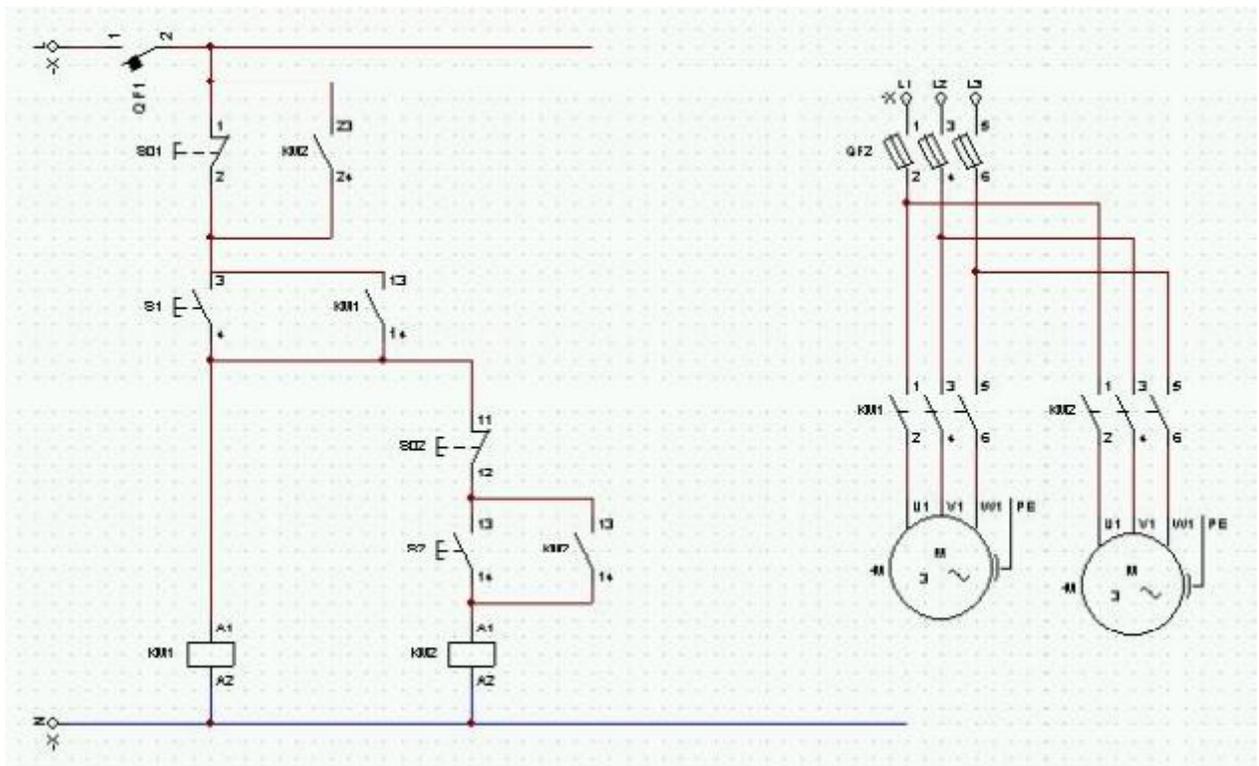


Fuente: QUISPE OSCO, Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico

#### 4.2.5 Arranque de dos motores trifásicos en cascada con parada inversa.

Al pulsar S1 se pondrá en marcha M1, pero al pulsar S2 solo se pondrá en marcha M2 si está arrancado M1. Por eso se llama arranque en cascada. Deben tener paro independiente y cumplir la condición de que mientras esté funcionando M2 no se pueda parar M1. El circuito de mando está alimentado con corriente alterna monofásica, y el de potencia con corriente alterna trifásica. Ambos circuitos están protegidos por fusibles.

Figura 13. Diagrama de control y potencia de arranque en cascada con parada inversa



Fuente: QUISPE OSCO, Raven Axel. Arranadores. Dibujo eléctrico

### **4.3 ARRANCADORES ELÉCTRICOS PARA BOMBAS**

En la instalación de una motobomba con motor eléctrico trifásico se necesita un arrancador que la opere eficientemente de acuerdo a la potencia del motor que la impulsa, este arrancador permite que de forma segura se administre la corriente que demanda el motor en su inicio que es el punto más crítico y durante el periodo de tiempo que se encuentre trabajando, con el fin de protegerlo contra sobre cargas o posibles cortos o fallas de fase, protegiendo y alargando la vida del motor.

Cabe señalar que una mala selección de la capacidad del arrancador pone en riesgo al motor, que podría quemarlo en caso de una sobre carga que rebase la capacidad del mismo, dejando la bomba fuera de servicio al igual que una costosa reparación. Con el arrancador adecuado el motor de tu bomba siempre estará trabajando en buenas condiciones.<sup>5</sup>

**Tabla 1. Tabla para capacidad de arrancador**

CAP. ARRANCADOR REGULABLE					
220V			440V		
HP	A	TIPO	HP	A	TIPO
0.5	1,6 A 2,5 AMP.	TP	0.5	1,6 A 2,5 AMP.	TP
0.75	2,5 A 4,0 AMP.	TP	0.75	2,5 A 4,0 AMP.	TP
1	2,5 A 4,0 AMP.	TP	1	1,6 A 2,5 AMP.	TP
1.5	4,0 A 6,3 AMP.	TP	1.5	2,5 A 4,0 AMP.	TP
2	6,3 A 10,0 AMP.	TP	2	2,5 A 4,0 AMP.	TP
3	6,3 A 10,0 AMP.	TP	3	4,0 A 6,3 AMP.	TP
5	10,0 A 16,0 AMP.	TP	5	6,3 A 10,0 AMP.	TP
7.5	16,0 A 25,0 AMP.	TP	7.5	6,3 A 10,0 AMP.	TP
10	25,0 A 36,0 AMP.	TP	10	10,0 A 16,0 AMP.	TP
15	32,0 A 50,0 AMP.	TP	15	10,0 A 25,0 AMP.	TP
20	50,0 A 63,0 AMP.	TP	20	25,0 A 36,0 AMP.	TP
25	63,0 A 80,0 AMP.	TP	25	32,0 A 50,0 AMP.	TP
30	63,0 A 90,0 AMP.	ES	30	32,0 A 50,0 AMP.	TP
40	90,0 A 120,0 AMP.	ES	40	50,0 A 63,0 AMP.	TP
50	120,0 A 150,0 AMP.	ES	50	63,0 A 80,0 AMP.	TP
60	150,0 A 180,0 AMP.	ES	60	63,0 A 90,0 AMP.	ES
75	160,0 A 250,0 AMP.	ES	75	90,0 A 120,0 AMP.	ES
100	200,0 A 320,0 AMP.	ES	100	120,0 A 150,0 AMP.	ES

Fuente: Sistemas de Bombeo. Com. Equipo de bombeo.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Este proyecto se basa en el diseño de un módulo con un variador de velocidad para el laboratorio de máquinas I de la Institución Universitaria Pascual Bravo por lo cual este será teórico-práctico. Rastreando información sobre los antecedentes teóricos, autores, avances tecnológicos, revistas especializadas, páginas de internet, para las etapas del desarrollo de los variadores de velocidad hasta la fecha. Con esta finalidad y también por el tipo de desarrollo la presente obra cabe dentro de la investigación aplicada es decir el tipo de proyecto es teórico práctico ya que se divide en dos partes. La parte de investigación y la del diseño del módulo. Soportada principalmente en las áreas del análisis de los circuitos, la electrónica de potencia, el conocimiento del funcionamiento de las maquinas eléctricas y el control o automatización.

### **5.2 PRIMERA ETAPA**

En esta etapa se realizara una investigación de como adaptar el variador de velocidad a un gabinete de trabajo. Dicho gabinete debe proteger el equipo a instalar y también tener una adecuada ventilación si el ambiente de trabajo lo requiere.

Para esta conexión se debe estar montado fijamente al gabinete de trabajo y conectado a una fuente de alimentación.

El suministro de red al variador debe ser 220V-240V

Establecer una correcta protección de conexión a tierra de la unidad

### **5.3 SEGUNDA ETAPA**

En esta etapa se procederá a realizar un diseño de lo que será el modulo tanto físico como de las conexiones físicas eléctricas del variador de velocidad a la alimentación y las salidas de éste al motor y su implementación en distintos sistemas enfocados a la parte eléctrica y electrónica.

Además en esta etapa se definirá tres prácticas de laboratorio que pueden realizarse con un variador de velocidad MCD 200 de DANFOSS. Cabe anotar que estas prácticas se realizaran al vacío, en caso contrario el motor deberá cargarse máximo al 50% de su capacidad nominal.

- Control del motor
- Puesta en marcha
- Lógica de freno. Elevación de velocidad
- Funcionamiento de los menús
- Conocimiento del módulo de control del laboratorio
- Inversión de giro

## **5.4 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

**5.4.1 Fuentes primarias.** Entrevistas con expertos de variadores, asesoría de empresas relacionadas con la parte de iluminación.

**5.4.2 Fuentes secundarias.** Se acude a la parte desarrollada durante las etapas de estudio en diferentes materias de la tecnología eléctrica.

## **6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO**

### **6.1 ¿PARA QUÉ SIRVEN LOS ARRANCADORES?**

Los arrancadores sirven para llevar el mando y la protección de los motores eléctricos. También sirven para prolongar la vida útil de un motor promedio de las protecciones que tienen integradas (Como son los relevadores de sobre carga así como también los elementos térmicos en algunos).Un arrancador me sirve para hacer diferentes usos o enclavamientos o secuencias en un control eléctrico. Así mismo la manera de instalarlos ya sea en serie o en paralelo todo depende del trabajo a desarrollar.

### **6.2 ¿EN DONDE SE UTILIZA UN ARRANCADOR?**

Un arrancador lo podemos utilizar en cualquier lugar que necesitemos de la protección de un motor eléctrico contra las variaciones de la corriente que puedan presentarse por fallas eléctricas, o por fallas en el suministro eléctrico, la otra seria por malas instalaciones o por malos manejos en el equipo, lo principal es cuando se requiere de la protección de un motor eléctrico. Los lugares de aplicación son en las industrias, en pequeños o grandes talleres, en el campo para los equipos de riego, en la residencia. Existen arrancadores para todas las capacidades (HP) de los motores eléctricos.

### **6.3 ¿QUIEN UTILIZA UN ARANCADOR?**

Toda persona que tiene la necesidad de proteger un motor Eléctrico contra una sobrecarga. Como punto principal para trabajar con un arrancador es que necesitamos contar con la Energía Eléctrica, ya sea está monofasica, bifasica o trifasica. No importando el medio que genere la energía Eléctrica El uso más común lo tenemos en La industria, en la construcción, en uso agrícola, en grandes o pequeños Talleres, en las Residencias, etc.

### **6.4 ¿COMO SE SELECCIONA UN ARRANCADOR?**

Par seleccionar un arrancador necesitamos conocer:

- El tipo de arrancador que vamos a necesitar para el trabajo que me va a desarrollar.
- Si es a tensión plena, reversible, estrella -delta, a tensión reducida, en condominio, o alternador simultaneador.
- La capacidad en HP del motor.
- La capacidad en Amperes (De la placa del motor)
- El voltaje de trabajo del motor 115 Volt, 220 Volt, 440 Volt.
- Si es Monofasico, Bifásico, o Trifasico.
- La marca del motor (Recordemos que los amperajes varían con cada marca del motor).
- El tipo de equipo que van a usar.

## **6.5 ¿CUALES SON LAS CONDICIONES DE OPERACION DE UN ARRANCADOR?**

Las condiciones de operación de un arrancador son los voltajes que debemos manejar a través del mismo, así como los amperajes de consumo que vamos a manejar a través del relé de sobrecarga. Las condiciones de operación dependen de las necesidades del usuario en el trabajo de cada equipo. Si el equipo trabaja en una industria posiblemente la necesidad de trabajo sería de 8 o 12 horas continuas, así mismo si se trabaja en el campo, en donde tenemos necesidad de varios arranques al día la vida del arrancador se recorta. recordemos que en cada arranque y paro del arrancador se forma un arco entre sus contactos los cuales son los que los dañan. Es por eso que cuando un arrancador se trabaja de continuo tiene más durabilidad ósea más horas de vida que el que trabaja de forma intermitente.

## **6.6 ¿CUÁNDO SE INSTALA UN ARRANCADOR?**

Un arrancador se instala cuando se tiene la necesidad de tener la protección para uno o varios motores eléctricos, ya sea en una industria o en un pequeño taller o en el campo para un equipo de riego. La instalación del arrancador es una necesidad para la protección de cualquier motor eléctrico sobre todo cuando se trate de la instalación de motores eléctricos trifásicos. También los podemos instalar para una red de alumbrado, recordemos que al hablar de una red de alumbrado, estamos utilizando una carga eléctrica.

## **6.7 ¿QUE SUCEDE SI LOS CABLEADOS SON DE POCO CALIBRE?**

Recordemos la importancia de los calibres de una instalación eléctrica cualquiera que esta sea. El cableado de la instalación siempre debe ser de acuerdo a los amperajes y voltajes que vamos a manejar a través de nuestros equipos, así mismo debemos considerar las distancias en que se vaya a instalar el equipo. Eligiendo el calibre adecuado para una instalación Eléctrica no existe el problema de caída de tensión, ni el riesgo de un cortocircuito en la línea de alimentación al equipo así mismo eliminamos la posible falla por caída de voltaje o tensión. Cuando el calibre del cable no es el adecuado el cable se calienta, así mismo el motor no arranca y se sobre calienta. Es por eso muy importante el calibre de los conductores eléctricos y que el instalador cuente con los equipos de medición necesarios. (Multiampermetro) para que pueda checarlos Voltajes de línea y ver si existe caída de voltaje a la hora de trabajo del equipo así mismo el consumo de amperes al arranque y trabajo del equipo

## **6.8 ¿QUE DEBO HACER SI EL ARRANCADORQUE NO FUNCIONA?**

Antes de hacer la instalación del arrancador revíselo físicamente que no se encuentre dañado, revise la etiqueta del arrancador para ver si realmente es de la capacidad requerida por su equipo. Después cheque el voltaje que trae grabado en la bobina para ver si es el requerido, cheque que el relee de sobrecarga sea de acuerdo al rango del amperaje que requiere el motor. Asegúrese que el interruptor principal este cerrado y que en las líneas de alimentación tenga voltaje en cada una de ellas Si el arrancador no funciona revise las conexiones para ver que no exista un cable suelto, cheque los voltajes de la alimentación al arrancador. Verifique que la bobina no este quemada o

abierta, esto lo puede checar con un multímetro o con el mismo multiamperímetro si este tiene para medir resistencias

## **6.9 ¿COMO SE CALCULA UN ARRANCADOR?**

Un arrancador se calcula de acuerdo a los HP del motor y de acuerdo a los Amperes determinados en la placa de datos del motor Eléctrico. Estos amperajes no deben de sobre pasar los amperes indicados en la placa de datos, debe de tomarse el amperaje nominal. Es importante verificar los voltajes de trabajo del equipo para poder determinar el voltaje de la bobina del arrancador. En la industria se utiliza el trabajar el control con un voltaje menor al de fuerza

## 6.10 CARACTERÍSTICAS DEL ARRANCADOR

Figura 14. Arrancador MCD 202 Danfoss



- Rango de potencia hasta 110 KW.
- Fácil montaje en carril DIN hasta 30 KW.
- Control de marcha / paro a 2 o 3 hilos
- Excelente ciclo de arranque  $4 \times I_e$  durante 6 segundos

- Excelente ciclo de arranque duro  $4 \times I_e$  durante 20segundos
- Compatible con sistemas de alimentación en triangulo a tierra
- Opcional:
  - Panel de operador y display remoto con señal analógica de salida 4-20mA proporcional a la corriente del motor (MCD202)
  - Comunicación en serie, Modbus RTU, AS-i, Profibus y Devicenet
  - Software de dimensionamiento para PC

#### **6.10.1 Beneficios.**

- Tamaño pequeño y compacto ahorrando espacio en panel.
- fácil de usar e instalar.
- BYPASS integrado que reduce los costos de instalación y elimina las pérdidas de potencia.
- Ciclos de trabajo normal y severo.
- Protección de motor (MCD202) reduciendo la inversión de la instalación.
- Accesorios avanzados que permiten una mejora de la funcionalidad.

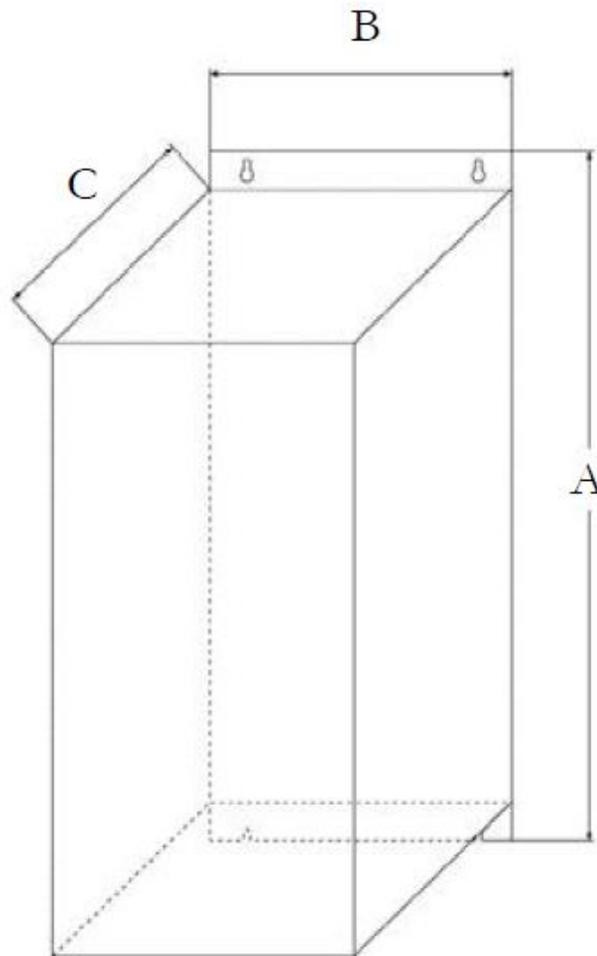
### 6.10.2 Especificaciones técnicas.

- Tensión de alimentación: 3 x 200 - 440 VAC o 3 x 200 - 575 VAC
- Frecuencia de alimentación: 45 Hz a 66 Hz
- Tensión de control: 100 - 200 VAC, 380 - 440 VAC o 24 VAC / 24 VDC
- Rango de Potencia: 7,5 - 110 KW. @400VAC
- Entradas de Control: Marcha, paro pulsador de reset en la unidad
- Relés de Salida: 1 x Contactor de línea, 1 x Programable\*(en marcha o fallo)
- Protecciones: Entrada termistor de motor. Temperatura de motor -modelo térmico. Desequilibrio de fase rotación de fases. Excesivo tiempo de arranque Fallo de alimentación SCR cortocircuitado.
- LED indicadores: Listo / fallo en marcha.
- Protección: IP20, IP00 (su propia carcasa).
- Temperatura ambiente de trabajo:  $-5^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  C (por encima de  $40^{\circ}$ C con reducción de potencia).

**Figura 15. Dimensiones del variador MCD 200 de Danfoss**

Potencia-Kw. (nominal a 400VAC)	(A) Alto mm	(B) Ancho mm	(C) Fondo mm
7 - 30	203	98	163
37 - 55	215	145	191
75 - 110	240	202	212

**Figura 16. Dimensiones dependiendo la potencia del variador MCD 200 de Danfoss**



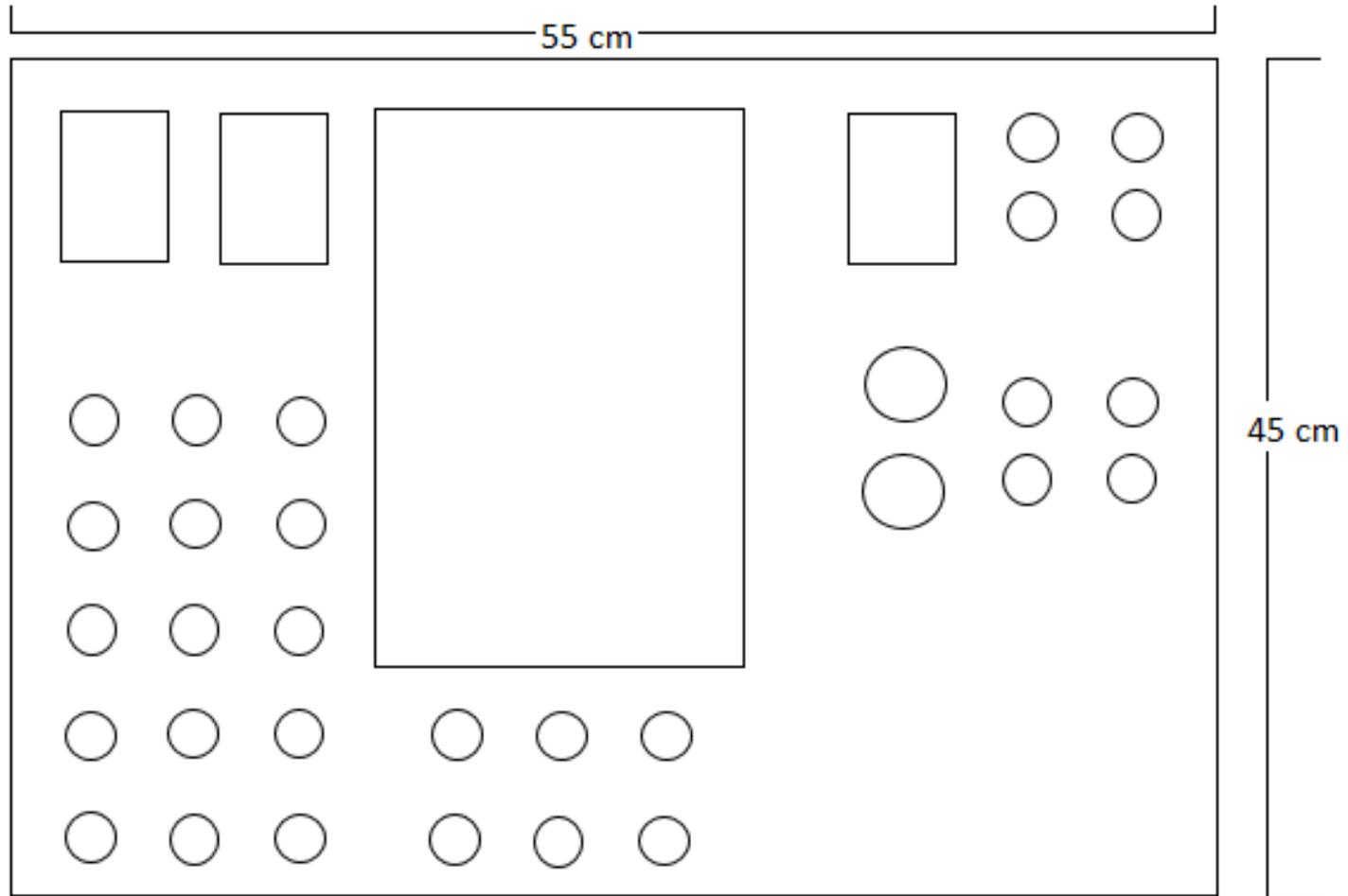
Para adaptar el variador de velocidad a un módulo de practica en motores del laboratorio de máquinas I de la Institución Universitaria Pascual Bravo, se diseñara un gabinete en lamina calibre 18mm y forma trapezoidal, con las medidas de 40 cm de ancho en la parte superior e inferior, 20 y 25 cm en las láminas laterales y un alto de 70 cm. El modulo tendrá una llave de cierre y apertura en la lámina frontal. Este gabinete llevara un proceso de pintura electrostática de color blanco.

El cableado de alimentación trifásico será AWG # 12 rojo para la fase R azul para la fase S y amarillo para la fase T, las cuales irán a la protección magnética trifásica. El cable del neutro será color blanco AWG # 12 y la tierra será color verde AWG #12 e irán a sus respectivos barrajes.

### **6.10. 3 Características.**

- Rango de potencia hasta 110 KW.
- Fácil montaje en carril DIN hasta 30 KW.
- Control de marcha / paro a 2 o 3 hilos
- Excelente ciclo de arranque  $4 \times I_e$  durante 6 segundos
- Excelente ciclo de arranque duro  $4 \times I_e$  durante 20segundos
- Compatible con sistemas de alimentación en triangulo a tierra
- Opcional:
  - Panel de operador y display remoto con señal analógica de salida 4-20mA proporcional a la corriente del motor (MCD202)
  - Comunicación en serie, Modbus RTU, AS-i, Profibus y Devicenet
  - Software de dimensionamiento para PC

Figura 17. Diseño del acrílico para el modulo del arrancador



Fuente: Plano realizado por los estudiantes responsables del proyecto

Figura 18. Arrancador MCD 202 Danfoss



Fuente: Fotografía tomada con cámara de celular Samsung Galaxia 3 de 8 MP

Figura 19. Relé Telemecanique 220 V, 50/60 HZ



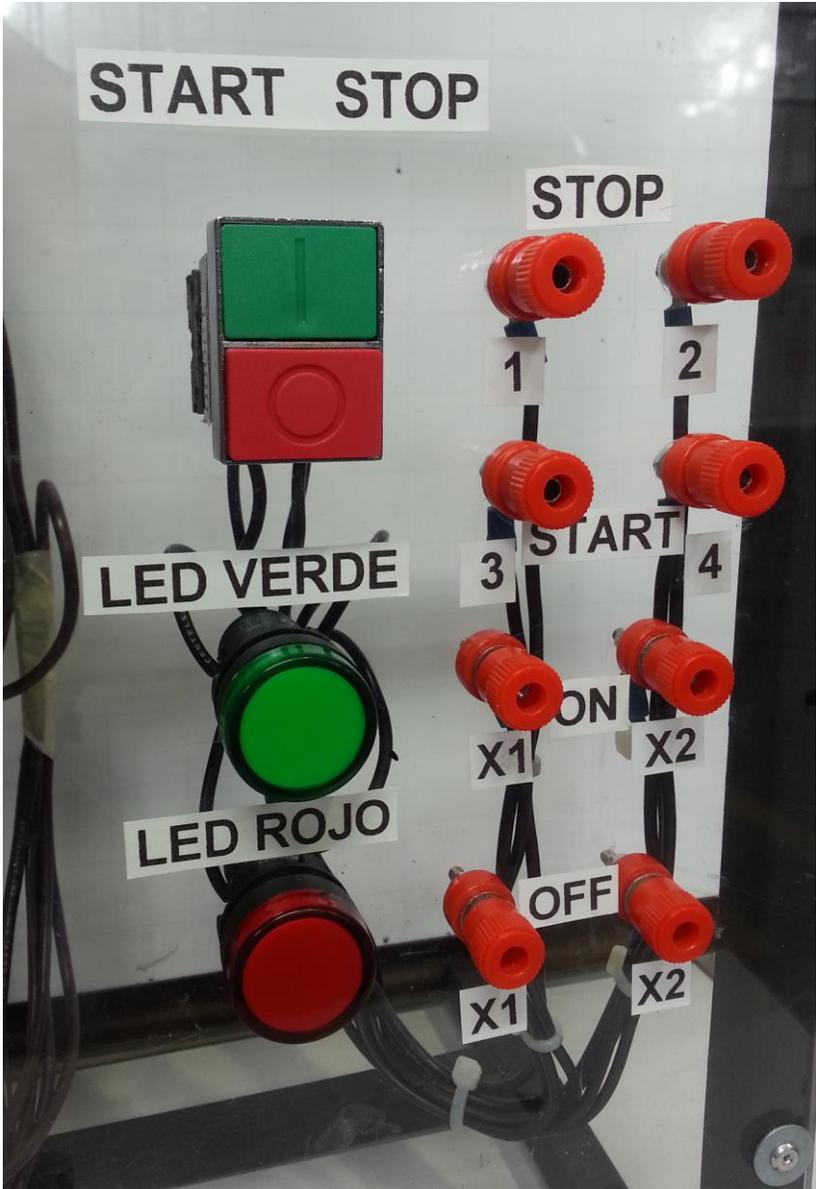
Fuente: Fotografía tomada con cámara de celular Samsung Galaxia 3 de 8 MP

Figura 20. Breakers SASSIN



Fuente: Fotografía tomada con cámara de celular Samsung Galaxia 3 de 8 MP

Figura 21. Parte de mando del módulo



Fuente: Fotografía tomada con cámara de celular Samsung Galaxia 3 de 8 MP

Figura 22. Modulo arrancador suave MCD 202 Danfoss



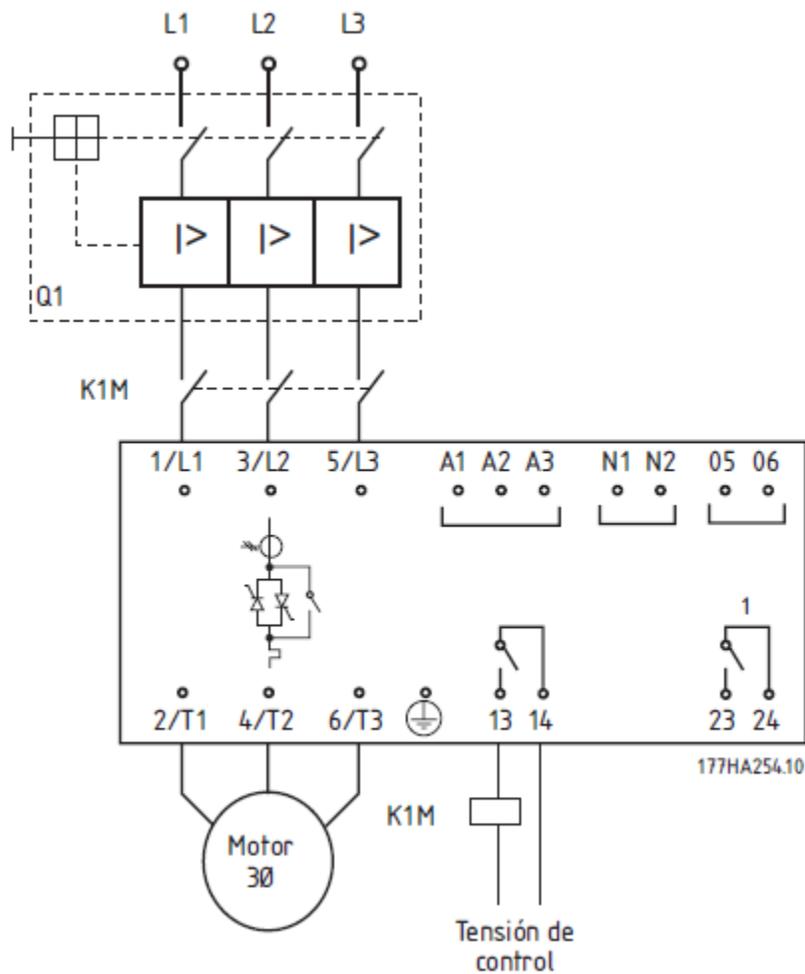
Fuente: Fotografía tomada con cámara de celular Samsung Galaxia 3 de 8 MP

## 6.11 EJEMPLOS DE PROGRAMACIÓN

Los motores de arranque MCD 202 proporcionan un control del límite de intensidad, una parada suave TVR e incluyen una gama de características de protección del motor.

### 6.11.1 Esquemas eléctricos.

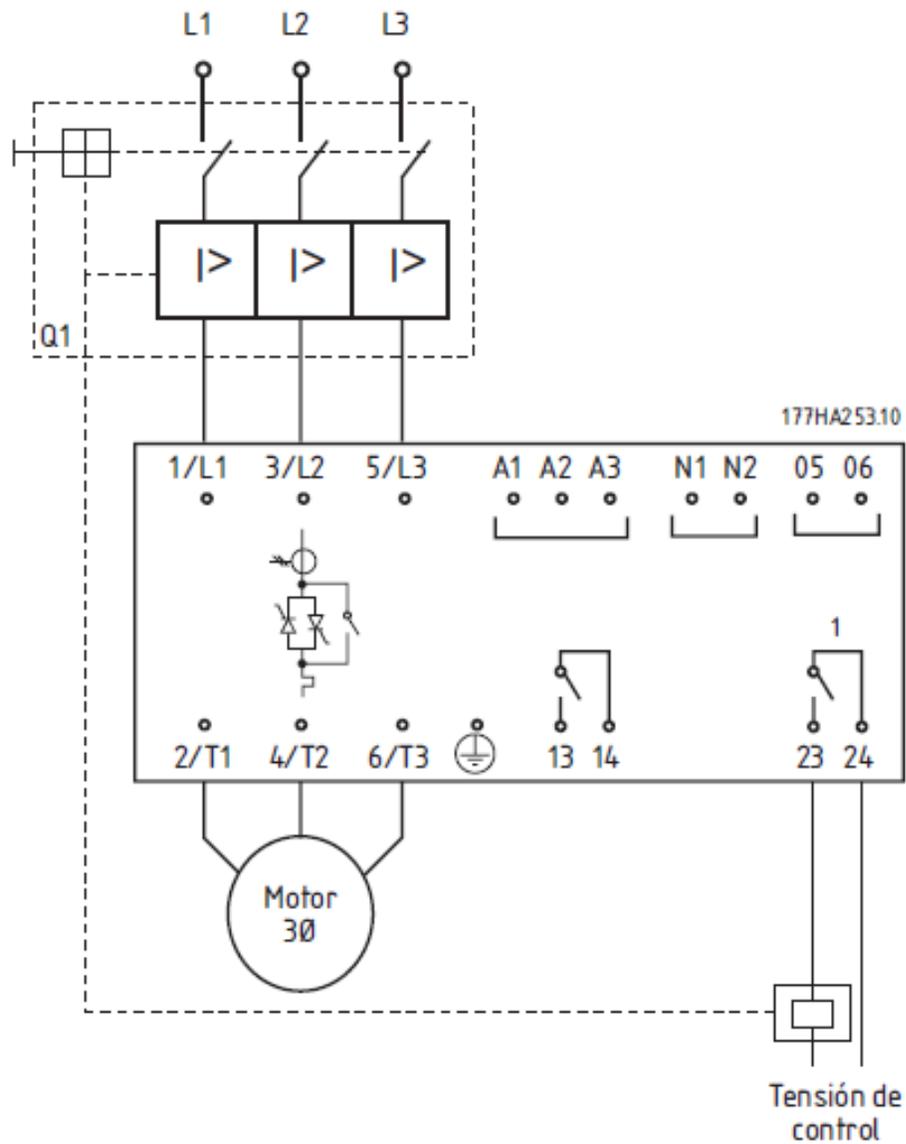
Figura 23. Ejemplo 1



Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

MCD 202 instalado con disyuntor de protección de sistema completo con dispositivo de desconexión en derivación.

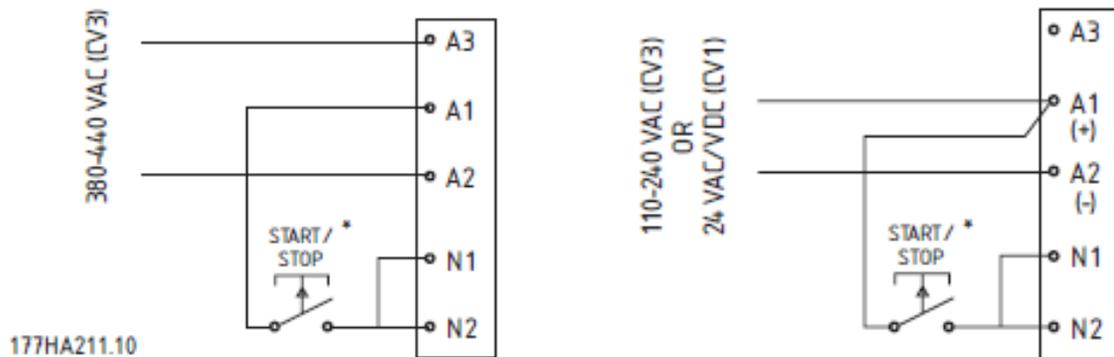
Figura 24. Ejemplo 2



Fuente Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

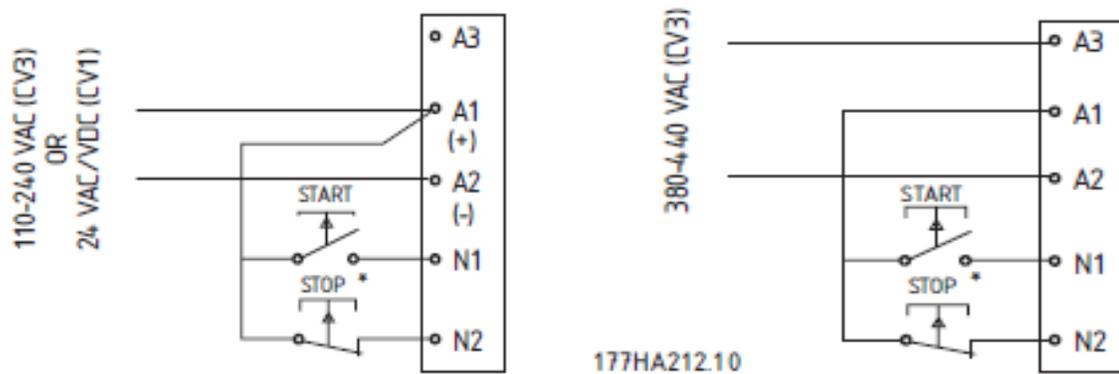
### 6.11.2 Circuitos de control.

Figura 25. Control de 2 cables



Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

Figura 26. Control de 3 cables



Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

### 6.11.3 Funcionalidad.

Tabla 2. FLC del motor

<b>1 FLC del motor</b>	
<b>Valor:</b>	
FLC del MCD 202 del 50% - 100%	★ 100%
<b>Función:</b>	
Calibra el MCD 202 para la corriente de carga plena del motor.	
<b>Descripción de opciones:</b>	
$95\% = \frac{95A}{100A} =$	

Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

Tabla 3. Límite de intensidad

## 2 Límite de intensidad

### Valor:

FLC del motor del 250% - 475% ★ 350%

### Función:

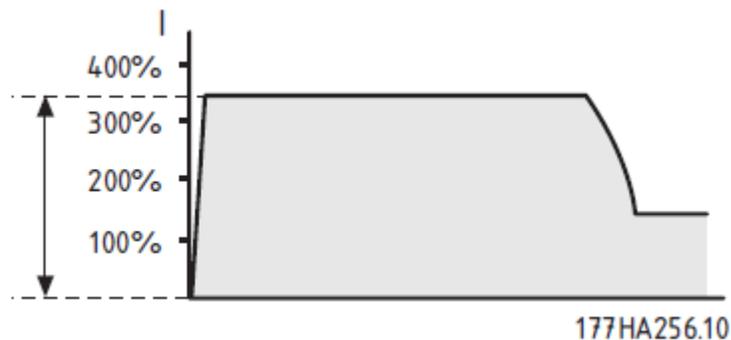
Establece el límite de intensidad de arranque deseado.

### Descripción de opciones:

El límite de intensidad se debería fijar de manera que el motor acelere con facilidad a la velocidad máxima.

Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

Figura 27. Límite de intensidad



Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

La intensidad de arranque debe ser lo bastante grande para permitir que el motor produzca un par suficiente para acelerar la carga conectada. La intensidad mínima requerida para hacer esto depende del diseño motor y los requisitos de par de carga.

Tabla 4. Rampa de intensidad

### 3 Rampa de intensidad

#### Valor:

FLC del motor del 150% (2, 5 ó 15 segundos) ★ No  
FLC del motor del 200% (2, 5 ó 15 segundos)  
FLC del motor del 250% (2, 5 ó 15 segundos)  
No

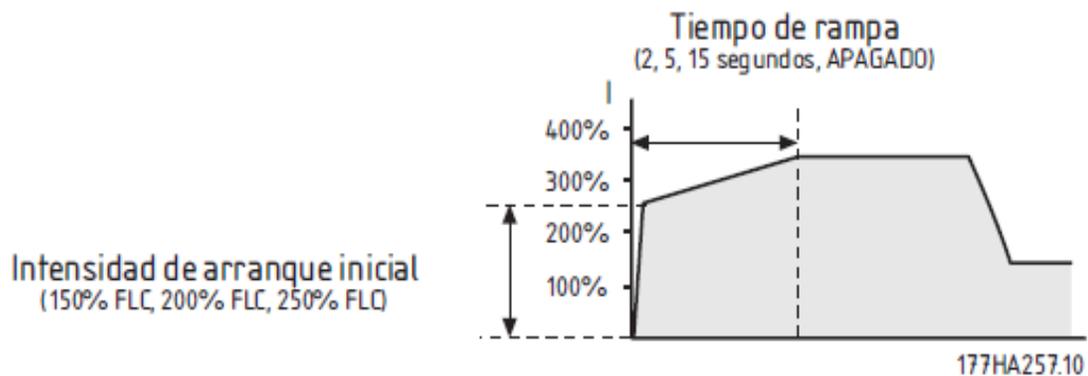
#### Función:

Fija la intensidad de arranque inicial y el tiempo de rampa para el modo de arranque de la rampa de intensidad.

#### Descripción de opciones:

El modo de arranque de la rampa de intensidad modifica el modo de arranque del limite de intensidad, añadiendo una rampa ampliada.

Figura 28. Rampa de intensidad



Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

Normalmente, el modo de arranque de la rampa de intensidad se utilizará bajo dos circunstancias.

1. Para las aplicaciones entre las que varían las condiciones de arranque, el modo de rampa de intensidad proporciona un arranque suave óptimo independientemente de la carga del motor. Por ejemplo, una cinta transportadora que puede arrancar cargada o descargada. En este caso, realice las siguientes configuraciones:

- Establezca el Parámetro 2 Límite de intensidad de manera que el motor pueda acelerar a la máxima velocidad cuando esté totalmente cargado.
- Establezca el Parámetro 3 Rampa de intensidad de manera que; - la intensidad de arranque inicial permita que el motor acelere cuando esté descargado; - el tiempo de rampa proporcione el rendimiento de arranque deseado.

2. En los suministros de un grupo electrógeno en los que se requiere un aumento gradual de la intensidad para permitir que el conjunto electrógeno cuente con un mayor tiempo de respuesta al aumento de la carga. En este caso, realice las siguientes configuraciones.

- Establezca el Parámetro 2 Límite de intensidad deseado.
- Establezca el Parámetro 3 Rampa de intensidad de manera que
  - La Intensidad de arranque inicial sea de un nivel inferior al; Límite de intensidad.

- El tiempo de rampa alcanza el ángulo de retirada gradual deseado de intensidad de arranque.

Tabla 5. Tiempo de rampa de parada suave

<b>4 Tiempo de rampa de parada suave</b>	
<b>Valor:</b>	
2 - 20 segundos, Sin parada suave	★ Sin parada suave
<b>Función:</b>	
Fija el tiempo de la rampa de tensión de parada suave. La función de parada suave aumenta el tiempo de desaceleración del motor haciendo que la tensión suministrada al motor al iniciar una parada evolucione por la rampa de desaceleración.	
<b>Descripción de opciones:</b>	
Fije el tiempo de rampa para optimizar las características de parada para la carga.	

Fuente. Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

Tabla 6. Clase de corte del motor

<b>5 Clase de corte del motor</b>
<b>Valor:</b>
2 - 20 segundos, No <span style="float: right;">★ 10</span>
<b>Función:</b>
Calibra el modelo térmico del motor MCD 202 según la clase de corte del motor deseado.
<b>Descripción de opciones:</b>

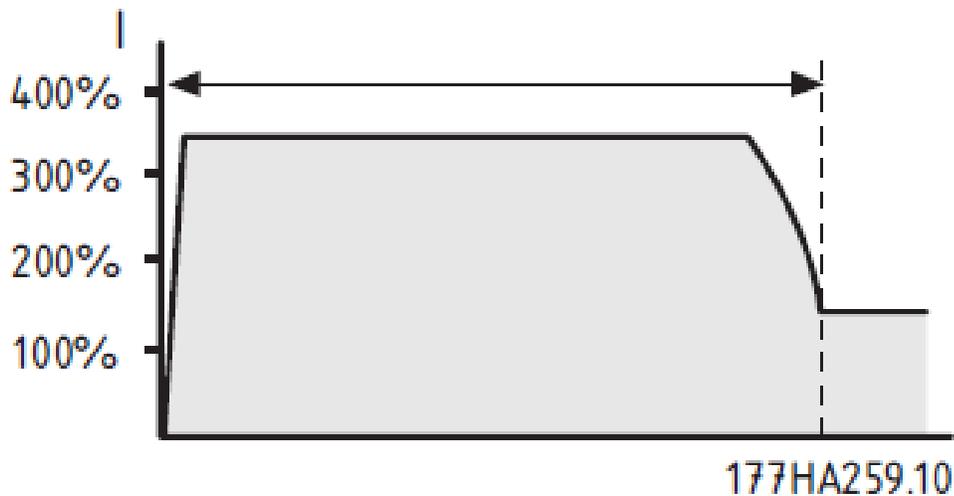
Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

Tabla 7. Protección del tiempo de arranque excesiva

<b>6 Protección del tiempo de arranque excesiva</b>
<b>Valor:</b>
2 - 20 segundos, No <span style="float: right;">★ 10 segundos</span>
<b>Función:</b>
Fija el tiempo de arranque máximo admisible.
<b>Descripción de opciones:</b>
Configure para un periodo apenas más largo que el tiempo de arranque de motor normal. El MCD 202 se desconectará si el tiempo de arranque supera el normal.

Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

**Figura 29. Protección de tiempo de arranque excesivo**



**Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200**

Configure para un periodo apenas más largo que el tiempo de arranque de motor normal. El MCD 202 se desconectará si el tiempo de arranque supera el normal. Esto proporciona una indicación inmediata de que las condiciones de aplicación han cambiado o de que el motor se ha parado. También puede proteger el motor de arranque suave para que no funcione fuera de su capacidad de arranque nominal.

Asegúrese de que la configuración de protección del tiempo de arranque excesivo se encuentra dentro de la capacidad nominal del MCD 202.

Tabla 8. Protección de rotación de fase

7 Protección de rotación de fase	
<b>Valor:</b>	
Cualquiera, FWD	★ CUALQUIERA
CUALQUIERA = Acción directa & Rotación inversa permitida	
FWD = Sólo rotación directa	
<b>Función:</b>	
Establece la secuencia de rotación de fase admisible del suministro entrante.	
<b>Descripción de opciones:</b>	

	FWD	ANY
	✓	✓
	✗	✓

177HA239.10

El propio MCD 202 es insensible a la rotación de fase. Esta función permite limitar la rotación del motor sólo hacia una dirección. Fije la protección de acuerdo con los requisitos de aplicación.

Fuente: Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200Tabla 9. Función de relé auxiliar

## 8 Función del relé auxiliar (Terminales 23, 24)

### Valor:

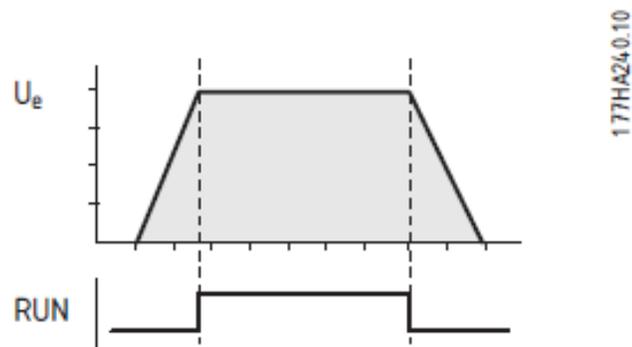
Desconexión, funcionamiento      ☆ Desconexión

### Función:

Establece la funcionalidad de la salida de relé A (Terminales 23,24)

### Descripción de opciones:

Establecer como sea necesario.



Fuente Danfuss. Guía de diseño de la serie MCD 200

## 7. CONCLUSIONES

- Reducción en el consumo de energía eléctrica por efectos de reducción del pico del par de arranque.
- Mejoramiento de la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos, debido a la posibilidad de aumentar la capacidad de producción incrementando la velocidad del proceso.
- Protección del Motor por contar internamente con sistemas de protección además de permitirle mayor vida útil al motor por reducción de impactos mecánicos a través de la asignación de rampas de aceleración y desaceleración para eventos de arranque y parada.
- Ahorro en mantenimiento, por no contar con piezas mecánicas que puedan sufrir envejecimiento por desgaste mecánico.
- Posibilidad de realizar lazos de control y de interactuar con el proceso gracias a que actualmente muchos variadores de velocidad cuentan con funciones de control PID, además de activar señales de alarmas en casos de falla del proceso entre otras muchas posibilidades.
- Contar con la posibilidad de funciones de PLC básico, y de frenado dinámico.

## 8. RECOMENDACIONES

Para realizar prácticas con el arrancador se debe tener en cuenta:

- El voltaje del variador de velocidad es peligroso cuando el equipo está conectado a la red. La instalación incorrecta del motor o del convertidor de frecuencia puede generar daños al equipo, lesiones físicas, o incluso la muerte. Por tanto, es importante respetar las instrucciones del manual, así como las normas, reglamentos de seguridad vigentes.
- Desconecte el variador de velocidad de la red de alimentación para evitar el arranque accidental de cualquier motor.
- No retire las conexiones de la red de alimentación, ni las del motor u otras conexiones de alimentación mientras el variador de velocidad esté conectado a la red.
- Proteja a los usuarios de la tensión de alimentación.
- Proteja el motor contra sobrecargas conforme a la normativa vigente.
- La tecla [OFF] (apagar) no es un interruptor de seguridad. No desconecta el convertidor de frecuencia de la red de alimentación. De manera que se debe tener precaución.
- Arroyave Garcia Héctor Mauricio, tesis de grado comunicación de un motor de inducción trifásica y variador de velocidad a través del plc twido en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Medellín, 2007, página 20

## CIBERGRAFÍA

<sup>1</sup> COBO, Raul. El ABC de la automatización. Drives o variadores de velocidad o convertidores de frecuencia. [Internet]. <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/DRIVES-variadores%20de%20velocidad%20.pdf>. [Consulta: 13 de septiembre de 2013].f

<sup>2</sup> QUISPE OSCO, Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico. [Internet]. <http://quispeoscor1.wikispaces.com/file/view/arrancadores+1.pdf>. Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA., FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA. [Consulta: 15 de septiembre de 2013].

<sup>3</sup> ODISA. Ingeniería electromecánica. Arracadores suaves. 2013. [Internet]. <http://www.odisagt.com/index.php?showPage=82>. [Consulta: 15 de septiembre de 2013].

<sup>4</sup> QUISPE OSCO, Raven Axel. Arrancadores. Dibujo eléctrico. [Internet]. <http://quispeoscor1.wikispaces.com/file/view/arrancadores+1.pdf>. Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA., FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA. [Consulta: 15 de septiembre de 2013].

<sup>5</sup> Bombas mejorada., S.A. Ssistemas de bombeo. Productos. Arrancadores electrónicos para bombas. [Internet]. <http://www.sistemasdebombeo.com/productos/accesorios/arrancadores.html>. [Consulta: 20 de septiembre 2013].

### Otra cibergrafía

- <http://www.freewebs.com/mecatronica/electronicaindustrial.htm> 7/05/2011
- <http://motorelectrico-colegioeljazmin901.blogspot.com/2010/09/historia-del-motor-electrico.html> 7/05/2011
- WIKIPEDIA. Motor eléctrico. [Internet]. [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico). [Consulta: septiembre 30 de 2013].
- DANFOSS GROUP GLOBAL. Save energy and CO2 today: the solutions are ready. [Internet]. [www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives) [Consulta: octubre 2 de 2013].
- <http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html> 03/04/2011
- <http://www.invema.es/Modulos/DocumentosVisor.aspx?Fid=1001> 03/04/2011

- 
- REITEC. Servicios de ingeniería. [Internet] [www.reitec.es/web/descargas/documentacion3.pdf](http://www.reitec.es/web/descargas/documentacion3.pdf)[Consulta: octubre 2 de 2013].
  - WIKIPEDIA. Variador de velocidad. [Internet]. [http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad). [Consulta: octubre 2 de 2013].
  - WIKIPEDIA. Variador de frecuencia. [Internet]. [http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia). [Consulta: octubre 2 de 2013]
  - GOOGLE IMÁGENES. Imágenes de rotores y estator. [Internet]. [http://www.google.com/search?hl=es&rlz=1C1AVSX\\_enCO402CO402&q=figura+de+rotor+y+estator&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.&biw=1138&bih=525&um=1&ie=UTF-8&tbn=isch&source=og&sa=N&tab=wi](http://www.google.com/search?hl=es&rlz=1C1AVSX_enCO402CO402&q=figura+de+rotor+y+estator&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.&biw=1138&bih=525&um=1&ie=UTF-8&tbn=isch&source=og&sa=N&tab=wi) 2011. [Consulta: octubre 2 de 2013].