

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería en Electricidad y  
Computación

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO  
DIDÁCTICO PARA EL CONTROL Y VISUALIZACIÓN DE  
CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DE MOTORES  
ELÉCTRICOS PARA EL LABORATORIO DE  
ELECTRÓNICA DE POTENCIA"

## **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentado por

JAIME JOFFRE VERA VERZOLA

Guayaquil - Ecuador

2008

# AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por las oportunidades y los medios que puso en mi camino para realizar este trabajo.

A mi familia que me brinda siempre su apoyo constante.

A mis profesores especialmente a mi director de tesis Ing. Alberto Larco; a todos ellos por entregarme sus valiosos conocimientos.

Un agradecimiento especial a don Rufino Assan por su colaboración en la implementación de este proyecto.

Y finalmente a mis amigos quienes estuvieron pendientes de mi progreso.

# DEDICATORIA

A Dios

A mi familia

A Tammy

# TRIBUNAL DE GRADUACION



---

Ing. Holger Cevallos  
Subdecano de la FIEC  
Presidente



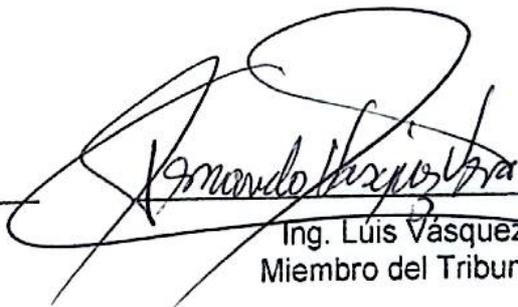
---

Ing. Alberto Larco G.  
Director de TESIS



---

Ing. Alberto Manzur  
Miembro del Tribunal



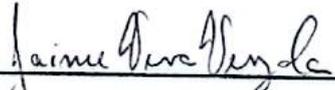
---

Ing. Luis Vásquez  
Miembro del Tribunal

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL ICA  
UNIDAD DE INVESTIGACION  
BIBLIOTECA  
INV. No. ELET-IN-145-1

# DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

  
JAIME VERA VERZOLA

# RESUMEN

Capítulo I: Manejo del arrancador suave Altistart 48, describe su principio de funcionamiento electrónico básico, sus características eléctricas y conexiones, así como también los menús de programación y la función de los parámetros a utilizarse. Además, la conexión y programación desde el computador.

Capítulo II: Variadores de frecuencia, explica el comportamiento de los variadores mediante un esquema funcional sencillo y generalizado. Realiza una introducción al manejo de los variadores Altivar 31 de Telemecanique y FC 302 de Danfoss describiendo sus características y forma de programación.

Capítulo III: Controlador lógico programable S7-300, contiene la descripción del CPU 312c y de los módulos de entradas y salidas a utilizarse, también una breve explicación de la programación en lenguaje KOP y la lógica a utilizarse para el control de los equipos de este proyecto.

Capítulo IV: Freno por corrientes de Eddy TERCO MV 1045, describe el funcionamiento de este equipo y los diagramas de las tarjetas electrónicas del mismo.

Capítulo V: Adquisición de datos por medio de LabVIEW, expone las etapas de un sistema de adquisición de datos tradicional, describe las características de la tarjeta de adquisición NI 6221, los circuitos de acondicionamiento necesarios para medir las señales del proyecto y el respectivo programa de monitoreo.

# INDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>2</b>
<b>1. MANEJO DEL ARRANCADOR SUAVE ALTISTART 48</b> .....	<b>2</b>
1.1. Principio de funcionamiento del arrancador estático ATS 48.....	2
1.1.1. Introducción.....	2
1.1.2. Esquema funcional del arrancador estático ATS48 .....	4
1.1.3. Tarjetas electrónicas del arrancador ATS 48D17Q.....	10
1.2. Características del arrancador suave ALTISTART 48.....	14
1.2.1. Características eléctricas del ATS 48D17Q.....	14
1.2.2. Descripción del panel frontal .....	14
1.2.3. Descripción de las borneras de control .....	16
1.2.4. Descripción de las Bornes de potencia.....	18
1.2.5. Códigos de fallos.....	19
1.3. Programación del arrancador suave ALTISTART 48.....	21
1.3.1. Menú de ajustes Set.....	21
1.3.2. Menú de protección PrO.....	23
1.3.3. Menú de ajustes avanzado drC.....	27
1.3.4. Menú de entradas/salidas IO .....	29
1.3.5. Menú de parámetros del 2º motor St2.....	31
1.3.6. Menú de supervisión SUP.....	31

1.4.	Programación usando el software Power Suite v2.0.0.....	34
1.4.1.	Creación de un nuevo proyecto en Power Suite.....	34
1.4.2.	Conexión del arrancador ALTISTART 48 a un PC .....	38
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>41</b>
<b>2.</b>	<b>VARIABLES DE FRECUENCIA .....</b>	<b>41</b>
2.1.	Principio de funcionamiento de los variadores de frecuencia .....	41
2.1.1.	Introducción.....	41
2.1.2.	Estructura del variador de frecuencia.....	43
2.1.2.1.	Rectificador .....	43
2.1.2.2.	Circuito intermedio .....	44
2.1.2.3.	Inversor .....	45
2.1.2.4.	Controlador.....	46
2.1.3.	Modos de control de los variadores de frecuencia .....	46
2.1.4.	Tarjetas del variador de frecuencia ALTIVAR 31 .....	53
2.2	Manejo del variador de frecuencia ALTIVAR 31 .....	59
2.2.1.	Características del variador de frecuencia altivar 31 .....	59
2.2.1.1.	Características eléctricas del ATV31HU15M2.....	59
2.2.1.2.	Descripción del panel frontal.....	60
2.2.1.3.	Descripción de las borneras de control .....	61
2.2.1.4.	Descripción de los bornes de potencia.....	64
2.2.1.5.	Códigos de fallos .....	64
2.2.2.	Programación del variador de frecuencia Altivar 31 .....	68
2.2.2.1.	Menú de control del motor drC- .....	70
2.2.2.2.	Menú de ajustes SEt-.....	70

2.2.2.3.	Menú de entradas/salidas I-O- .....	71
2.2.2.4.	Menú de control CtL- .....	73
2.2.2.5.	Menú de funciones de aplicaciones FUN- .....	74
2.2.2.6.	Menú de supervisión SUP-.....	75
2.2.3.	Programación usando el software Power Suite v2.0.0 .....	76
2.2.3.1.	Creación de un nuevo proyecto en Power Suite .....	76
2.2.3.2.	Conexión del variador ALTIVAR 31 a un PC .....	79
<b>2.3</b>	<b>Manejo del variador de frecuencia DANFOSS FC302.....</b>	<b>83</b>
2.3.1.	Características del variador de frecuencia DANFOSS FC302 .....	83
2.3.1.1.	Características eléctricas.....	83
2.3.1.2.	Descripción del Panel de Control Local .....	84
2.3.1.3.	Descripción de los terminales de control .....	87
2.3.1.4.	Descripción de los bornes de potencia.....	89
2.3.2.	Programación del variador de frecuencia DANFOSS FC 302 .....	92
2.3.2.1.	Funciones del botón Quick Menú .....	93
2.3.2.2.	Grupos del Menú Principal .....	95
2.3.2.3.	Parametrización del DANFOSS FC 302 .....	98
2.3.2.4.	Control de Lógica Inteligente .....	102
2.3.2.5.	Reestablecer ajustes predeterminados.....	107
 <b>CAPÍTULO III.....</b>		 <b>108</b>
 <b>3. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC) S7 300 .....</b>		 <b>108</b>
3.1	Descripción del PLC S7-300.....	108
3.1.1.	Fuente de poder SITOP.....	109
3.1.2.	Módulo central CPU 312C .....	109

3.1.3.	Módulos de señales .....	111
3.1.3.1.	Módulo de entradas digitales SM 321 .....	111
3.1.3.2.	Módulo de salidas digitales SM 322.....	112
3.1.3.3.	Módulo de entradas analógicas SM 331 .....	113
3.1.3.4.	Módulo de salidas analógicas SM 332.....	114
3.2	Uso del software de programación STEP 7 .....	115
3.2.1.	Elaboración de un proyecto en STEP 7 .....	115
3.2.1.1.	Configuración del hardware .....	118
3.2.1.2.	Direccionamiento de entradas y salidas .....	120
3.2.2.	Diseño de un programa de STEP7 .....	122
3.2.2.1.	Programación simbólica .....	122
3.2.2.2.	Programación del bloque principal en lenguaje KOP .....	125
3.2.3.	Implementación del programa de control .....	131
3.2.3.1.	Funcionamiento del ALTISTART 48 en modo automático.....	133
3.2.3.2.	Funcionamiento del ALTIVAR 31 en modo automático.....	134
3.2.3.3.	Funcionamiento en modo manual.....	135
3.2.3.4.	Código KOP del programa .....	137
3.2.4.	Transferencia del programa y comunicación con el PC .....	140
3.2.4.1.	Ajuste de interfase PG-PC .....	140
3.2.4.2.	Cargar programa en el sistema de destino .....	143
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>145</b>
<b>4. FRENO POR CORRIENTES DE EDDY TERCO MV 1045 .....</b>		<b>145</b>
4.1	Descripción general .....	145

4.2	Análisis del módulo de control TERCO MV 1045 .....	147
4.2.1.	Medición de velocidad .....	148
4.2.2.	Medición de torque y potencia.....	153
4.2.3.	Control de torque .....	159
 <b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>163</b>
 <b>5. ADQUISICION DE DATOS POR MEDIO DE LABVIEW.....</b>		<b>163</b>
5.1.	Componentes de un sistema de adquisición de datos.....	163
5.1.1.	Características de la tarjeta de adquisición de datos NI 6221.....	165
5.2.	Elaboración de circuitos de acondicionamiento de señal .....	166
5.2.1.	Medición de corriente.....	166
5.2.2.	Medición de voltaje .....	169
5.2.3.	Medición de velocidad y torque.....	170
5.3.	Manejo del software de programación LabVIEW 8.0.....	171
5.3.1.	Panel frontal de un instrumento virtual .....	173
5.3.2.	Diagrama de bloques de un instrumento virtual .....	176
5.3.3.	Programa de monitoreo de señales del proyecto.....	178
 <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>185</b>
 <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>		<b>189</b>
 <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>		<b>195</b>

<b>INDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>196</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>197</b>
<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>200</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>201</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>203</b>

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el diseño y construcción de un equipo didáctico para el control de motores eléctricos trifásicos tipo jaula de ardilla, basado en equipos industriales de control de velocidad y arrancadores suaves, con el fin de realizar prácticas actualizadas de acuerdo a la tecnología existente en el Laboratorio de Electrónica de Potencia con la que los estudiantes tengan nociones del manejo de estos equipos que encontrarán en su ambiente profesional.

El proyecto incluye un arrancador suave de la marca Telemecanique modelo Altistart 48; dos variadores de frecuencia, uno marca Telemecanique modelo Altivar 31 y el otro marca Danfoss modelo FC 302 que manejan motores trifásicos de inducción de 2 HP de la marca TERCO.

La obtención y procesamiento de las variables de sistema (torque, velocidad, voltaje, corriente y frecuencia) son efectuadas por el software LabVIEW utilizando la tarjeta de adquisición de datos NI PCI 6221 y el control del panel mediante el PLC S7-300.

# CAPITULO I

## 1. MANEJO DEL ARRANCADOR SUAVE ALTISTART 48

### 1.1. Principio de funcionamiento del arrancador estático ATS 48

#### 1.1.1.Introducción

Emplear un arranque a tensión reducida es necesario para disminuir los efectos de un arranque a plena tensión, como son:

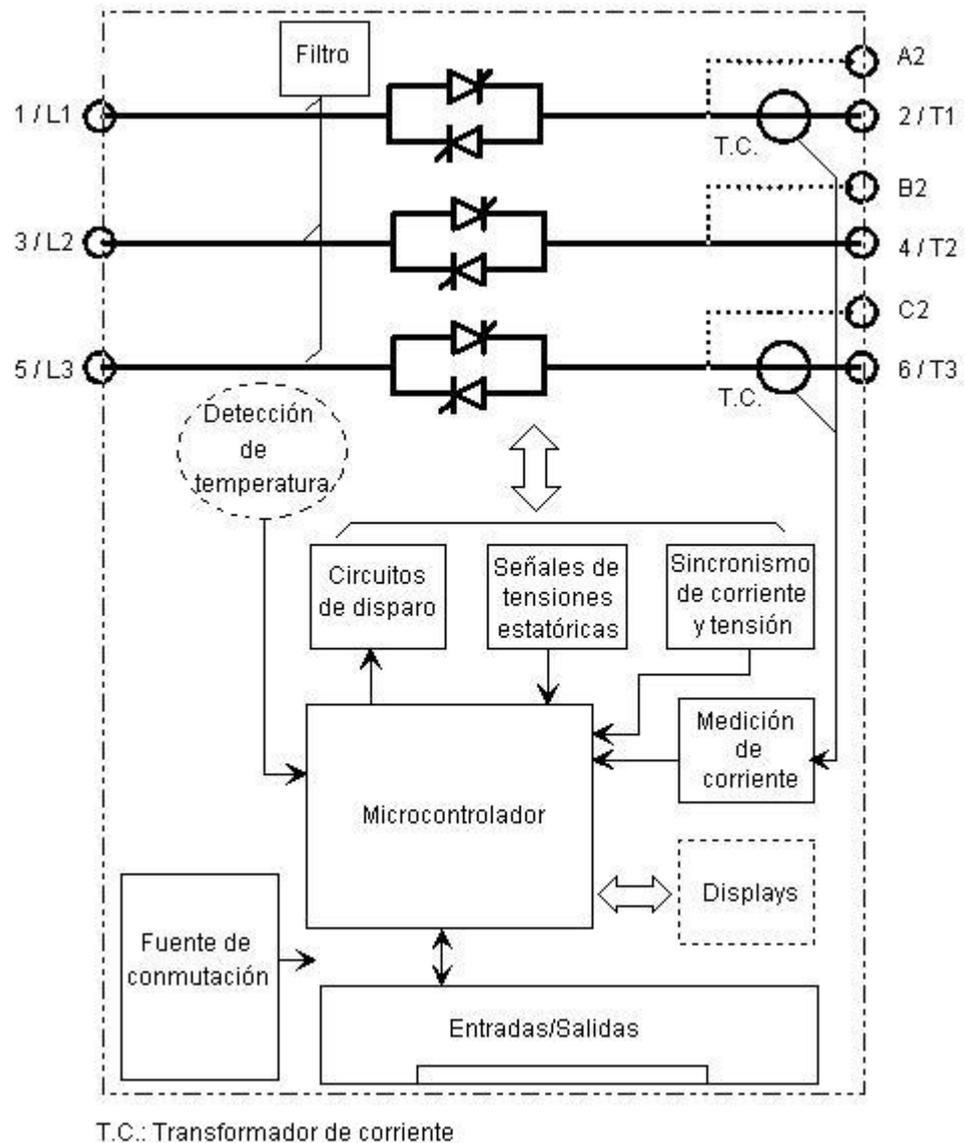
- Perturbaciones en la red de alimentación
  - Alta corriente demandada durante el arranque
  - Fuertes caídas de tensión
  - Bajo factor de potencia
- Par de arranque muy alto
  - Esfuerzos excesivos en los elementos mecánicos
  - Riesgo de daños en los materiales procesados

El arranque a tensión reducida disminuye la corriente demandada y el torque, un arrancador suave o estático, en nuestro caso el ALTISTART 48 (ATS 48) además proporciona:

- Torque de aceleración suave y constante
- Flexibilidad en la ejecución del arranque
  - Límite de corriente
  - Rampas de aceleración ajustables
  - Refuerzo del torque de arranque (boost)
- Control de torque durante la deceleración
- Funciones de protección

Cada una de estas características las describiremos brevemente en este capítulo y su forma de parametrización en la sección 1.3

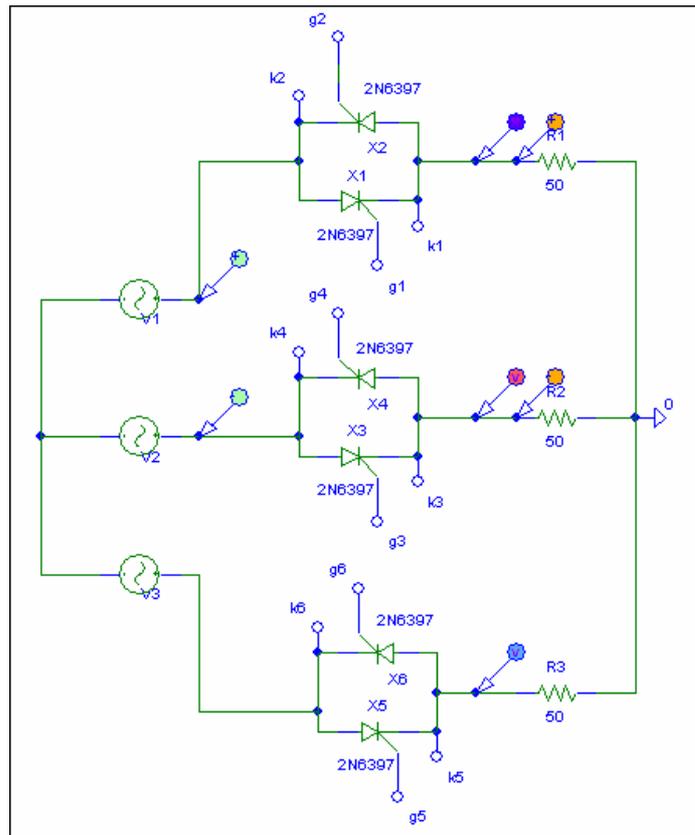
### 1.1.2. Esquema funcional del arrancador estático ATS48



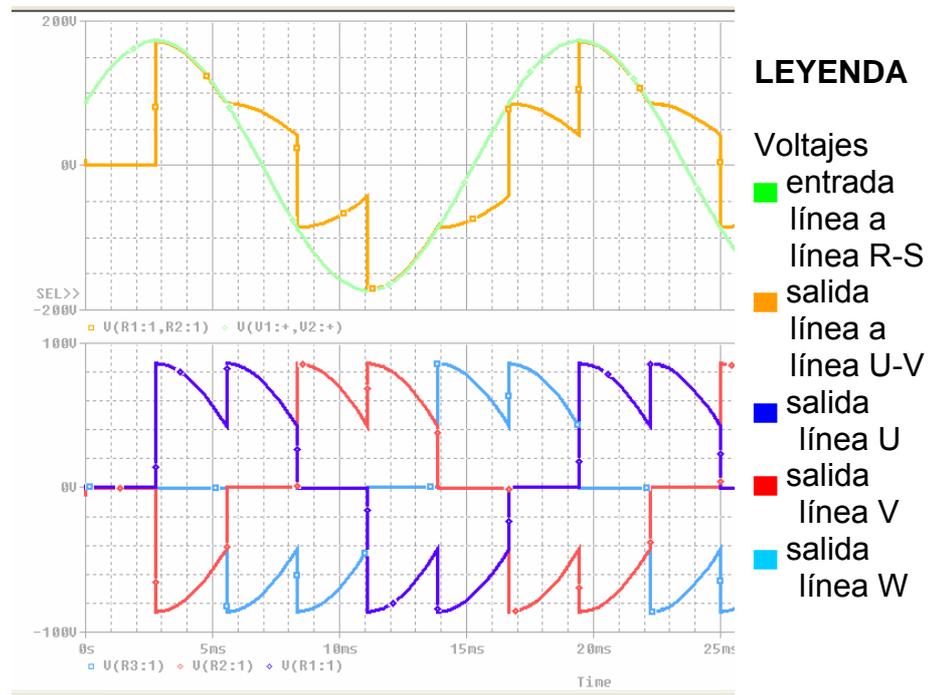
**Figura 1.1** Esquema funcional del ATS 48

El ALTISTART 48 opera con 6 SCR's en antiparalelo, mediante la variación de su ángulo de disparo se controla la magnitud del voltaje aplicado al motor mas no la frecuencia.

El microcontrolador regula el ángulo de disparo para controlar la corriente y el par de arranque, adquiriendo señales de tensión y corriente del circuito de fuerza formado por los SCR's.



**Figura 1.2** Diagrama de fuerza del arrancador estático



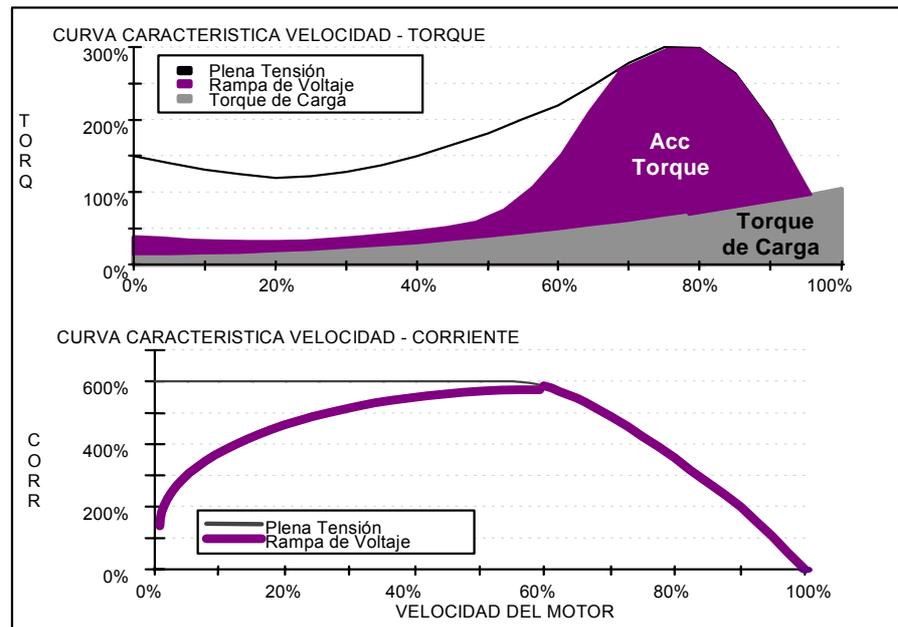
**Figura 1.3** Formas de onda de voltajes de entrada y salida

Existen tres métodos para controlar el ángulo de disparo:

- **Aceleración con rampa de voltaje**

El voltaje es incrementado de un valor inicial hasta llegar al voltaje de línea en forma lineal y en un periodo determinado.

Este método no garantiza que el motor alcance su velocidad nominal al final de la rampa, por lo que el motor absorberá la cantidad de corriente necesaria para alcanzarla a voltaje nominal.



**Figura 1.4** Curvas de arranque del motor con rampa de voltaje

- **Aceleración con límite de corriente**

El voltaje se mantiene constante por un tiempo definido por el usuario, el control de límite de corriente puro brinda un resultado similar al de técnicas electro-mecánicas de arranque por tensión reducida (p.ej. estrella-triángulo).

Combinando con el método anterior el voltaje crece de manera lineal mientras la corriente sea inferior al límite configurado. En ambos casos la aceleración del motor es baja al inicio y muy rápida al final de la rampa.

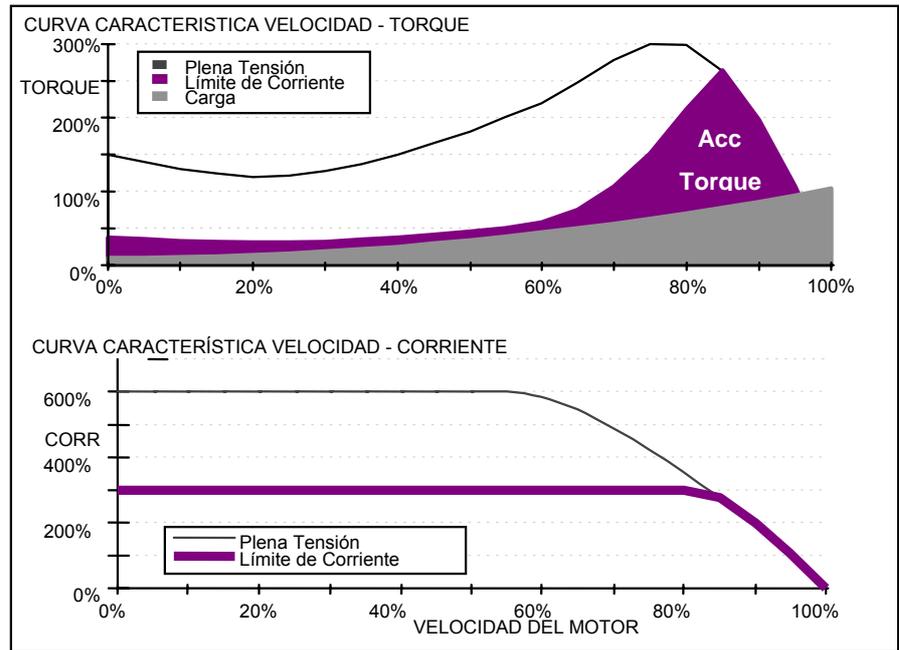


Figura 1.5 Curvas de arranque del motor con límite de corriente

▪ **Aceleración con sistema de control de torque (TCS)**

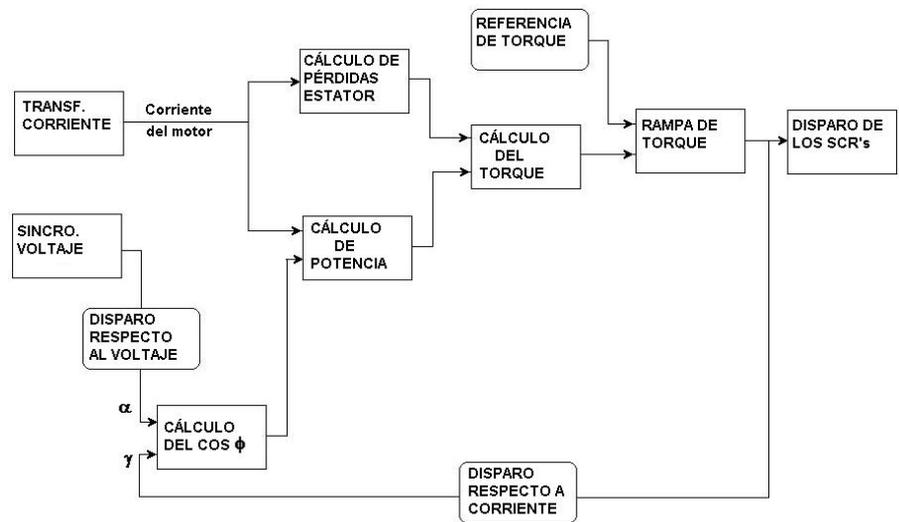
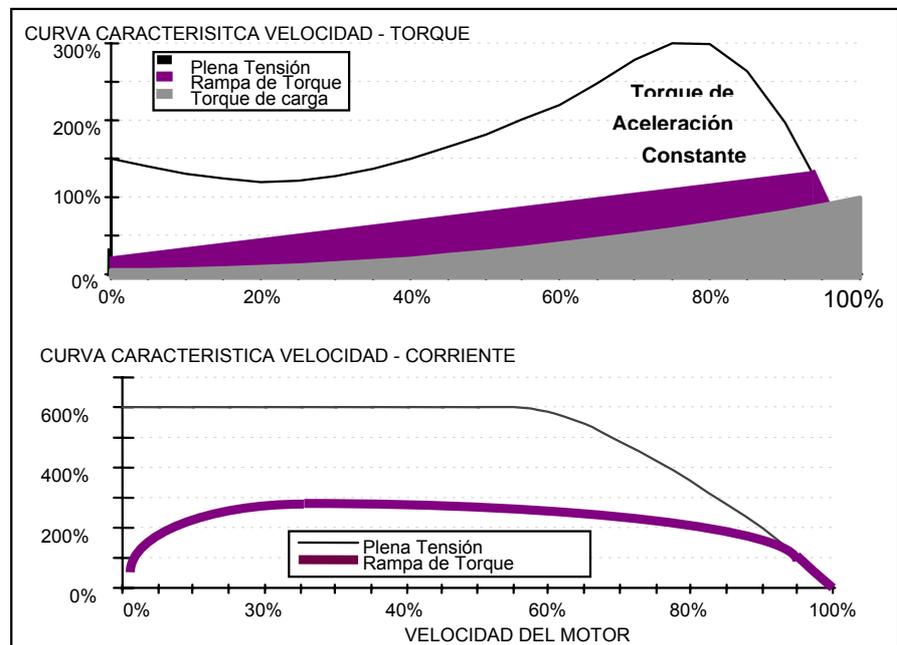


Figura 1.6 Diagrama de flujo del sistema de control de torque

Usa un algoritmo de control que calcula la potencia real del estator y del rotor, en base a las señales de corriente y voltaje medidas del circuito, para mantener un torque de aceleración constante.

La potencia del rotor se calcula restando las pérdidas de la potencia suministrada al estator, que son calculadas mediante el parámetro LSC definido como el coeficiente entre las pérdidas y la potencia (ver sección 1.3.3). Con la potencia del rotor se controla el torque de aceleración, sin necesidad de una señal de realimentación obtenida de un tacómetro, para obtener una rampa lineal de velocidad [4].



**Figura 1.7** Curvas de arranque del motor con sistema de control de torque

### 1.1.3. Tarjetas electrónicas del arrancador ATS 48D17Q

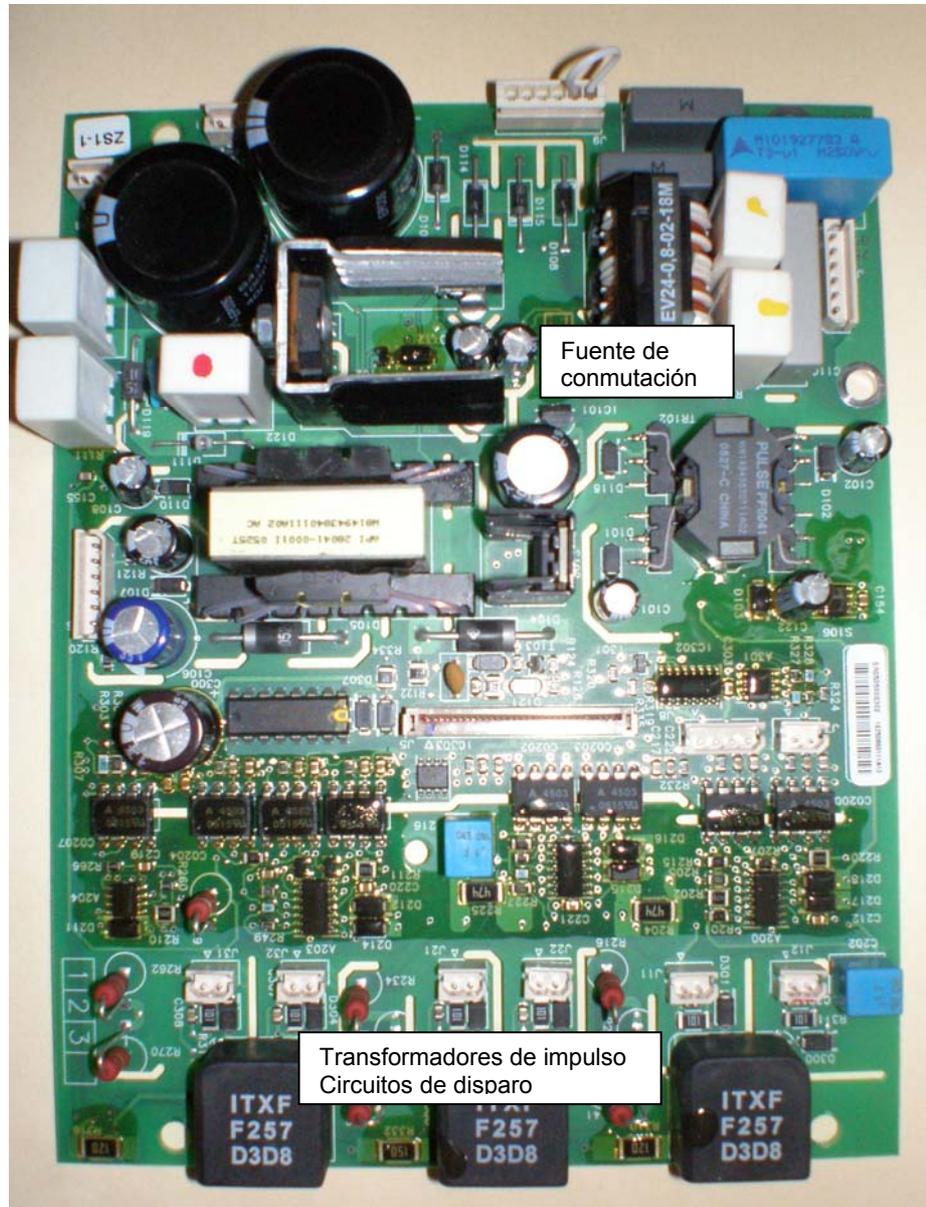
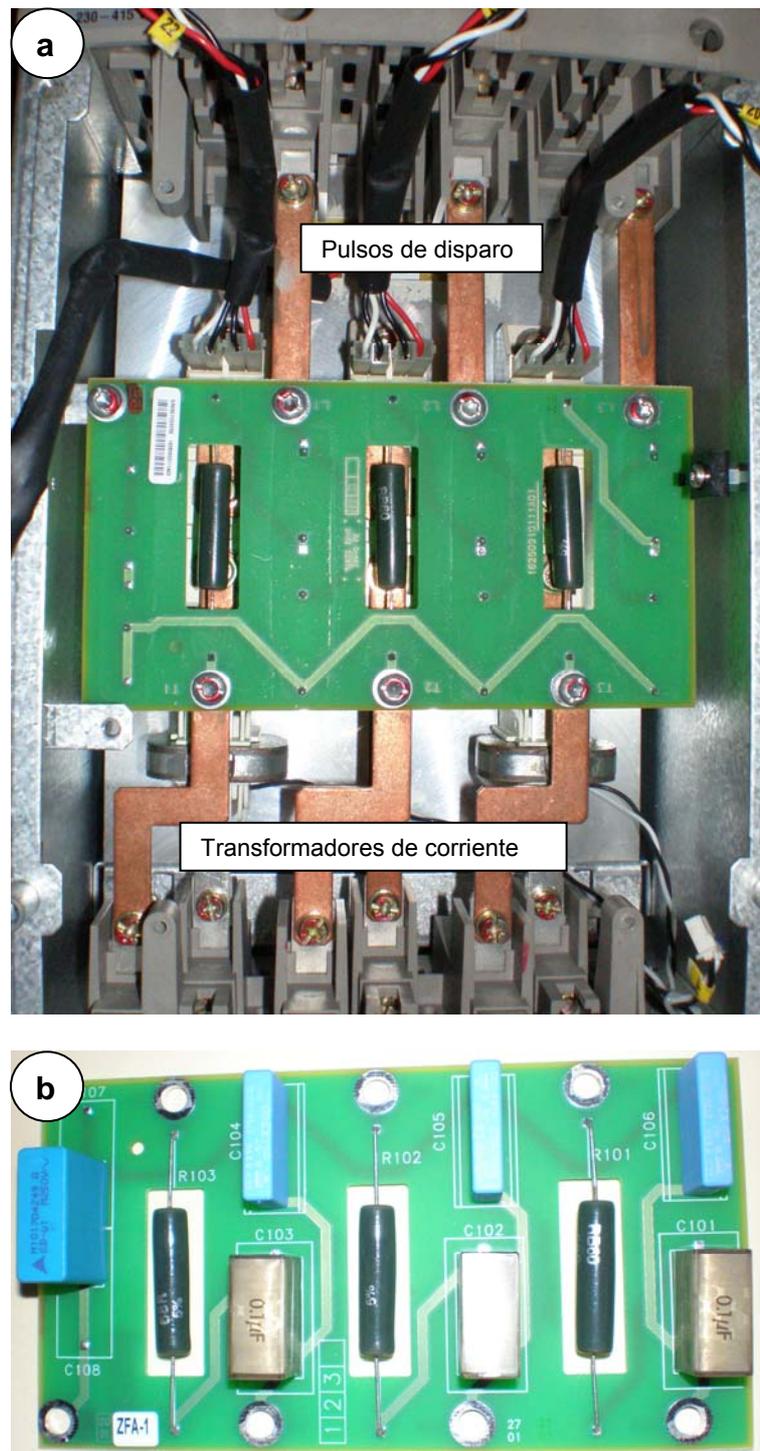
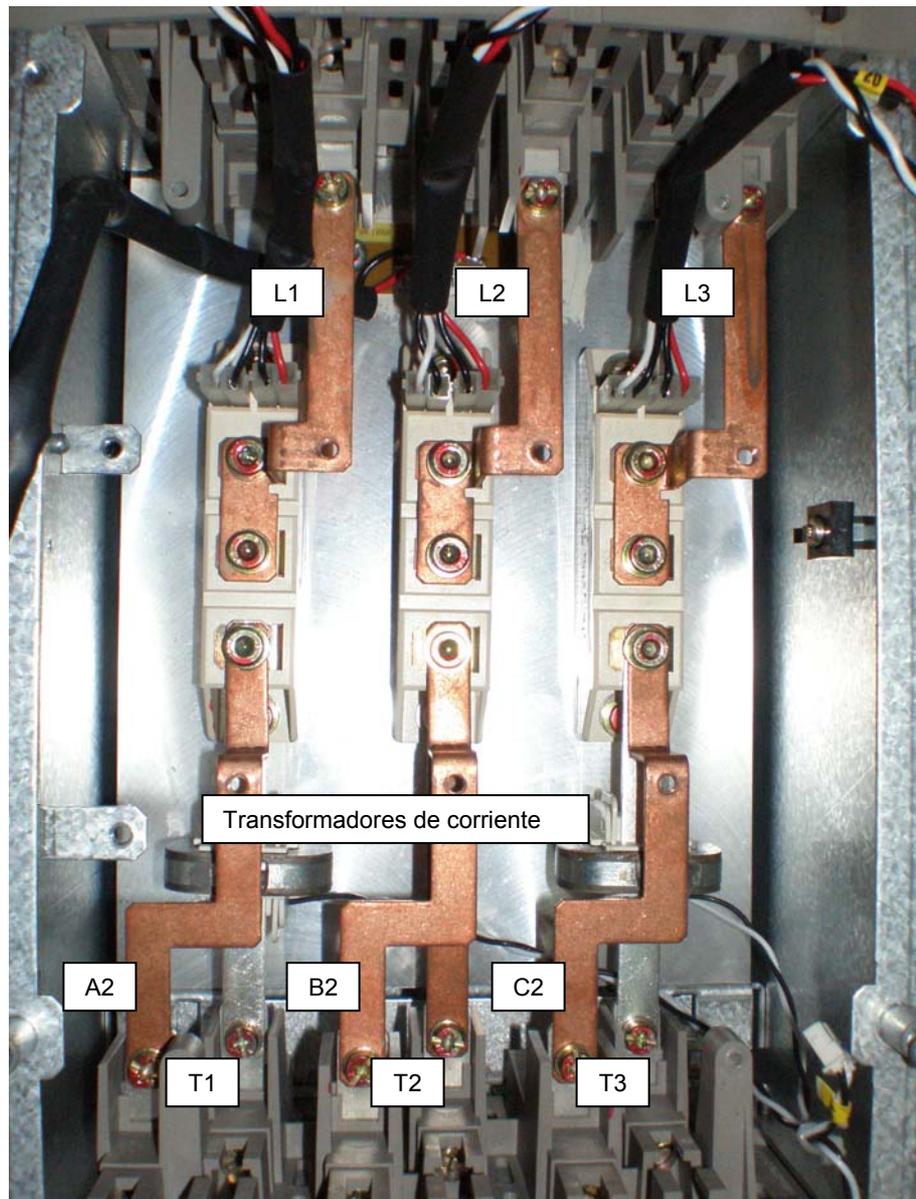


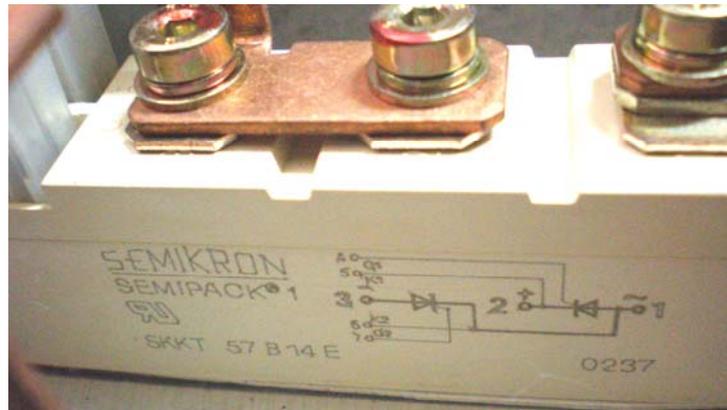
Figura 1.8 Tarjeta de control del ATS 48D17Q



**Figura 1.9** Tarjeta de protección de SCR's (Redes Snubber)  
 a. Vista anterior, b. Vista posterior



**Figura 1.10** Circuito de fuerza del ATS 48D17Q



**Figura 1.11** Módulo de 2 SCR's  
(Semikron Semipack 1 SKKT 57 B 14 E)

## 1.2. Características del arrancador suave ALTISTART 48

### 1.2.1. Características eléctricas del ATS 48D17Q

Potencia indicada en la placa del motor

- 4 kW, 230 V
- 7.5 kW, 400 V

Arrancador

- Tensión de alimentación trifásica: 230 / 415 V (+ 10% - 15 %)
- Frecuencia de red: 50 / 60 Hz
- Corriente máxima permanente: 17 A
- ICL, calibre del arrancador: 17 A

### 1.2.2. Descripción del panel frontal

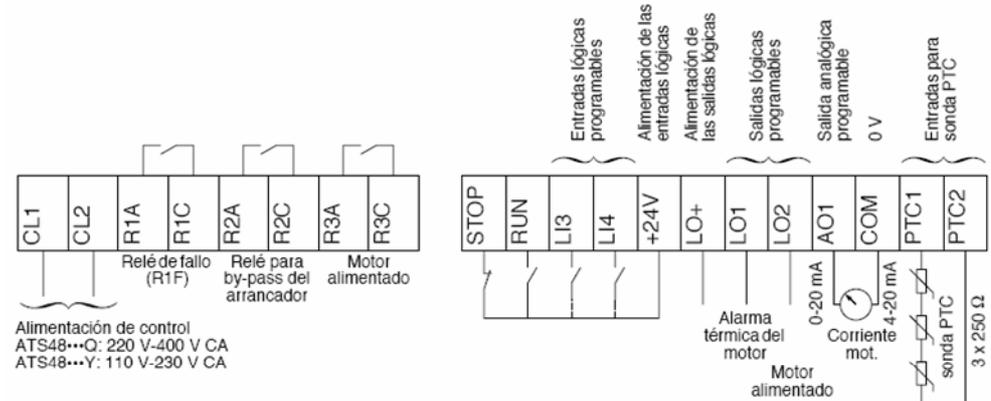


**Figura 1.12** Panel frontal

A continuación se describe la función de las teclas y partes del panel frontal del arrancador ALTISTART 48:

- El botón ENT, sirve para acceder al menú de parámetros y para grabar los valores modificados. Al grabar un valor el display parpadea.
- El botón ESC, se usa para salir de un menú y para cancelar cambios realizados.
- Los botones ▲▼, para desplazarse por los parámetros del menú y modificar su valor.
- El display de 7 segmentos, muestra los parámetros, fallos, valores de supervisión y el estado del variador:
  - nLP, potencia no alimentada
  - rdY, potencia alimentada
  - tbS, temporización antes de arranque no transcurrida
  - HEA, calentamiento del motor en curso
  - brL, arrancador en frenado
  - Stb, espera de una orden de control (RUN o STOP) en modo cascada

### 1.2.3. Descripción de las borneras de control



**Figura 1.13** Borneras de control

#### *Alimentación de control del Altistart (CL1, CL2)*

- Tensión: 220 a 415 V + 10 % - 15 %, 50 / 60 Hz
- Consumo de potencia: 25 W

#### *Contactos normalmente abiertos de relés programables*

- r1 (R1A, R1C), r3 (R3A, R3C)
- r2, relé de final de arranque (R2A, R2C)
- Conmutación máxima: 1.8 A para 230 Vac y 30 Vdc

### *Entradas lógicas de 24 V*

- STOP, parada del arrancador (estado 0 = parada)
- RUN, marcha del arrancador (estado 1 = marcha, si STOP en estado 1)
- Entradas programables: LI3, LI4
- $V_{\text{máx}} = 30 \text{ V}$ ,  $I_{\text{máx}} = 8 \text{ mA}$
- Estado 1:  $V > 11 \text{ V} - I > 5 \text{ mA}$
- Estado 0:  $V < 5 \text{ V} - I < 2 \text{ mA}$

### *Alimentación de las entradas lógicas, 24V*

- $+ 24 \text{ V} \pm 25 \%$  aislada y protegida contra los by-pass y las sobrecargas
- Consumo máximo: 200 mA

### *Alimentación de las salidas lógicas, LO+*

Para conectar a 24V o a una fuente externa

### *Salidas lógicas programables (LO1, LO2)*

- 2 salidas de colector abierto
- Alimentación +24 V (min. 12 V – máx. 30 V)
- Corriente máxima: 200 mA con fuente externa

*Salida analógica programable (AO1, COM)*

Configurable a 0 – 20 mA o 4 – 20 mA

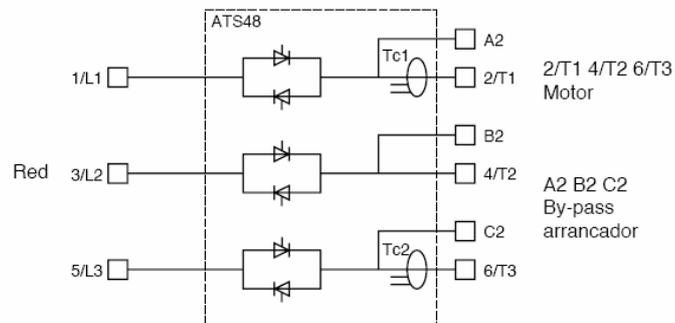
*Entradas para sondas PTC (PTC1, PTC2)*

Resistencia total del circuito 750  $\Omega$  a 25 °C

Puerto de comunicación RJ 45

- RS 485 Modbus
- Toma para terminal remoto, Power Suite, bus de comunicación

#### 1.2.4. Descripción de las Bornes de potencia



**Figura 1.14** Diagrama de fuerza del ATS 48D17Q

1/L1, 3/L2, 5/L3: Alimentación de potencia



**Figura 1.15** Bornes de alimentación

2/T1, 4/T2, 6/T3: Salidas hacia el motor

A2, B2, C2: Cortocircuito (By-pass) del arrancador



**Figura 1.16** Bornes de salida

### 1.2.5. Códigos de fallos

Cuando un fallo aparece el arrancador se bloquea y el motor pasa a rueda libre.

Fallo	Causa
<i>InF</i>	Fallo interno
<i>OCF</i>	<p><i>Sobre intensidad</i></p> <p>By-pass de impedancia en la salida del arrancador</p> <p>By-pass interno</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contactor de by-pass pegado</li> <li>• Sobre clasificación arrancador</li> </ul>
<i>PIF</i>	<p><i>Inversión de fases</i></p> <p>La rotación de las fases de la red no coincide con la selección efectuada por</p>

	PHr en el menú Protección.
<i>EEF</i>	<i>Fallo de memoria interno</i>
<i>CFF</i>	Configuración incorrecta en la puesta en tensión
<i>CFI</i>	Configuración cargada mediante enlace serie incorrecta
PHF	Pérdida de una fase de red o del motor
FrF	Frecuencia de red no permitida
USF	Fallo de alimentación de potencia
CLF	Fallo de alimentación de control
SLF	Fallo del enlace serie
EtF	Fallo externo
StF	Arranque demasiado largo
OLC	Sobrecarga de corriente
OLF	Fallo térmico del motor
OHF	Fallo térmico del arrancador
OtF	Fallo térmico del motor detectado por las sonda PTC
ULF	Subcarga del motor
LrF	Rotor bloqueado

**Tabla 1.1** Códigos de fallo

### 1.3. Programación del arrancador suave ALTISTART 48

Para introducir los parámetros de programación al arrancador ALTISTART 48 [3], debemos conocer el o los motores que vamos a utilizar, anotando sus datos de placa, en nuestro caso utilizaremos motores de 2 tipos, el TERCO MV 1009 motor de inducción jaula de ardilla y el TERCO MV 1007 motor de inducción de anillos rozantes. A continuación los datos de placa de los motores.

Hz	HP	Kw	V	A	Cos $\phi$	Rpm
50	2	1.5	220/380	6.95/4	0.79	1400
50	2	1.5	240/415	6.43/3.72		1400
60	2.4	1.8	255/440	5.77/3.34		1690

**Tabla 1.2** Datos de placa motor de inducción jaula de ardilla  
TERCO MV 1009

Hz	HP	Kw	V	A	Cos $\phi$	Rpm
50	2	1.5	220/380	7.8/4.5	0.64	1440

**Tabla 1.3** Datos de placa motor de inducción de anillos rozantes  
TERCO MV 1007

#### 1.3.1. Menú de ajustes Set

Contiene los ajustes que van a regular el arranque y parada del motor. Los valores presentados en seguida responden a las características del motor que vamos a utilizar.

*In.* Corriente nominal del motor, comprendida entre 0.4 y 1.3 ICL:

7.0

*ILt*. Corriente de limitación, valor máximo de corriente del motor en el arranque, expresada en % de  $I_n$  de 150 a 700 %: 400

*ACC*. Tiempo de rampa de aceleración, tiempo de crecimiento del par de arranque entre 0 y el par nominal  $C_n$  en segundos: 15

*tq0*. Par inicial de arranque, varía de 0 al 100 % del par nominal: 20

*StY*. Selección del tipo de parada: -F-

- -d-, parada en deceleración por control de par, de manera progresiva evitando una parada brusca.
- -b-, parada en frenado dinámico, genera un par de frenado para garantizar la ralentización en caso de inercia importante.
- -F-, parada en rueda libre, no se aplica ningún par

*dEC*. Tiempo de rampa de deceleración: 15

Solo se puede acceder cuando *StY* = -d-, tiempo de reducción de par en una parada, expresado en segundos.

*EdC*. Umbral de paso en rueda libre al final de la deceleración: 20

Accesible cuando *StY* = -d-. Es el nivel de par final de deceleración antes de pasar a rueda libre en porcentaje del par nominal.

*brC*. Nivel de par de frenado interno: 50

Solo se puede acceder si StY = -b-. Permite ajustar la intensidad del frenado de 0 a 100 %

*EbA*. Tiempo de frenado seudo continuo: 20

Se puede acceder si StY = -b-. Ajusta el tiempo de inyección de corriente del 20 al 100% del tiempo de frenado dinámico.

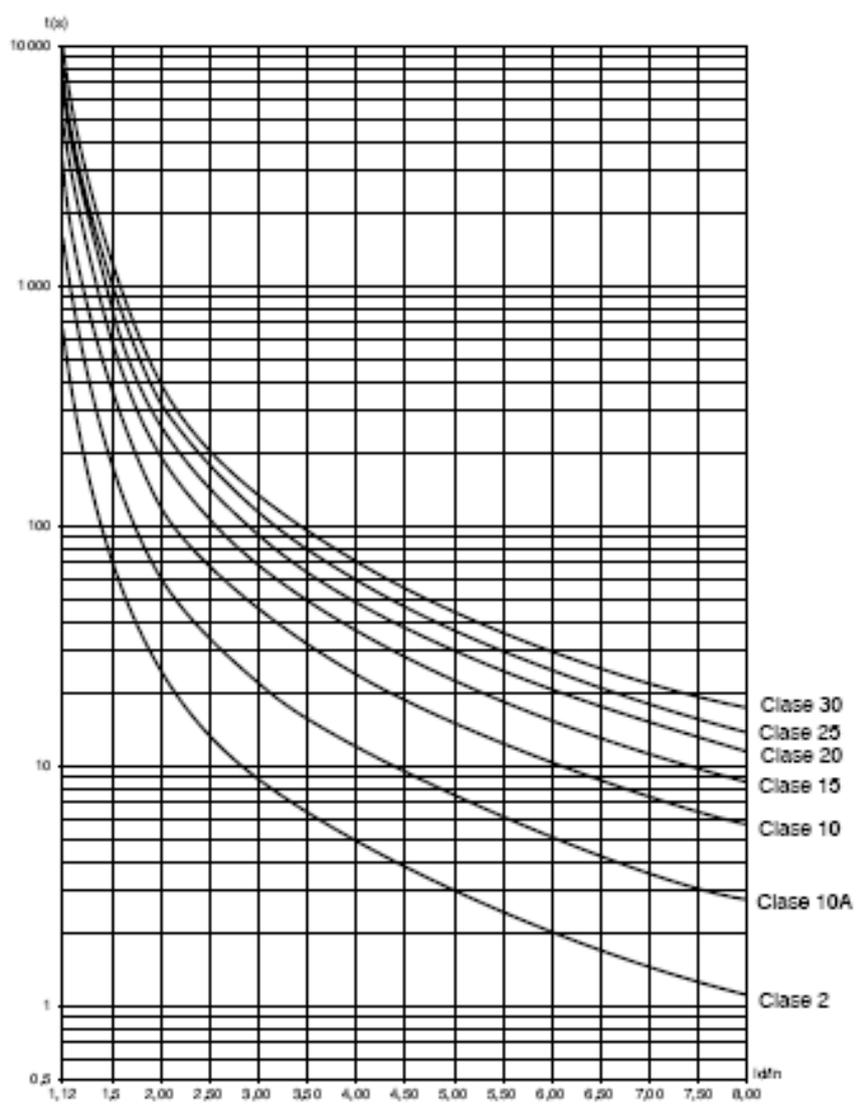
### **1.3.2. Menú de protección PrO**

Contiene protecciones contra fallas del motor.

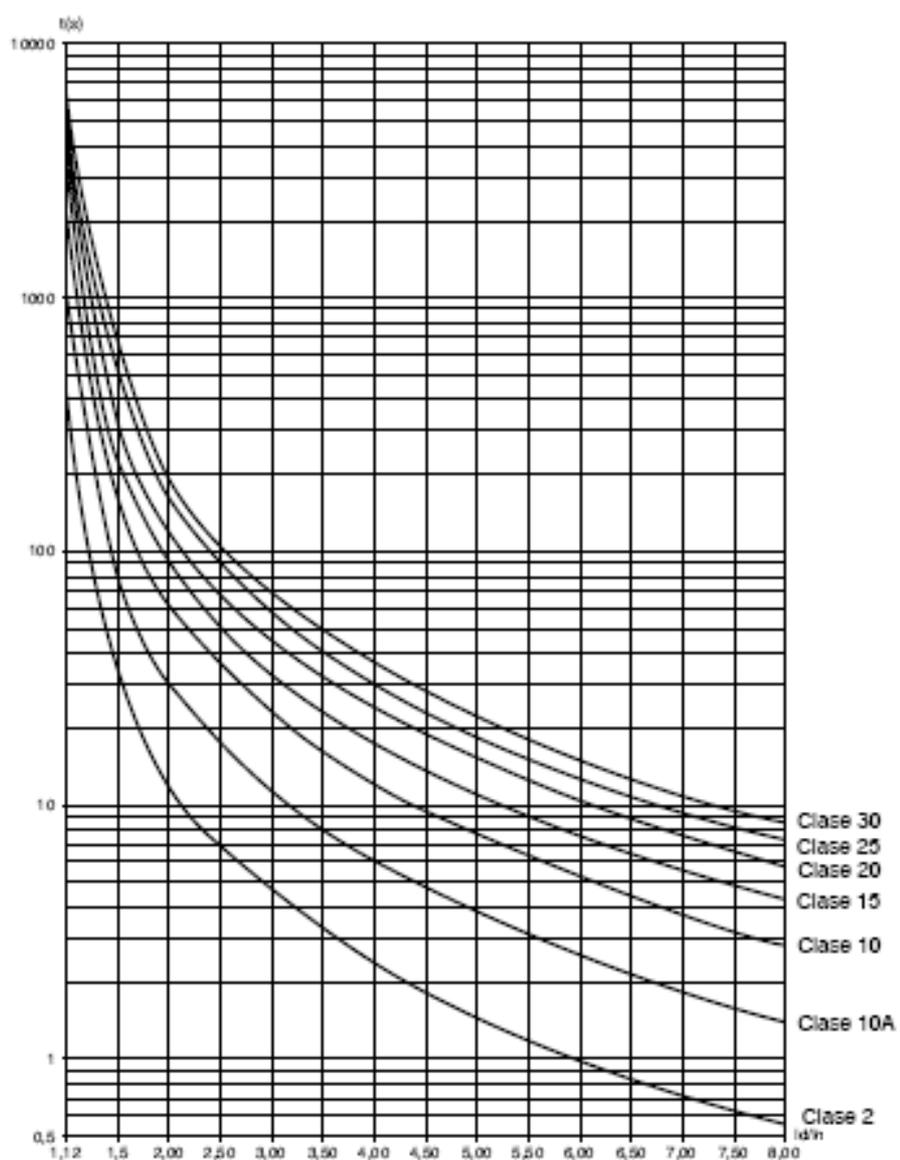
*tHP*. Protección térmica del motor. Calcula el calentamiento del motor a partir de la corriente nominal ajustada  $I_n$  y la corriente absorbida  $I_d$ .

Los calentamientos pueden deberse a una sobrecarga débil o fuerte, de larga o corta duración. Las curvas a continuación establecen esta relación en dos estados: FRÍO, para un estado térmico del motor estabilizado fuera de tensión y CALIENTE, para un estado térmico del motor estabilizado con potencia nominal.

El control térmico del Altistart prohíbe el re arranque de motor si su estado térmico es aún demasiado elevado.

**Curvas en frío****Figura 1.17** Curvas de protección térmica en frío

### Curvas en caliente



**Figura 1.18** Curvas de protección térmica en caliente

*ULL*. Activación subcarga del motor, en caso de un par motor inferior a un umbral ajustable durante un tiempo superior a un valor determinado.

- ALA: activación de alarma (BIT interno y salida lógica)
- dEF: bloqueo del arrancador y visualización del fallo ULF
- OFF: sin protección

*LUL*. Umbral de subcarga del motor

*tUL*. Tiempo de subcarga del motor

*tLS*. Tiempo de arranque demasiado largo, si el tiempo de ajuste ACC supera su valor, el arrancador se bloquea y muestra el fallo StF.

*OIL*. Activación sobrecarga de corriente, si la corriente del motor supera el umbral permitido durante un tiempo superior al establecido.

- ALA: activación de alarma (BIT interno y salida lógica)
- dEF: bloqueo del arrancador y visualización del fallo ULF
- OFF: sin protección

*LOC*. Umbral de sobrecarga de corriente

*tOL*. Tiempo de sobrecarga de corriente

*PHr*. Protección contra la inversión de las fases de red, si las fases de red no están en el orden configurado, el arrancador se bloquea y muestra el fallo PIF.

*tbS*. Tiempo antes del re arranque, evita arranques consecutivos demasiado próximos. El re arranque se efectúa luego de la temporización configurable de 0 a 999 segundos.

*PHL*. Umbral de pérdida de fase, si la corriente del motor pasa a ser inferior a este umbral ajustable entre el 5 y 10 % del calibre del arrancador (ICL = 17 A), el arrancador se bloquea y muestra el fallo PHF.

*PtC*. Activación del control del motor por sondas PTC

### **1.3.3. Menú de ajustes avanzado drC**

Contiene características y funciones especiales para control del motor.

*tLI*. Limitación de par. Permite limitar la referencia de par para evitar pasar al modo hipersíncrono en aplicaciones de fuerte inercia. Permite un arranque de par constante si  $tq0 = tLI$ . Ajustable de 10 a 200% del par nominal o desactivado en OFF.

*bSt*. Nivel del Boost en tensión. Permite aplicar una tensión ajustable de 50 a 100% de la tensión nominal del motor durante 100 ms cuando aparece una orden de marcha, para superar un eventual par “de despegue”, luego retoma la rampa de aceleración a partir del valor de par inicial  $tq0$ .

*dLt.* Acoplamiento del arrancador en el devanado del triángulo. Permite una sobreclasificación de 1.7 en potencia del arrancador, pero no permite frenado ni deceleración.

*SSt.* Pruebas en motor pequeño. Para entorno de prueba o mantenimiento del arrancador con un motor de potencia muy inferior al calibre del arrancador.

*CLP.* Control de par

*On.* El arranque y la ralentización se realizan en rampa de par.

*OFF.* El arranque y la ralentización se realizan mediante una variación de tensión.

*LSC.* Compensación de las pérdidas estáticas. En porcentaje de la potencia absorbida. En caso de oscilaciones de par, reduzca este parámetro progresivamente hasta que el funcionamiento sea correcto.

*t/G.* Ganancia de deceleración. Permite eliminar la inestabilidad en la deceleración.

*CSC.* Activación de la función en cascada. 255 motores como máximo.

*ULn.* Tensión de la red. 170 a 460 V

*FrC.* Frecuencia de red (tolerancia de control de fallo de frecuencia

FrF =  $\pm 20\%$ )

- 50: 50 Hz

- 60: 60 Hz
- Aut: reconocimiento automático de la red por el arrancador con una tolerancia de control del fallo de frecuencia FrF =  $\pm 5\%$

*rPr*. Reinicialización de los kWh o del tiempo de funcionamiento (APH: kWh, trE: tiempo, no)

*FCS*. Retorno de ajustes de fábrica.

### **1.3.4. Menú de entradas/salidas IO**

Configura las funciones de las entradas y salidas del arrancador.

*LI3, LI4*. Asignación de las entradas lógicas

- no, sin asignar
- LIA, forzado de parada en rueda libre
- LIE, fallo externo, activa el fallo EtF
- LII, inhibición de todas las protecciones
- LIt, rearme del fallo térmico del motor
- LIr, rearme de los fallos
- LIS, activación del segundo juego de parámetros del motor

Utilizaremos la entrada LI3 = LIS para utilizar una segunda lista de parámetros para el motor de anillos rozantes.

*LO1, LO2*. Asignación de las salidas analógicas

*r3*. Asignación del relé R3

- no, sin asignar
- tAl: alarma térmica del motor, según parámetro tHP
- rnl: motor alimentado
- AIL: alarma de corriente del motor, parámetro OIL
- AUL: alarma de subcarga del motor, parámetro LUL
- APC: alarma de la sonda PTC del motor
- AS2: segundo juego de parámetros de motor activado

#### AO. Asignación de la salida analógica

- no: sin asignar
- OCr: corriente del motor
- Otr: par del motor
- OtH: estado térmico del motor
- OCO: factor de potencia
- OPr: potencia activa

#### 0 4. Configuración del tipo de señal generada por AO,

- 020: 0 – 20 mA
- 420: 4 – 20 mA

ASC. Puesta a escala de la señal máxima de la salida analógica, en porcentaje del valor nominal del parámetro configurado.

### 1.3.5. Menú de parámetros del 2º motor St2

Configura los parámetros para controlar un segundo motor con características distintas . Utilizaremos este menú para introducir los datos de placa del motor de anillos rozantes.

*In2*. Corriente nominal del motor: 7.8

*IL2*. Corriente de limitación: 400 % de *In2*

*AC2*. Tiempo de rampa de aceleración: 15 s

*tq2*. Par inicial de arranque: 20 %

*dE2*. Tiempo de rampa de deceleración

*Ed2*. Umbral de paso en rueda libre al final de la deceleración

### 1.3.6. Menú de supervisión SUP

Permite visualizar el estado de los principales parámetros del arrancador. Es posible modificar el valor que se va a observar mientras el arrancador está en parada o en funcionamiento, de la siguiente manera:

- Presionando una vez la tecla ENT, la elección es provisional y se muestra mientras se permanezca en la opción seleccionada.
- Manteniendo presionado la tecla ENT durante 2 segundos, la visualización parpadea y la selección es definitiva; se

mostrará el valor en el display cuando el arrancador esté en funcionamiento, hasta que se vuelva a modificar.

Los parámetros disponibles son:

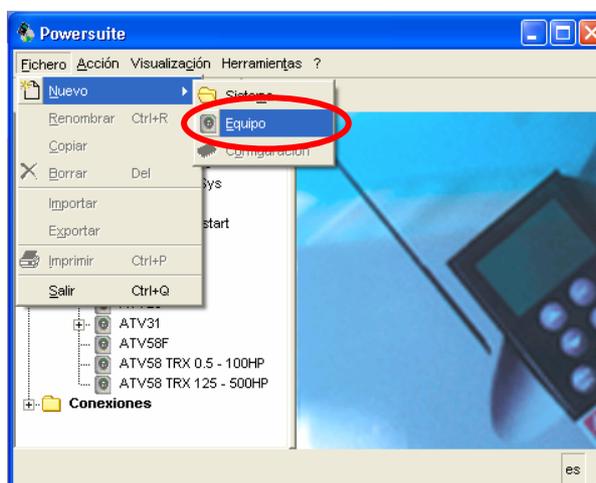
- *COS*. Factor de potencia
- *tHr*. Estado térmico del motor. Varía de 0 a 125%, 100% corresponde al estado térmico nominal para la corriente  $I_n$  ajustada.
- *LCr*. Corriente del motor. En amperios.
- *mnt*. Duración de funcionamiento. En horas desde la última reinicialización.
- *LPr*. Potencia activa. Varía de 0 a 255%. 100% corresponde a la potencia en la corriente nominal y a plena tensión.
- *Ltr*. Par del motor. Varía de 0 a 255%. 100% corresponde al par nominal del motor.
- *LAP*. Potencia activa en kW
- *EtA*. Visualización del estado en curso
  - nLP, potencia no alimentada
  - rdY, potencia alimentada
  - tbS, temporización antes de arranque no transcurrida
  - ACC, aceleración en curso
  - DCC, deceleración en curso
  - rUn, marcha en régimen establecido

- brL, arrancador en frenado
  - CLI, limitación de corriente
  - nSt, parada en rueda libre forzada via comunicación serie
- *LFt.* Último fallo aparecido. En caso de no haber se visualiza nOF.
  - *PHE.* Sentido de rotación de las fases.

## 1.4. Programación usando el software Power Suite v2.0.0

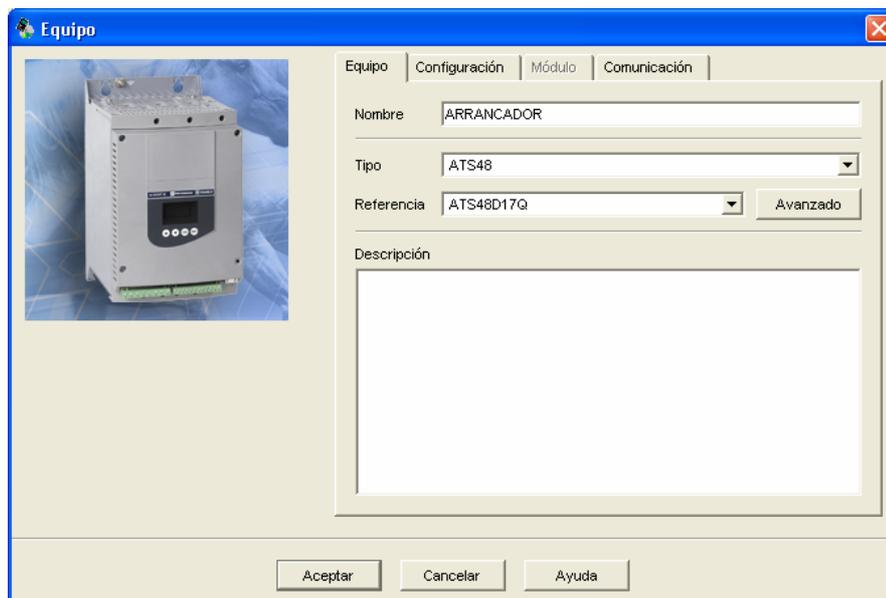
### 1.4.1. Creación de un nuevo proyecto en Power Suite

El software Power Suite de Schneider Electric permite la introducción de parámetros de una manera más sencilla, para ello debemos agregar un nuevo equipo donde vamos a guardar las configuraciones que requerimos para el proyecto. Damos clic en el menú Fichero y seleccionamos Nuevo ► Equipo.



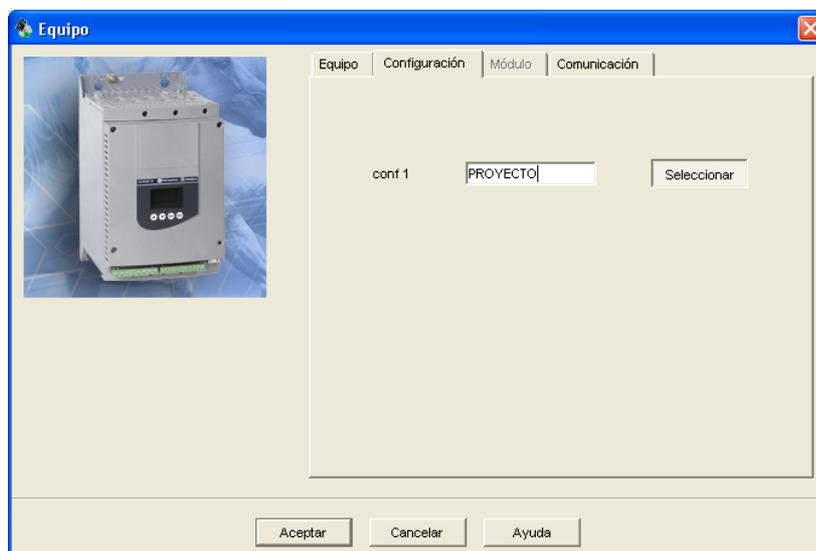
**Figura 1.19** Crear nuevo equipo

En la ventana Equipo introducimos el Tipo y Referencia del equipo que vamos a utilizar, para nuestro caso ATS48 y ATS48D17Q respectivamente, también asignamos un nombre para el mismo.



**Figura 1.20** Propiedades del equipo

En la pestaña Configuración creamos una nueva presionando el botón Crear y escribiendo un nombre en la casilla *conf 1*, por ejemplo, PROYECTO. Luego damos clic en Aceptar.



**Figura 1.21** Crear una configuración

En la parte izquierda encontramos ahora la configuración que hemos creado, para acceder a los parámetros del variador damos doble clic sobre ella.



**Figura 1.22** Características del equipo

En la siguiente ventana encontramos todos los parámetros ordenados en grupos, según características afines. También podemos visualizarlos en forma de lista presionando el botón lista



y volver a la vista anterior con el botón panel general



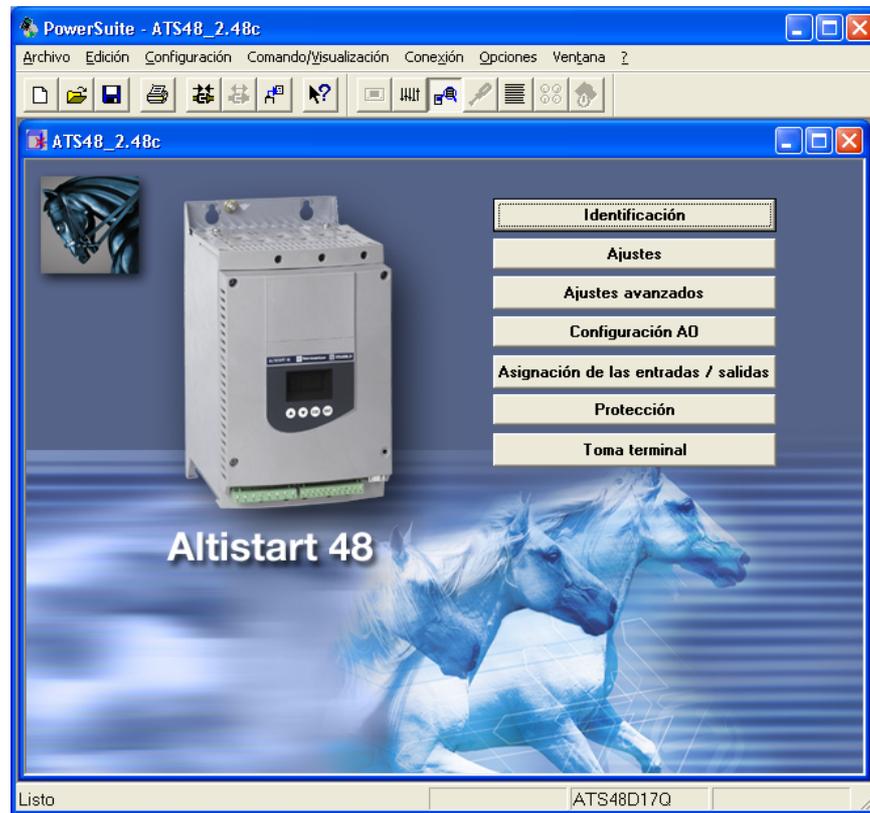


Figura 1.23 Panel general

Codigò	Etiqueta	Valor	Valor de fábrica	Dirección lógica
<b>Identificación</b>				
	Referencia ATS48	ATS48D17Q		
	Tensión de alimentación	230/400 V		
	I calibre arrancador	17,0 A		
	Corriente transitoria máxima	85,0 A		
<b>Ajustes</b>				
IN	Corriente nominal motor	14,8 A	14,8 A	4026
ILT	Corriente de limitación	400 %	400 %	4039
ACC	Tiempo rampa aceleración	15 s	15 s	4043
TQ0	Par inicial de arranque	20 %	20 %	4037
STY	Elección tipo de parada	Par.rueda libre	Par.rueda libre	4029
DEC	Tiempo rampa deceleración	15 s	15 s	4044
EDC	Nivel paso rueda libre (dec)	20 %	20 %	4038
BRC	Nivel par frenado interno	50 %	50 %	4041
EBA	Tiem.frenado pseudocontinuo	20 %	20 %	4042
<b>Ajustes avanzados</b>				
IN2	Corriente nominal motor 2	14,8 A	14,8 A	4300
IL2	Limitación corriente motor 2	400 %	400 %	4304
AC2	Tiempo aceleración motor 2	15 s	15 s	4305
TQ2	Par arranque motor 2	20 %	20 %	4302
DE2	Tiempo deceleración motor 2	15 s	15 s	4306
ED2	Nivel rueda libre 2ª decel.	20 %	20 %	4303

Figura 1.24 Lista de parámetros

De este modo podemos mediante el software, configurar todos los parámetros que vamos a utilizar para posteriormente transferirlos al equipo.

#### 1.4.2. Conexión del arrancador ALTISTART 48 a un PC

Ahora vamos a establecer una comunicación con el equipo a través del ordenador utilizando el puerto serie, mediante el cable

VW3 A8106 y su respectivo adaptador RJ45 a RS232/RS485 PC.

Para ajustar la configuración del puerto serie, pulsamos el botón

Modificar  y escogemos la pestaña Comunicación.

Una vez configurado el puerto serie, podemos realizar las siguientes acciones:

 Identificar: permite analizar un equipo conectado al computador y muestra las características del mismo, sirve para verificar si el equipo está correctamente conectado.

 Transferir: actualiza la configuración almacenada en el ordenador con los parámetros de un equipo conectado.

 Configurar: permite escribir en el equipo una configuración guardada en el ordenador.

 Conectar: Permite controlar y supervisar el equipo conectado, mostrando las curvas de respuesta a estímulos provocados de manera local o desde el computador.

Podemos controlar el arrancador de manera local mediante los borneros de control; o desde el computador activando el switch de Comando, teniendo en cuenta las precauciones de seguridad que se presentan, luego se presiona Alt+F. Iniciamos la prueba presionando el botón Test Run, y para finalizar presionamos Test Stop.

En el menú Comando/Visualización seleccionamos las ventanas de supervisión y control que queremos observar:

Ventana de explotación: muestra el estado de los parámetros del arrancador en forma de lista.

Ventana de reglajes: para modificar los parámetros principales.

Display analógico: muestra el valor de las variables asignables a la salida analógica mediante indicadores de aguja.

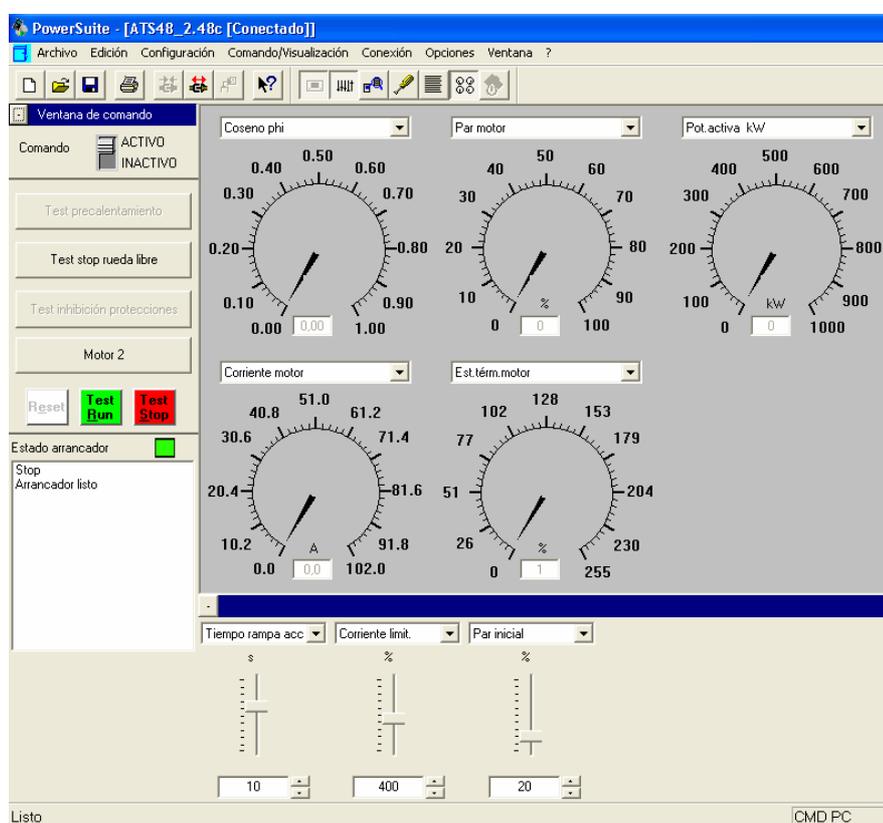


Figura 1.25 Ventana de supervisión

# CAPÍTULO II

## 2. VARIADORES DE FRECUENCIA

### 2.1. Principio de funcionamiento de los variadores de frecuencia

#### 2.1.1. Introducción

En este capítulo estudiaremos el funcionamiento de un variador de frecuencia, que básicamente transforma la tensión de alimentación trifásica o monofásica con frecuencia fija (60 Hz), en tensión trifásica de frecuencia variable. Esta transformación se realiza para manipular la velocidad de motores trifásicos de corriente alterna, cuya velocidad de sincronismo está definida por la ecuación:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p},$$

Donde,  $f$  es la frecuencia de operación y  $p$  es el número de polos del motor.

La velocidad en el eje del rotor de un motor asíncrono se obtiene a través del *deslizamiento* ( $s$ ), característica del motor que expresa la diferencia entre la velocidad de sincronismo o del campo rotacional y la velocidad del rotor en por unidad.

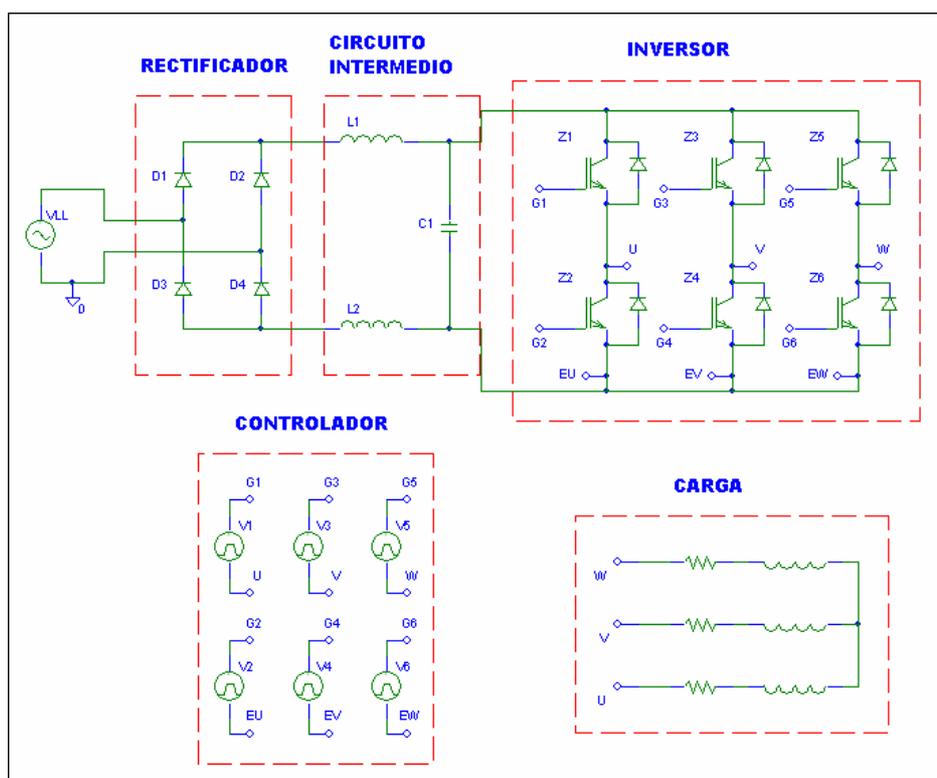
$$s = \frac{n_s - n}{n_s},$$

De estas ecuaciones obtenemos una relación directa entre la velocidad de salida y la frecuencia de salida del motor:

$$n = (1 - s) \cdot n_s$$
$$n = (1 - s) \cdot \frac{120 \cdot f}{p}$$

## 2.1.2. Estructura del variador de frecuencia

Estudiaremos al variador de frecuencia de manera simplificada dividiéndolo en cuatro partes principales:



**Figura 2.1** Esquemático de un variador de frecuencia

### 2.1.2.1. Rectificador

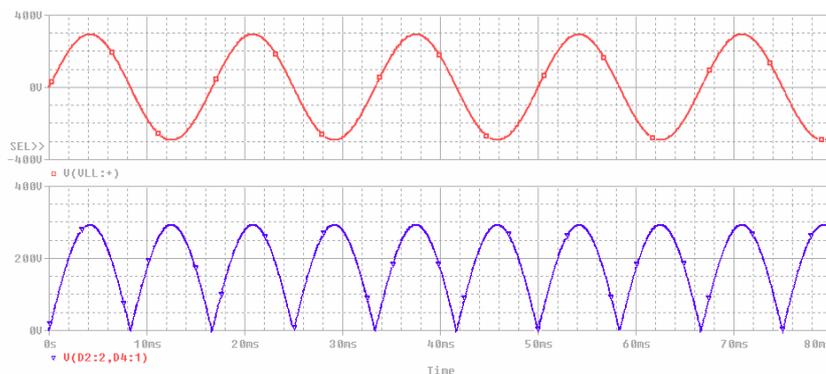
Convierte la entrada de tensión alterna monofásica o trifásica, en voltaje directo pulsante.

Existen de dos tipos controlado formado por SCR's que permiten regular el voltaje DC, y no controlado

compuesto por diodos en los que el nivel de DC obtenido es fijo.

Los variadores que utilizaremos poseen rectificadores de tipo no controlado; monofásico en el caso del ALTIVAR 31 y trifásico para el DANFOSS FC302.

En la figura siguiente observamos el voltaje de entrada AC y el voltaje DC pulsante a la salida del rectificador monofásico no controlado.

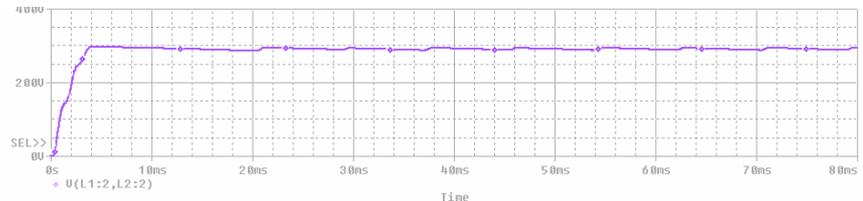


**Figura 2.2** Ondas de voltaje de un rectificador monofásico de onda completa

### 2.1.2.2. Circuito intermedio

Funciona como acumulador de energía que será suministrada al inversor. Dependiendo de la aplicación cumple con proporcionar corriente continua variable mediante un inductor, estabilizar o suavizar el voltaje DC pulsante usando un capacitor, u obtener voltaje DC

variable por medio de un transistor que trocea el voltaje y luego se fija por el capacitor conectado al bus DC.

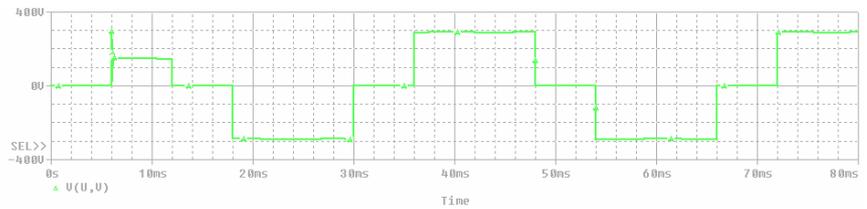


**Figura 2.3** Onda de voltaje de salida del circuito intermedio

### 2.1.2.3. Inversor

Transforma el voltaje DC de la etapa anterior, en voltaje AC de frecuencia variable. Está compuesto por semiconductores controlados, un par por fase, en la actualidad se utilizan IGBT's (insulated gate bipolar transistor) por sus características favorables de alto manejo de corriente, aislamiento de compuerta y alta velocidad de conmutación.

A continuación podemos observar el voltaje de salida del inversor a una frecuencia distinta a la de la entrada, sin embargo, dependiendo del controlador se modula el ancho de pulso para que la corriente suministrada sea lo más próxima a la forma sinusoidal.



**Figura 2.4** Onda de voltaje de línea-línea de un inversor trifásico

#### 2.1.2.4. Controlador

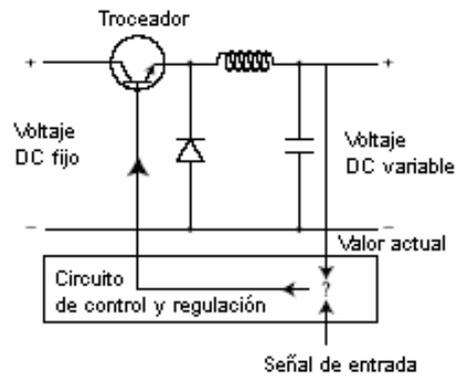
Cumple con las siguientes funciones:

- Controlar los semi-conductores del variador de frecuencia.
- Intercambiar datos entre el variador y los periféricos.
- Almacenar y reportar fallos.
- Manejar las funciones de operación.

#### 2.1.3. Modos de control de los variadores de frecuencia

*Modulación de amplitud de pulso (PAM, Pulse Amplitude Modulation)*

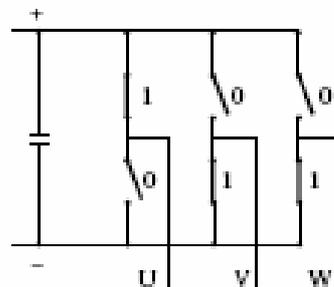
Usado en el circuito intermedio de los convertidores que poseen un troceador, para regular el nivel de voltaje DC suministrado al inversor.



**Figura 2.5** Modulación de amplitud de pulso

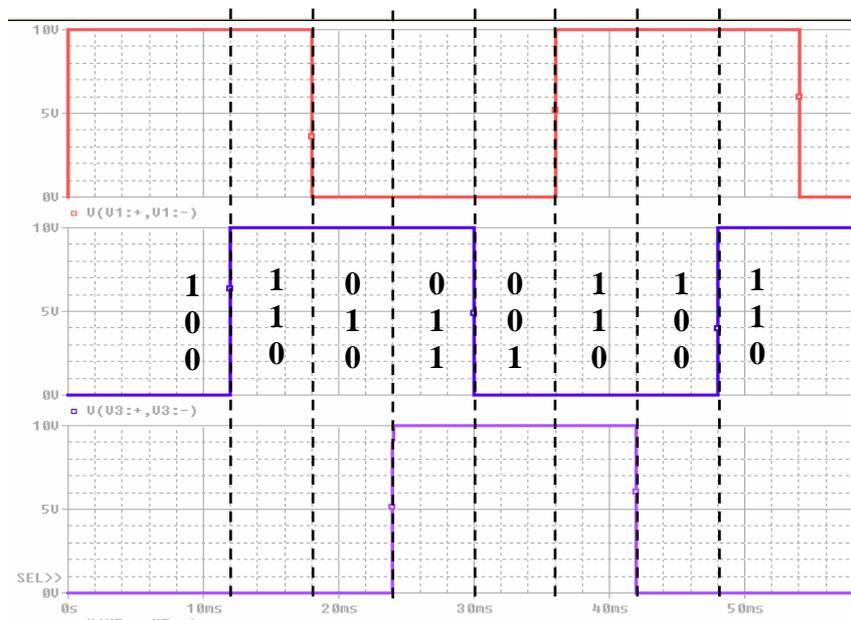
*Modulación por ancho de pulso (PWM, Pulse Width Modulation)*

Controla el puente inversor para generar un voltaje trifásico a una frecuencia deseada a partir de un voltaje DC fijo aproximadamente igual a  $\sqrt{2} \cdot V_{in}$ .

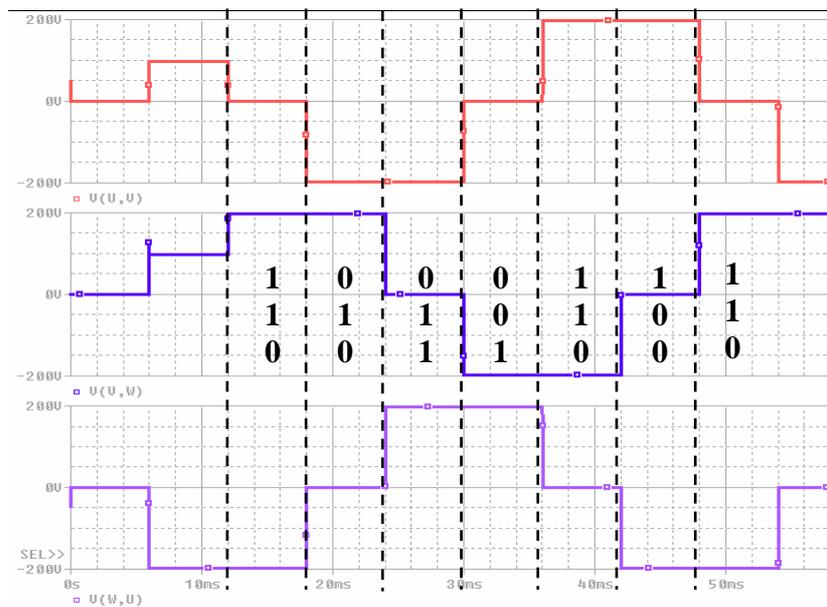


**Figura 2.6** Conmutación de fases de un inversor

Cada rama del inversor tiene dos estados ON y OFF, los tres switches producen ocho distintas combinaciones, teniendo en cuenta que en la misma rama los switches se complementan, es decir, ambos no pueden estar encendidos o apagados a la vez. Las combinaciones 000 y 111 son indeseables por lo cual se omiten.



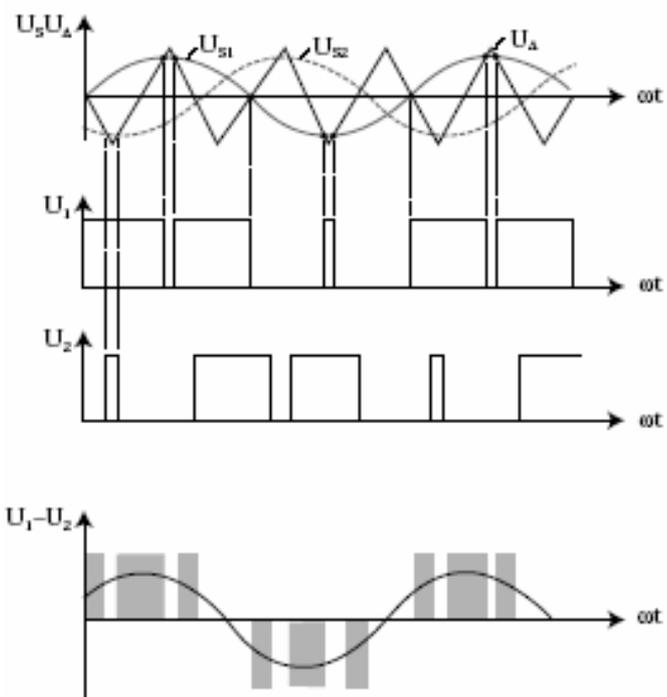
**Figura 2.7** Voltajes línea-neutro de salida del inversor



**Figura 2.8** Voltajes línea-línea de salida del inversor

### *PWM sinusoidal*

Este principio de control utiliza un voltaje de referencia sinusoidal ( $U_S$ ) por cada fase del inversor. La frecuencia de la sinusoidal corresponde a la frecuencia requerida en el voltaje de salida. Los tres voltajes de referencia son comparados con una onda triangular ( $U_\Delta$ ), producto de la intersección de estas dos señales se obtienen los pulsos para encender o apagar los semiconductores.



**Figura 2.9** PWM sinusoidal

El voltaje de fase de las salidas del inversor corresponde a la mitad del voltaje del circuito intermedio dividido para  $\sqrt{2}$ , y es igual a la mitad del voltaje de entrada. El voltaje línea – línea es  $\sqrt{3}$  veces el voltaje de fase y es igual a 0.866 veces el voltaje de entrada. Este tipo de control entrega el 86.6 % del voltaje nominal.

*PWM síncrono*

Mantiene una secuencia de conmutación para un rango de frecuencia limitado, en el cual la frecuencia de conmutación de la onda triangular ( $U_{\Delta}$ ) está determinada por la frecuencia de la señal de referencia ( $U_S$ ) guardando una relación de 10 a 1 o mayor. Esta sincronización es buena para convertidores donde el voltaje y la frecuencia pueden ser variados lentamente.

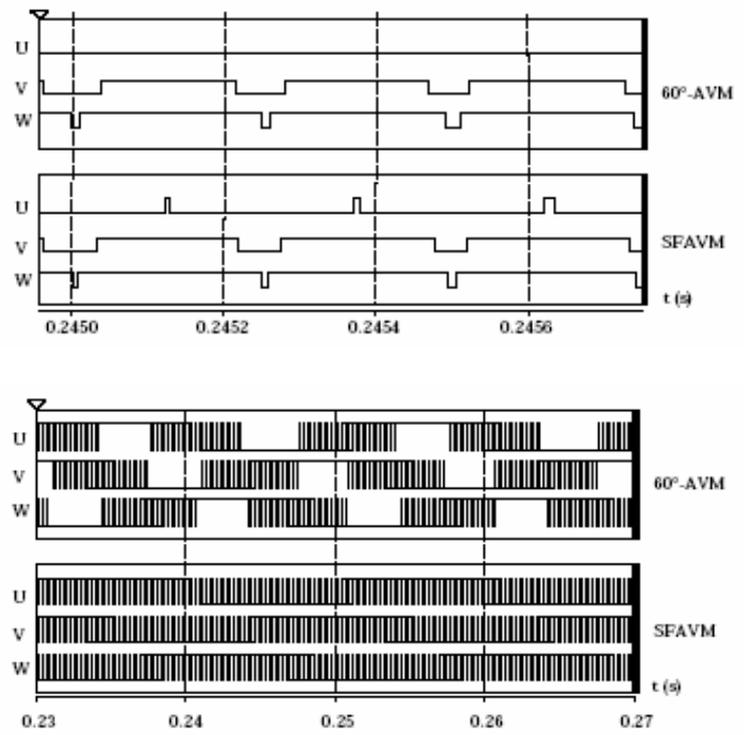
#### *PWM asíncrono*

SFAVM (Stator Flow-oriented Asynchronous Vector Modulation)

Optimiza el flujo del estator, minimizando la desviación del ángulo del vector de voltaje mediante la secuencia de conmutación calculada en base a la trayectoria deseada del flujo estático del motor que determina un mejor control de torque.

#### *60° AVM (60° Asynchronous Vector Modulation)*

Durante 1/6 del periodo (60°) una fase del inversor no conmuta, mantiene su estado 0 o 1. En las otras dos fases la conmutación es normal.



**Figura 2.10** Ondas de voltaje 60° AVM y SFAVM

#### 2.1.4. Tarjetas del variador de frecuencia ALTIVAR 31

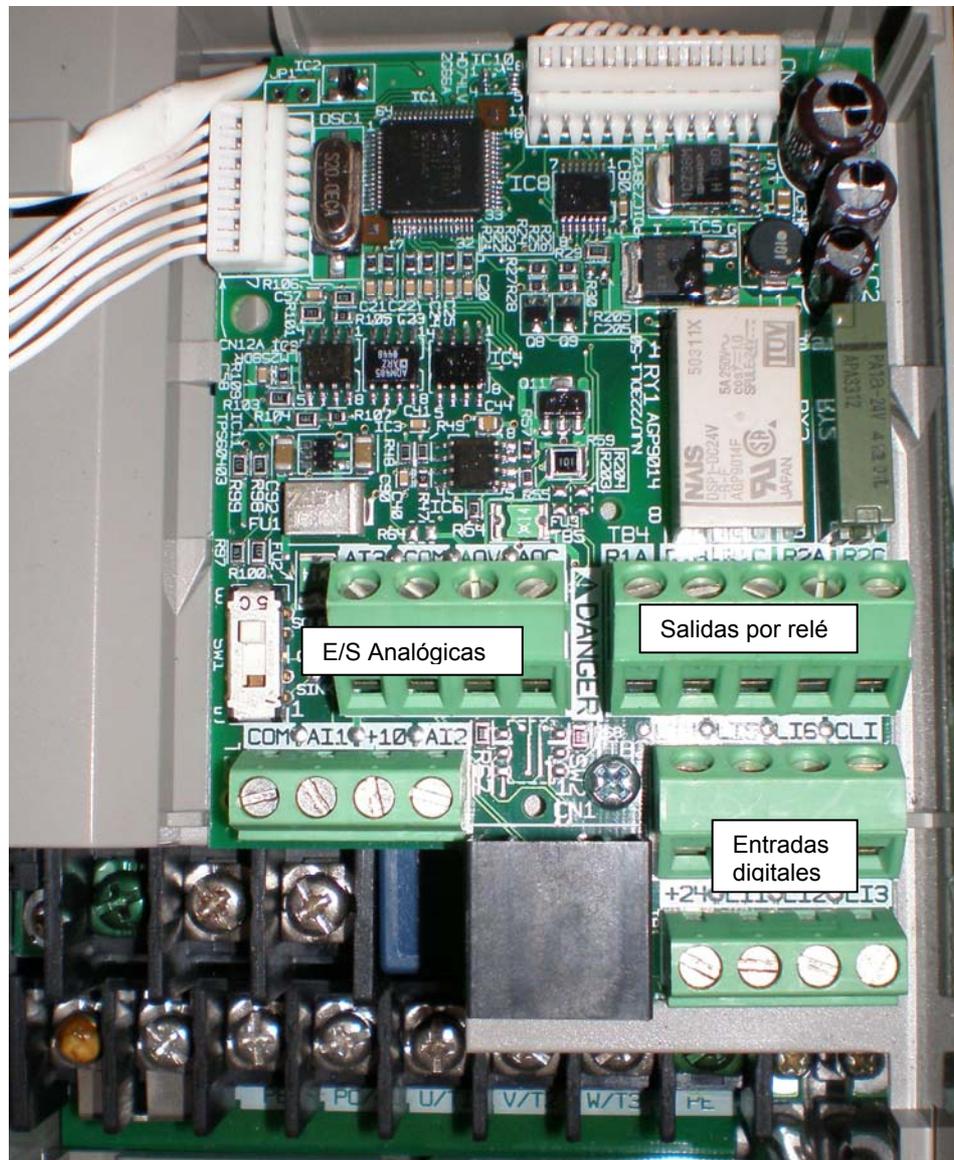


Figura 2.11 Tarjeta de entradas/salidas de control

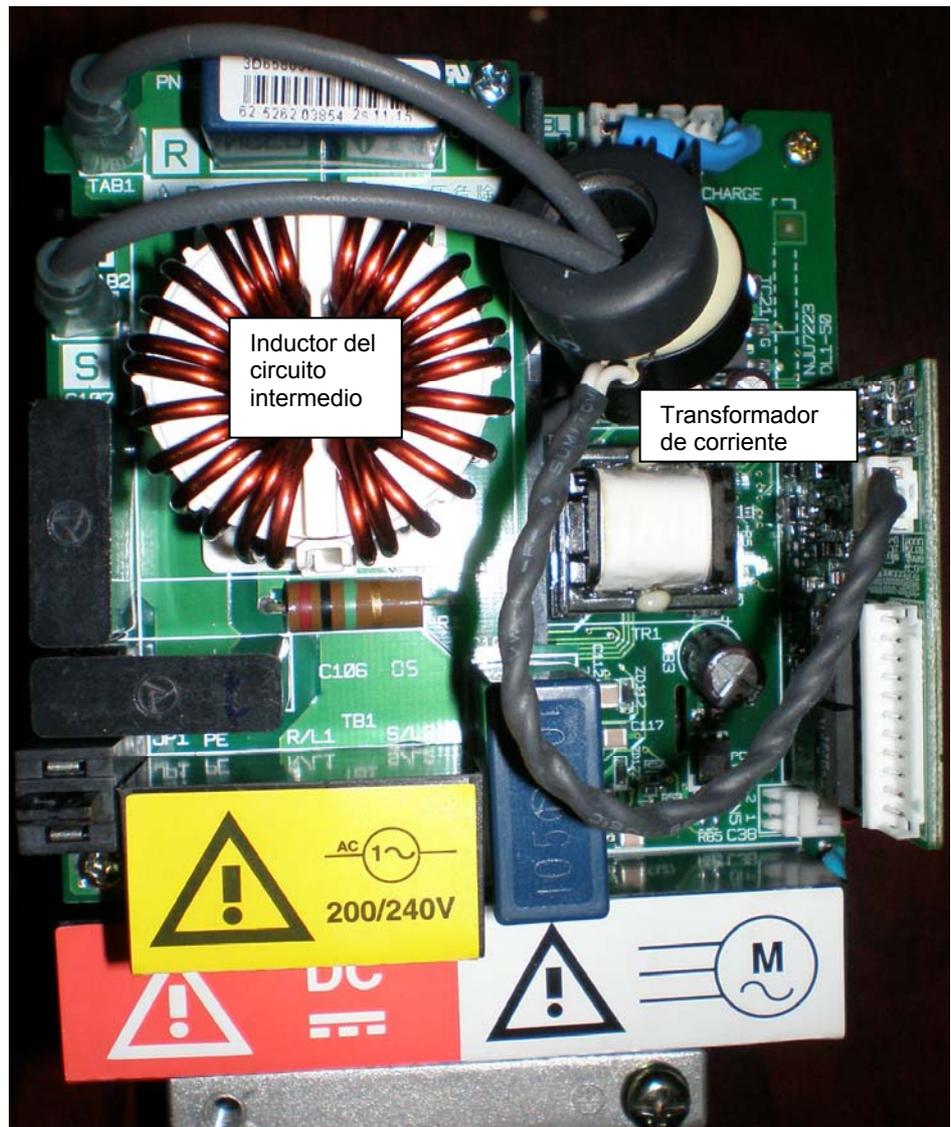
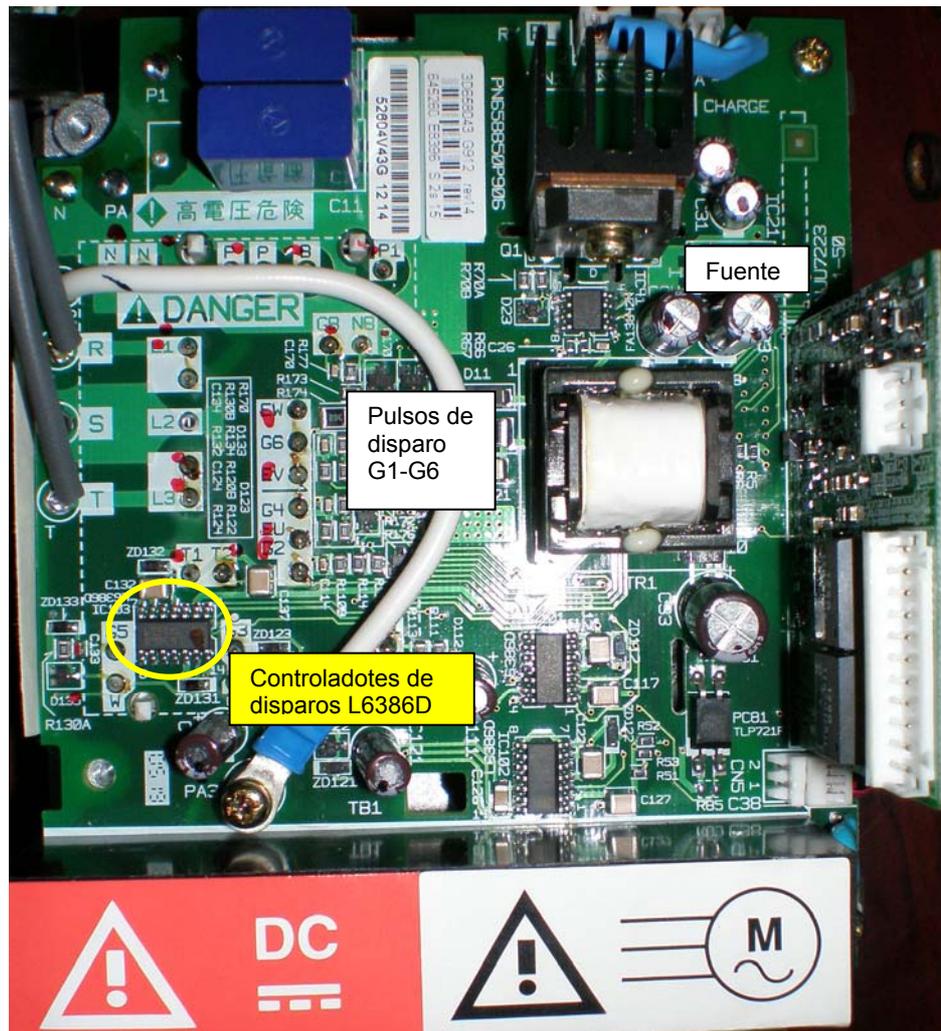
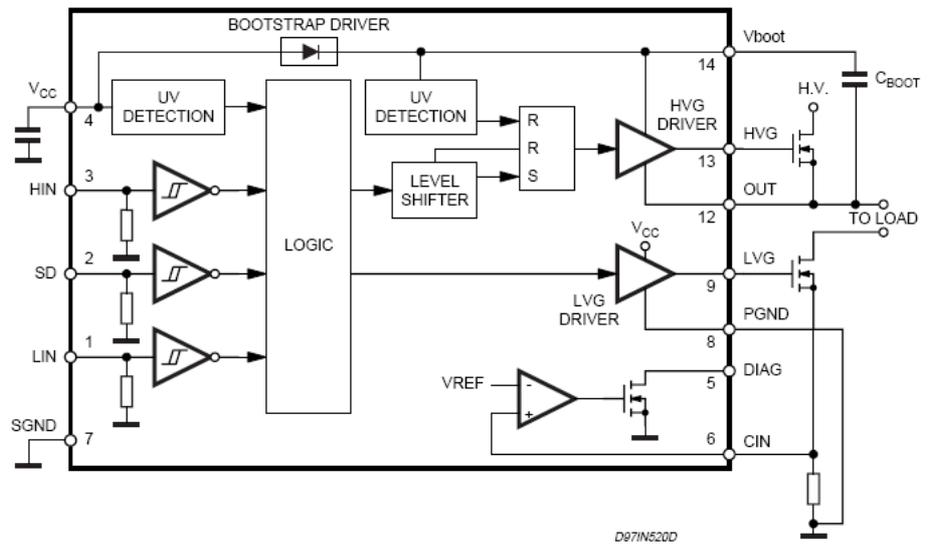


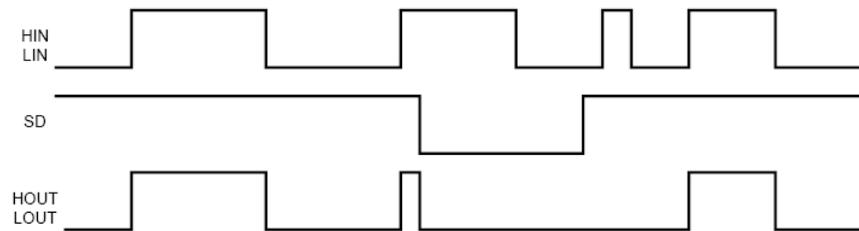
Figura 2.12 Inductor del circuito intermedio



**Figura 2.13** Circuito de disparo del variador ATV 31



**Figura 2.14a** Diagrama de bloques del circuito integrado L6386D

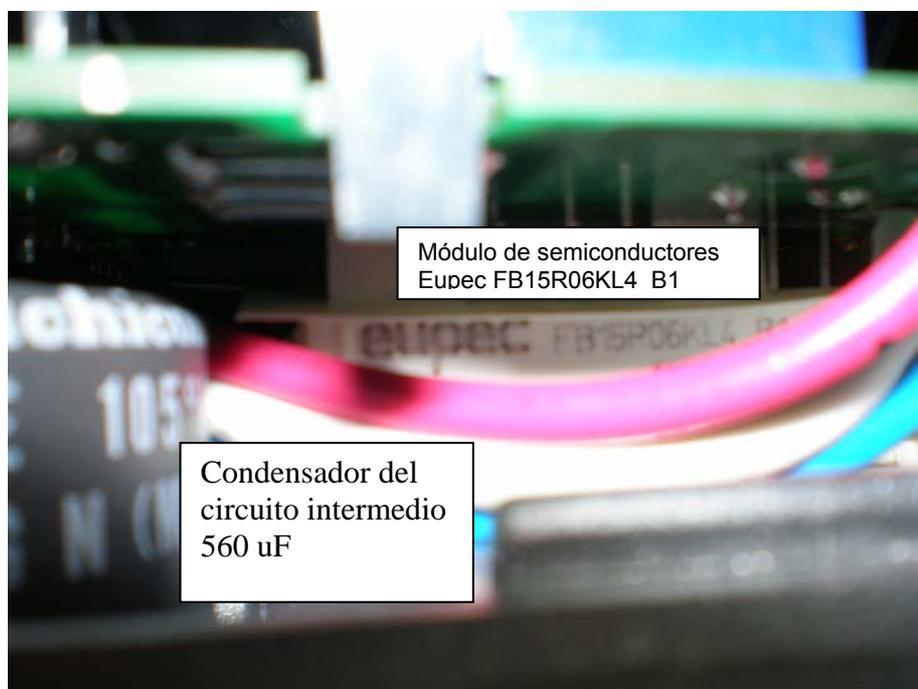


**Figura 2.14b** Diagrama de tiempo del circuito integrado L6386D

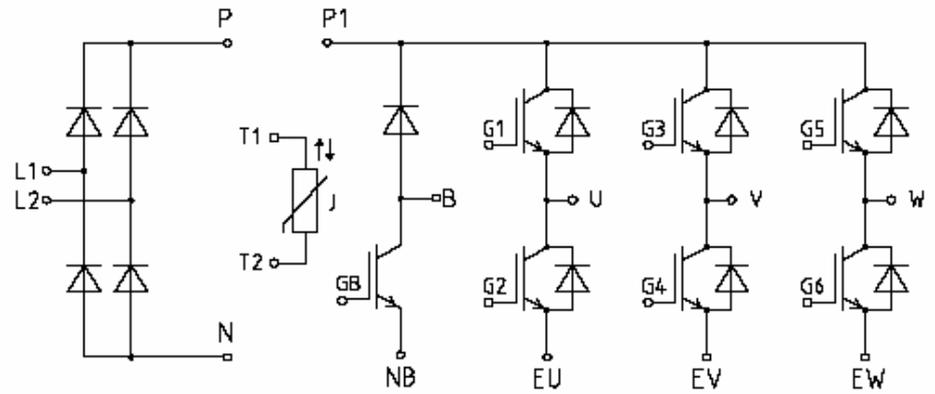
No.	Nombre	Tipo	Función
1	LIN	Entrada	Controlador lógico inferior
2	SD	Entrada	Entrada lógica de apagado
3	HIN	Entrada	Controlador lógico superior
4	VCC	Entrada	Fuente de voltaje
5	DIAG	Salida	Salida de diagnóstico
6	CIN	Entrada	Entrada del comparador
7	SGND		Tierra
8	PGND		Tierra del circuito de potencia

9	LVG	Salida	Salida del controlador inferior
10,11	N.C.		
12	OUT	Salida	Punto flotante del controlador
13	HVG	Salida	Salida del controlador superior
14	Vboot		

**Tabla 2.1** Descripción de pines del circuito integrado L6386D



**Figura 2.15a** Circuito de fuerza del ATV 31



**Figura 2.15b** Diagrama del circuito FB15R06KL4\_B1

## 2.2 Manejo del variador de frecuencia ALTIVAR 31

### 2.2.1. Características del variador de frecuencia altivar 31

#### 2.2.1.1. Características eléctricas del ATV31HU15M2

Tensión de alimentación monofásica: 200...240 V, 50/60 Hz

Motor trifásico: 200...240 V; 1.5 kW 2 HP

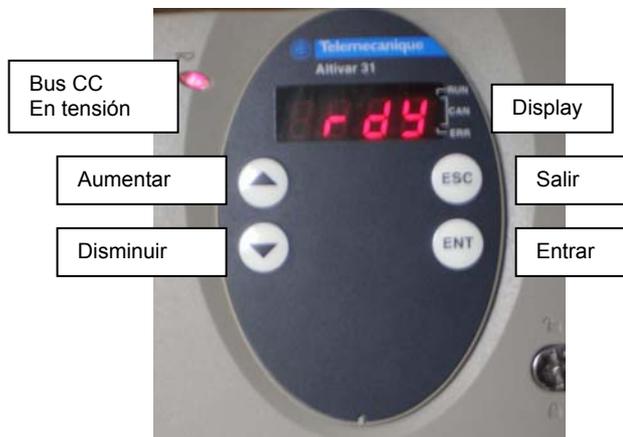
##### *Red (entrada)*

- Corriente de línea máxima: 15.8A / 200V, 13.3A / 240V
- Icc de línea estimada: 1 kA
- Potencia aparente: 3.2 kVA
- Corriente de conexión máxima: 19 A

##### *Variador (salida)*

- Corriente nominal In: 8.0 A
- Corriente transitoria máxima: 12 A
- Potencia disipada en carga nominal: 90 W

### 2.2.1.2. Descripción del panel frontal



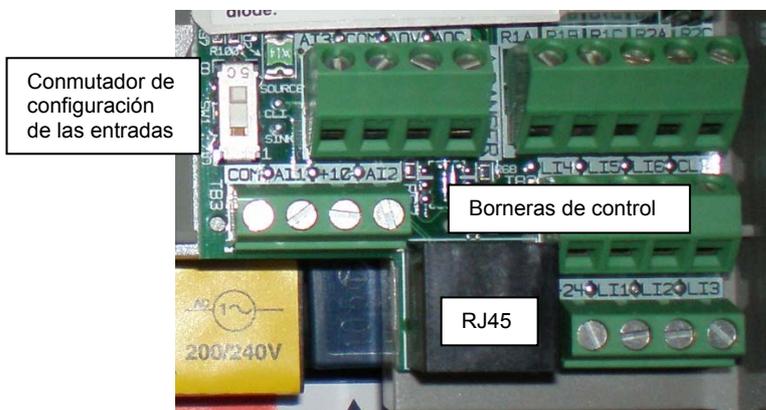
**Figura 2.16** Panel frontal del ATV 31

A continuación se describe la función de las teclas y partes del panel frontal del variador de frecuencia ALTIVAR 31.

- El botón ENT, sirve para acceder al menú de parámetros y para grabar los valores modificados. Al grabar un valor el display parpadea.
- El botón ESC, se usa para salir de un menú y para cancelar cambios realizados.
- Los botones ▲▼, para desplazarse por los parámetros del menú y modificar su valor.
- El display de 7 segmentos, muestra los parámetros y el estado del variador:
  - En funcionamiento normal.
    - init: Secuencia de inicialización

- rdY: Variador listo
  - dcb: Frenado por inyección de corriente continua en curso
  - nSt: Parada en rueda libre
  - FSt: Parada rápida
  - tUn: Auto ajuste en curso
- En caso de fallo aparece el código correspondiente parpadeando. En la sección 2.2.1.5. Códigos de fallos, veremos el significado de cada uno de ellos.

### 2.2.1.3. Descripción de las borneras de control



**Figura 2.17** Borneras de control

*Entradas lógicas programables (LI1, LI2,...LI6)*

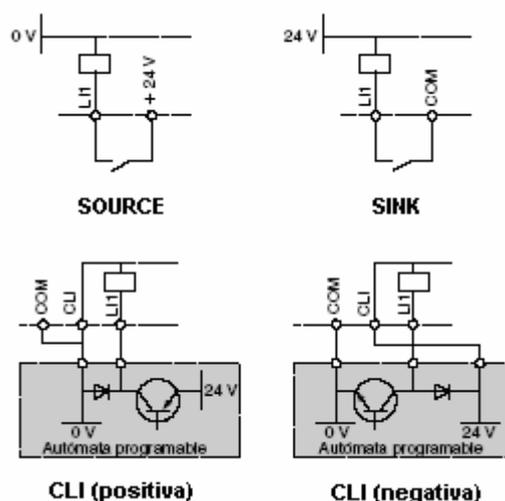
Alimentación: +24 V interna o 24 V externa (mín. 19 V – máx. 30 V)

Intensidad máxima: 100 mA

Posición SOURCE: estado **0** si es menor a 5 V o entrada lógica no cableada, estado **1** si es mayor a 11 V.

Posición SINK: estado **0** si es mayor a 19 V o entrada lógica no cableada, estado **1** si es menor a 13 V.

Posición CLI: entradas activadas por transistor, o con fuente independiente.



**Figura 2.18** Formas de conexión de las entradas lógicas

#### *Salidas de relé configurables (R1, R2)*

R1: R1A normalmente abierto, R1B normalmente cerrado, R1C común

R2: R2A normalmente abierto, R2C común

Conmutación máxima: 2 A para 250 Vac o 30 Vdc

*Entradas analógicas configurables (AI1, AI2, AI3)*

AI1: entrada analógica en tensión 0...+10V

AI2: entrada analógica en tensión bipolar  $\pm 10$  V

Impedancia 30 k $\Omega$  (tensión máxima de no destrucción 30 V)

AI3: entrada analógica en corriente 0 a 20 mA, con impedancia 250  $\Omega$

Resolución de 10 bits

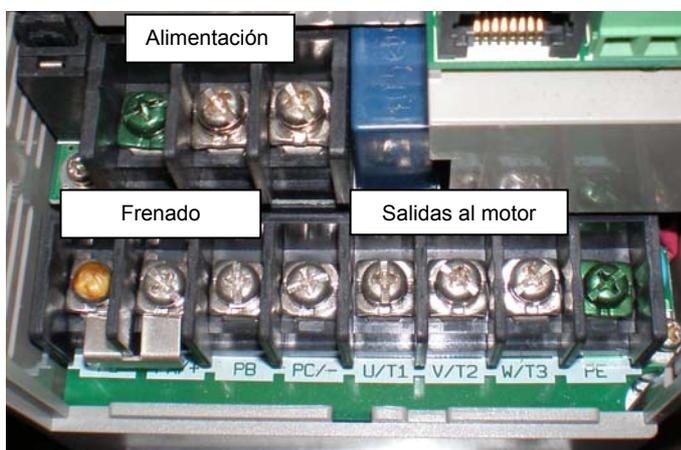
*Salidas analógicas configurables (AOV, AOC)*

AOC: salida analógica en corriente 0...20 mA, impedancia de carga máxima 800  $\Omega$ ; funcionamiento en salida lógica 24 V 20 mA máx.

AOV: salida analógica en tensión 0...+10V, impedancia de carga mín. 470  $\Omega$

Resolución de 8 bits

### 2.2.1.4. Descripción de los bornes de potencia



**Figura 2.19** Bornes de potencia

⊖ Conexión de masa

R/L1, S/L2: Alimentación de potencia

U/T1, V/T2, W/T3: Salidas al motor

PO – PC/- : Bus de corriente continua

PA/+ – PB: Resistencia de frenado

### 2.2.1.5. Códigos de fallos

- **Fallos no rearmables automáticamente**, debe quitarse la tensión al variador, remediar el daño y volver a dar tensión

Fallo	Causa
<i>bLF</i> secuencia de freno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• corriente de apertura del freno no alcanzada</li> <li>• umbral de frecuencia de cierre de freno</li> </ul>

	bEn=nO (no ajustado) cuando la orden de freno está afectada
<i>CrF</i> <i>circuito de carga de condensadores</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fallo de control del relé de carga o resistencia de carga deteriorada</li> </ul>
<i>EEF</i> <i>fallo EEPROM</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• condiciones del entorno</li> </ul>
<i>InF</i> <i>fallo interno</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• condiciones ambientales</li> </ul>
<i>OCF</i> <i>sobre intensidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• parámetros de los menús SEt- y drC- incorrectos</li> <li>• inercia o carga demasiado alta</li> <li>• bloqueo mecánico</li> </ul>
<i>SCF</i> <i>cortocircuito del motor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cortocircuito o puesta a tierra en la salida del variador</li> <li>• corriente de fuga a tierra importante en la salida del variador en el caso de varios motores en paralelo</li> </ul>
<i>SOF</i> <i>sobre velocidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cortocircuito o puesta a tierra en la salida del variador</li> <li>• corriente de fuga a tierra importante en la salida del variador en el caso de varios motores en paralelo</li> </ul>
<i>tnF</i> <i>error de auto ajuste</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• motor especial o motor cuya potencia no está adaptada al variador</li> <li>• motor no conectado al variador</li> </ul>

**Tabla 2.2** Fallos no rearmables automáticamente

- **Fallos rearmables con la función de re arranque automático**, una vez reparado el fallo se vuelve a operación normal mediante una entrada lógica (parámetro rSF del menú FLt-)

<b>Fallo</b>	<b>Causa</b>
<i>COF</i> <i>fallo CANopen</i>	• interrupción de comunicación en bus CANopen
<i>EPF</i> <i>fallo externo</i>	• según usuario
<i>LFF</i> <i>pérdida 4-20 mA</i>	• pérdida de la consigna de 4-20 mA en la entrada AI3
<i>ObF</i> <i>sobre tensión en deceleración</i>	• frenado demasiado brusco o carga arrastrante
<i>OHF</i> <i>sobrecarga del variador</i>	• temperatura del variador demasiado elevada
<i>OLF</i> <i>sobrecarga del motor</i>	• disparo por corriente del motor demasiado elevada
<i>OPF</i> <i>corte de fase del motor</i>	• corte de fase a la salida del variador • contactor aguas abajo abierto • motor no cableado o de potencia demasiado baja • inestabilidades instantáneas de la corriente del motor
<i>OSF</i> <i>sobre tensión</i>	• tensión de red demasiado elevada • red perturbada
<i>PHF</i> <i>corte de fase</i>	• variador mal alimentado o fusión de un fusible

<i>de la red</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• corte de una fase</li> <li>• utilización de un ATV31 trifásico en red monofásica</li> <li>• carga con equilibrado</li> </ul> <p>Esta protección actúa únicamente en carga.</p>
<i>SLF</i> <i>fallo Modbus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• interrupción de comunicación en bus Modbus</li> </ul>

**Tabla 2.3** Fallos rearmables por rearmado automático

- **Fallos rearmables automáticamente,** cuando desaparece la falla vuelve a funcionamiento (parámetro Atr del menú FLt-)

<b>Fallo</b>	<b>Causa</b>
CFF fallo de configuración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la configuración actual es incoherente</li> </ul>
CFI fallo de configuración por enlace serie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• configuración no válida.</li> </ul> <p>La configuración cargada en el variador mediante enlace serie no es coherente</p>
USF subtensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• red sin potencia suficiente</li> <li>• bajada de tensión transitoria</li> <li>• resistencia de carga defectuosa</li> </ul>

**Tabla 2.4** Fallos con rearmado automático

### 2.2.2. Programación del variador de frecuencia Altivar 31

La programación del ALTIVAR 31 consiste en la configuración de parámetros que van a regir su comportamiento, como características del motor a emplearse, asignación de funciones a las entradas y salidas, modos de control y formas de respuesta.

Ingresamos a los menús de parámetros presionando el botón ENT, y nos desplazamos a través de ellos con los botones de desplazamiento ▲▼, en el siguiente orden:

- BFr. Frecuencia estándar del motor (50/60 Hz), este parámetro aparece únicamente en la primera puesta en tensión.
- SEt-. Contiene ajustes de rampas, consignas de frecuencia y límites de velocidad.
- drC-. Contiene los parámetros que definen las características del motor.
- I-O-. En este menú encontramos las funciones asignables a las entradas y salidas.
- CtL-. Configura los niveles de acceso y modo de control.
- FUn-. Menú de funciones especiales.
- FLt-. Contiene configuraciones de acciones en caso de fallo.
- CON-. Menú de comunicación MODBUS.
- SUP-. Visualiza el estado de los parámetros principales [6].

Para entrar en un menú se presiona el botón ENT, de igual manera se navega por los parámetros con los botones de desplazamiento, se presiona nuevamente ENT y se introduce el valor deseado. Para guardar el cambio realizado mantenemos presionado ENT hasta que el display parpadee. Para cancelar o regresar a un menú anterior se presiona el botón ESC.

Por ejemplo, para introducir la velocidad nominal del motor, accedemos a los menús presionando ENT desde la pantalla de estado (rdY, nSt,...) buscamos el menú drC y presionamos nuevamente ENT, luego exploramos hasta encontrar el parámetro nCr, ingresamos presionando ENT y ajustamos el valor deseado usando los botones ▲▼, para graba presionamos ENT por unos segundos.

Comenzaremos introduciendo los parámetros básicos que se refieren a las características del motor que vamos a utilizar, para lo cual consultamos con los datos de placa:

Hz	HP	Kw	V	A	Cos $\phi$	Rpm
50	2	1.5	220/380	6.95/4	0.79	1400
50	2	1.5	240/415	6.43/3.72		1400
60	2.4	1.8	255/440	5.77/3.34		1690

**Tabla 2.5** Datos de placa del motor TERCO MV 1009

Únicamente la primera vez que ponemos en tensión el variador aparece de inmediato el parámetro bFr, se refiere a la frecuencia

base del sistema eléctrico, puede ser: IEC, 50 Hz, norma europea o NEMA, 60 Hz, norma americana. Para nuestro caso será 50 Hz. Lo podemos modificar nuevamente en el menú drC-, de control del motor. En cada uno de los parámetros descritos a continuación se indica el valor a introducir de acuerdo a las necesidades del proyecto.

#### **2.2.2.1. Menú de control del motor drC-**

Contiene los parámetros que definen al motor. En cada uno de ellos se indica el valor a introducir de acuerdo a las necesidades del proyecto.

*UnS*. Tensión nominal del motor en la placa: 220 V

*FrS*. Frecuencia nominal del motor: 50 Hz

*nCr*. Corriente nominal del motor: 6.9 A

*nSP*. Velocidad nominal del motor: 1400 rpm

*COS*. Factor de potencia: 0.79

#### **2.2.2.2. Menú de ajustes SEt-**

Permite configurar los tiempos de rampa y velocidad límite del variador.

*ACC*. Tiempo de la rampa de aceleración, para acelerar entre 0 y la frecuencia nominal *FrS*: 5 s

*dEC*. Tiempo de la rampa de deceleración, para desacelerar desde la frecuencia nominal hasta 0 Hz: 5 s

Podemos calcularlo para una aplicación determinada en la que requerimos un tiempo preciso ( $t$ ) para alcanzar una frecuencia distinta a la nominal ( $f$ ), mediante regla de tres, si la rampa es lineal (parámetro  $rPt$ , menú funciones FUN-, submenú rampas  $rPC$ -).

$$ACC = \frac{t \times FrS}{f}$$

*LSP*. Mínima velocidad: 0 Hz

*HSP*. Máxima velocidad, hasta un 20 % más de la nominal, dependiendo del parámetro  $tFr$ : 60 Hz

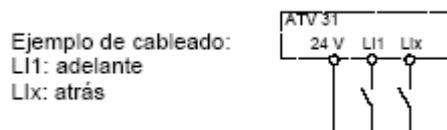
*ItH*. Protección térmica del motor, por unidad de la corriente nominal: 1.1

### **2.2.2.3. Menú de entradas/salidas I-O-**

Establece el modo de funcionamiento de las entradas y salidas del variador de frecuencia.

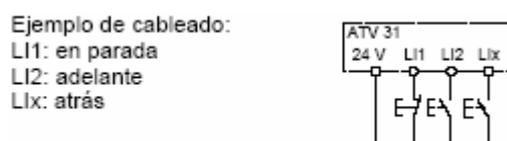
*tCC*. Control 2 hilos / 3 hilos: 3C

Control 2 hilos; el estado cerrado de la entrada controla la marcha y el abierto indica parada.



**Figura 2.20** Control de 2 hilos

Control 3 hilos; mando por pulsos, basta un pulso para dar marcha o paro.



**Figura 2.21** Control de 3 hilos

*tCt.* Tipo de control 2 hilos: trn

- LEL: El estado 0 ó 1 se tiene en cuenta para la marcha o la parada.
- trn: Es necesario cambiar de estado (transición o flanco) para activar la marcha a fin de evitar un re arranque imprevisto tras una interrupción de la alimentación.
- PFO: El estado 0 ó 1 se tiene en cuenta para la marcha o la parada, pero la entrada de giro "adelante" siempre tiene prioridad sobre la entrada de giro "atrás".

*rrS.* Marcha atrás por entrada lógica: LI3

- nO: marcha atrás por entrada analógica.
- Llx: por entrada lógica de LI2 a LI6.

*AOIt.* Configuración de la salida analógica: 10U

Modo de 0 a 10 V, usando la borna AOV.

*dO.* Salida analógica/lógica AOC/AOV: Otr

Par del motor, 10 V corresponde a dos veces el par nominal del motor, esta variable será monitoreada mediante LabView.

#### **2.2.2.4. Menú de control CtL-**

Configura el nivel de acceso a las funciones y el medio utilizado para la consigna de frecuencia.

*LAC.* Nivel de acceso a las funciones: L2

Para uso de funciones avanzadas (ej. +/- velocidad)

*Fr1.* Consigna de frecuencia 1: AI1

- AI1. Entrada analógica, manejada por un potenciómetro.
- UPdH. Consigna +/- velocidad por teclas ▲▼ de la consola ATV 31, accediendo al parámetro rFr del menú SUP-.

*Fr2.* Consigna de frecuencia 2: UPdH

*rFC.* Conmutación de consigna: LI6

Estado 0 selecciona Fr1, estado 1 activa Fr2.

### 2.2.2.5. Menú de funciones de aplicaciones FUN-

Contiene funciones especializadas, en nuestro caso nos limitaremos al uso y conmutación de velocidades preseleccionadas.

Submenú rampas rPC-

rPt. Tipo de rampa: LIn

Define el aspecto de las rampas de aceleración y desaceleración, puede ser: lineal, en S, en U o personalizada (CUS).

rPS. Conmutación de rampa: nO

AC2. Segundo tiempo de la rampa de aceleración.

dE2. Segundo tiempo de la rampa de desaceleración.

Submenú velocidades preseleccionadas PSS-

PS2. Dos velocidades preseleccionadas: LI4

PS4. Cuatro velocidades preseleccionadas: LI5

Mediante la combinación de las entradas lógicas PS2 y PS4 se obtiene 4 velocidades, de la siguiente manera:

PS4	PS2	Consigna de velocidad
0	0	Fr1 o Fr2
0	1	SP2: 15Hz
1	0	SP3: 30Hz
1	1	SP4: 45Hz

**Tabla 2.6** Consigna de velocidad

Los valores de SP2, SP3 y SP4, se modifican en los parámetros del mismo nombre dentro del submenú PSS-.

### 2.2.2.6. Menú de supervisión SUP-

Permite visualizar el estado de los parámetros principales del convertidor de frecuencia.

rFr. Permite visualizar la frecuencia de salida aplicada al motor, además modificar la consigna de velocidad, cuando UPdH está seleccionado.

LCr. Muestra la corriente del motor.

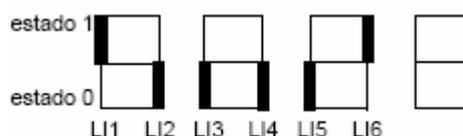
ULn. Tensión de red a través del bus de corriente continua.

Lft. Último fallo aparecido.

LIA-. Funciones de las entradas lógicas

LI1A, LI2A,...LI6A. Visualiza las funciones asignadas a las entradas lógicas, si está libre se muestra "nO".

LIS. Estado de las entradas lógicas (alto=1, bajo=0).



**Figura 2.22** Estado de las entradas lógicas

AIA-. Funciones de las entradas analógicas

AI1A, AI2A,...AI6A. Visualiza las funciones asignadas a las entradas lógicas, si está libre se muestra "nO".

## 2.2.3. Programación usando el software Power Suite v2.0.0

### 2.2.3.1. Creación de un nuevo proyecto en Power Suite

El software Power Suite de Schneider Electric permite la introducción de parámetros de una manera más sencilla, para ello debemos agregar un nuevo equipo donde vamos a guardar las configuraciones que requerimos para el proyecto. Damos clic en el menú Echero y seleccionamos Nuevo ► Equipo.

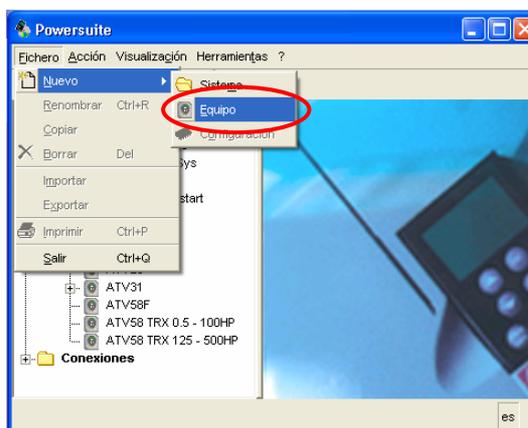
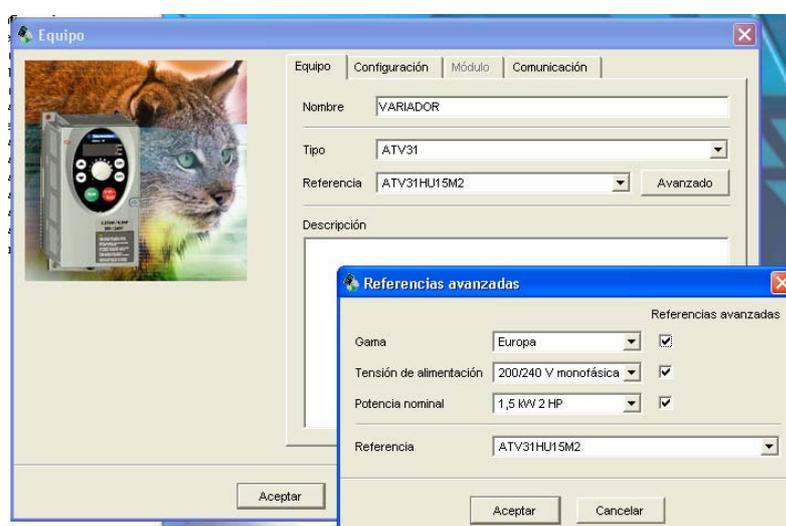


Figura 2.23 Agregar nuevo equipo

En la ventana Equipo introducimos el Tipo y Referencia del equipo que vamos a utilizar, para nuestro caso ATV31 y

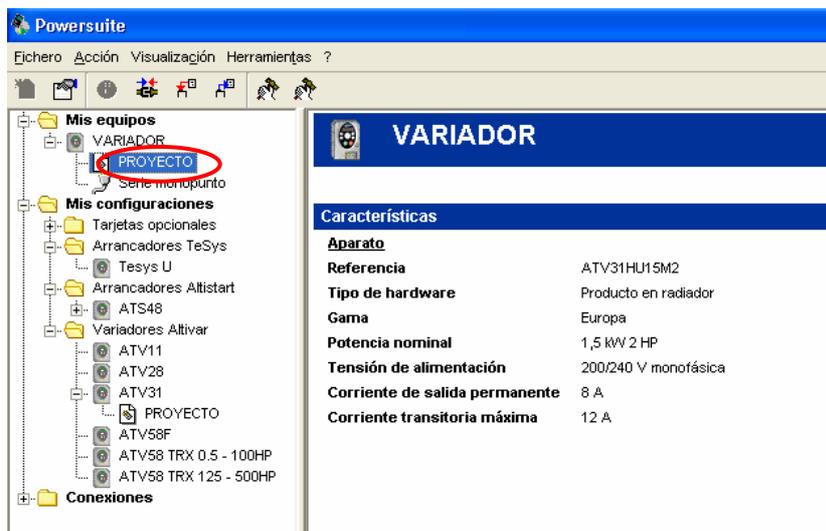
ATV31HU15M2 respectivamente, dando clic en el botón Avanzado podemos seleccionar la referencia introduciendo las características de Gama, Tensión y Potencia del variador, como se muestra en la figura. También asignamos un nombre para el mismo.



**Figura 2.24** Seleccionar características del variador

En la pestaña Configuración creamos una nueva presionando el botón Crear y escribiendo un nombre en la casilla *conf 1*, por ejemplo, PROYECTO. Luego damos clic en Aceptar.

En la parte izquierda encontramos ahora la configuración que hemos creado, para acceder a los parámetros del variador damos doble clic sobre ella.



**Figura 2.25** Configuración del variador

En la siguiente ventana encontramos todos los parámetros ordenados en grupos, según características afines, por ejemplo: dentro de control motor correspondiente al menú dRC-, encontramos Características del motor que contiene todos los parámetros que describen los datos de placa del motor.

De este modo podemos mediante el software, configurar todos los parámetros que vamos a utilizar para posteriormente transferirlos al equipo.

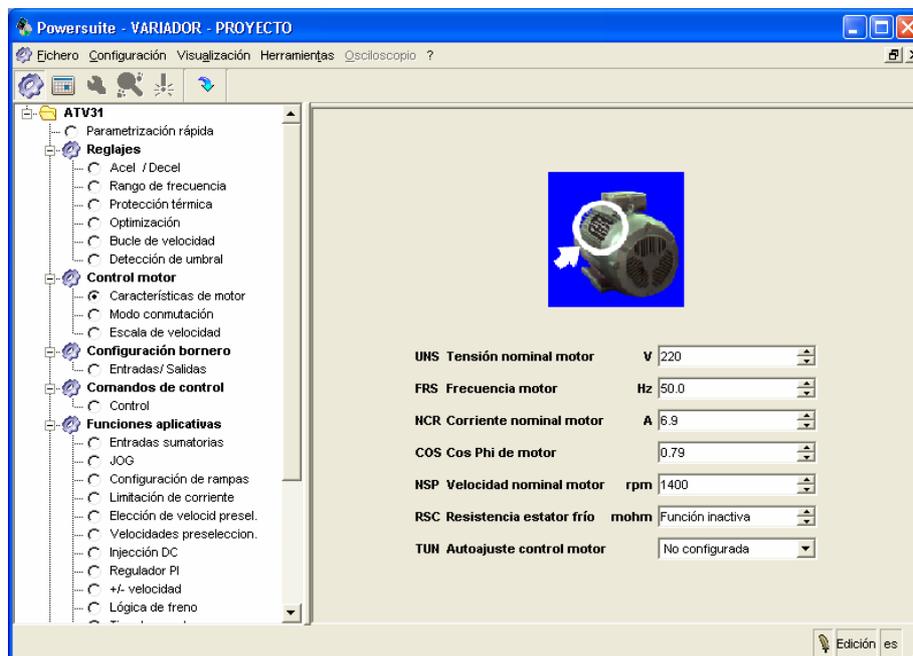


Figura 2.26 Parámetros del variador

### 2.2.3.2. Conexión del variador ALTIVAR 31 a un PC

Ahora vamos a establecer una comunicación con el equipo a través del ordenador utilizando el puerto serie, mediante el cable VW3 A8106 y su respectivo adaptador RJ45 a RS232/RS485 PC. Para ajustar la configuración del puerto serie, pulsamos el botón Modificar  y escogemos la pestaña Comunicación.

Una vez configurado el puerto serie, podemos realizar las siguientes acciones:



Identificar: permite analizar un equipo conectado al computador y muestra las características del mismo, sirve para verificar si el equipo esta correctamente conectado.



Transferir: actualiza la configuración almacenada en el ordenador con los parámetros de un equipo conectado.



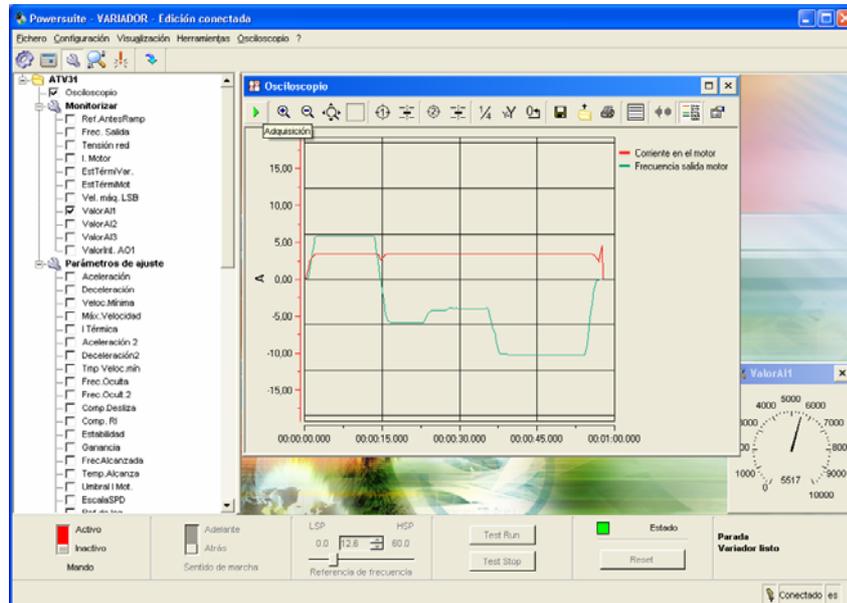
Configurar: permite escribir en el equipo una configuración guardada en el ordenador.



Conectar: Permite controlar y supervisar el equipo conectado, mostrando las curvas de respuesta a estímulos provocados de manera local o desde el computador.

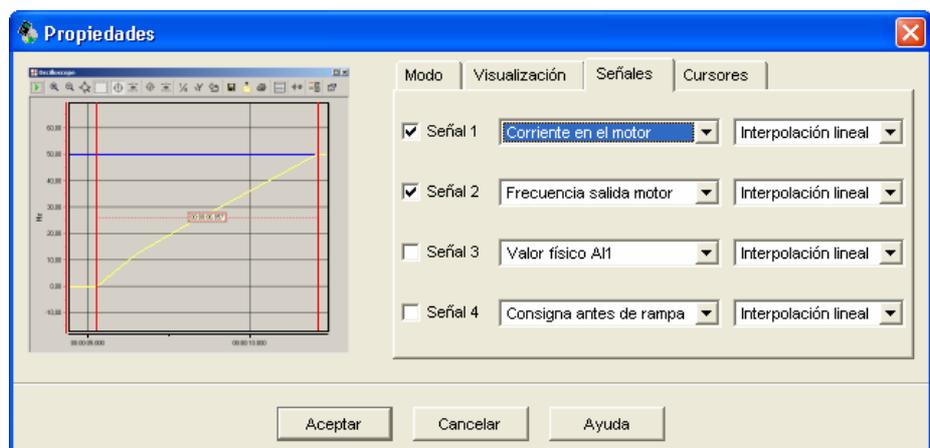
Además, podemos simular el funcionamiento del variador con los parámetros asignados seleccionando en la ventana del Power Suite nuestro equipo VARIADOR y luego en el menú Acción ► Simular.

Al presionar conectar nos aparece una ventana en la que podemos visualizar el estado de las variables principales del equipo activando la casilla de verificación correspondiente.



**Figura 2.27** Visualización de variables en el osciloscopio

El osciloscopio nos permite observar una gráfica en el tiempo de la señal que seleccionemos, para ello, damos clic en el ícono  del osciloscopio y luego en la pestaña Señales. Para iniciar el muestreo de señales, presionamos el botón Adquisición , en la barra de herramientas del osciloscopio.



**Figura 2.28** Propiedades del osciloscopio

Podemos controlar el variador de manera local mediante los borneros de control; o desde el computador activando el switch de Mando, teniendo en cuenta las precauciones de seguridad que se presentan, luego se presiona Alt+F. Iniciamos la prueba presionando el botón Test Run, con lo que podemos seleccionar el sentido de giro y la consigna de frecuencia, y para finalizar presionamos Test Stop.

## **2.3 Manejo del variador de frecuencia DANFOSS FC302**

### **2.3.1. Características del variador de frecuencia DANFOSS FC302**

#### **2.3.1.1. Características eléctricas**

Red de alimentación trifásica: 200 – 240 V, 50/60 Hz

Potencia típica en el eje: 1.5 kW

Intensidad de salida:

- Continua: 7.5 A
- Intermitente: 12 A

Intensidad de entrada:

- Continua: 7.5 A
- Intermitente: 12 A

Fusible máx.: 20 A

Potencia disipada en carga nominal: 147 W

### 2.3.1.2. Descripción del Panel de Control Local

El panel de control está dividido en cinco partes:

1. Display gráfico con líneas de estado



**Figura 2.29** Display gráfico DANFOSS FC 302

2. Luces indicadoras:



**Figura 2.30** Luces indicadoras DANFOSS FC 302

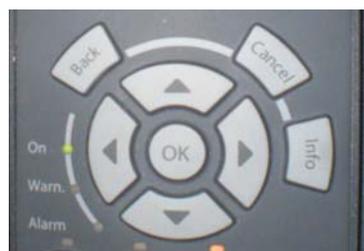
- a. On. LED verde, variador encendido en funcionamiento normal.
  - b. Warn. LED amarillo, advertencia de error, el variador continúa funcionando.
  - c. Alarm. LED rojo, alarma de falla, el variador se detiene para corregir el daño.
3. Teclas de menú: para cambio de parámetros y funciones del display



**Figura 2.31** Teclas de menú DANFOSS FC 302

- a. Status. Indica el estado del convertidor de frecuencia.
- b. Quick Menu. Permite acceder al Menú Rápido que contiene los parámetros principales para poner al convertidor en funcionamiento.
- c. Main Menu. Abre todos los parámetros disponibles.
- d. Alarm Log. Muestra una lista con las últimas cinco alarmas.

#### 4. Teclas de navegación



**Figura 2.32** Teclas de navegación DANFOSS FC 302

- a. Flechas de dirección. Para desplazarse entre las distintas opciones disponibles en los menús y modificar parámetros.
- b. Back. Regresa al nivel o menú anterior.

- c. Cancel. Anula el último cambio realizado en la misma pantalla.
- d. Info. Ofrece información sobre un parámetro, comando o función en cualquier ventana del display.
- e. OK. Confirma el cambio de un parámetro.

#### 5. Teclas de funcionamiento



**Figura 2.33** Teclas de funcionamiento FC 302

- a. Hand On. Pone en marcha el motor, permitiendo controlar su velocidad con las teclas de dirección.
- b. Off. Detiene el motor conectado.
- c. Auto On. Permite la activación del variador a través de sus terminales de control o de la comunicación serie.
- d. Reset. Reinicia el convertidor tras una alarma de desconexión.

### 2.3.1.3. Descripción de los terminales de control



**Figura 2.34** Terminales de control DANFOSS FC 302

*Entradas digitales programables: (18, 19, 27, 29, 32, 33)*

Nivel de tensión: 24 Vcc

Sistema lógico:

PNP: estado 0, menor a 5 V; estado 1, mayor a 10 V

NPN: estado 0, mayor a 19 V; estado 1, menor a 14 V

Común de entradas digitales (20)

*Parada de seguridad (37):* lógica PNP

*Entradas analógicas: (53, 54)*

Modos: tensión (-10 a +10 V) o intensidad (0/4 a 20 mA)

Resolución: 10 bits (+ signo)

Precisión: 0.5% de la escala total

Común de entradas analógicas (55)

Selección de modo:

Interruptor S201: entrada 53, I intensidad, U tensión

Interruptor S202: entrada 54, I intensidad, U tensión



**Figura 2.35** Interruptores de selección de modo

*Salida analógica: (42)*

Rango: 0/4 a 20 mA

Carga máxima: 500  $\Omega$

Resolución: 12 bits

Precisión: 0.5% de la escala total

Común salida analógica (39)

*Salidas digitales programables: (27,29)*

Nivel de tensión: 0 a 24 V

Máxima intensidad: 40 mA

*Tarjeta de control, salida de 24 Vcc: (12, 13)*

Para polarización de entradas digitales.

Carga máxima: 200 mA

### Salidas de relé



**Figura 2.36** Salidas de relé

Relé 01: 1-3 (NC), 1-2 (NO)

Relé 02: 4-6 (NC), 4-5 (NO)

Carga mínima: 24 Vdc, 10 mA; 24 Vac, 20 mA

*Tarjeta de control, salida de 10 Vcc: (50)*

Para alimentación de entradas analógicas.

Tensión de salida:  $10.5 \pm 0.5$  V

Carga máxima: 15 mA

#### **2.3.1.4 Descripción de los bornes de potencia**

Alimentación de red: 200/240 V, 50/60 Hz



**Figura 2.37** Bornes de alimentación

Conectores 91 (L1), 92 (L2), 93 (L3), introducidos en los terminales indicados como MAINS en la parte inferior del variador FC 302.

Salida de motor: 0 – 100% de la tensión de red, 0 –1000 Hz



**Figura 2.38** Salidas al motor

Conectores 96 (U), 97 (V), 98 (W), introducidos en los terminales indicados como MOTOR, en la parte inferior del variador.

Bus de corriente continua: Terminales 88 (-DC), 89 (+DC)

Resistencia de freno: Terminales 81 (R-), 82 (R+)

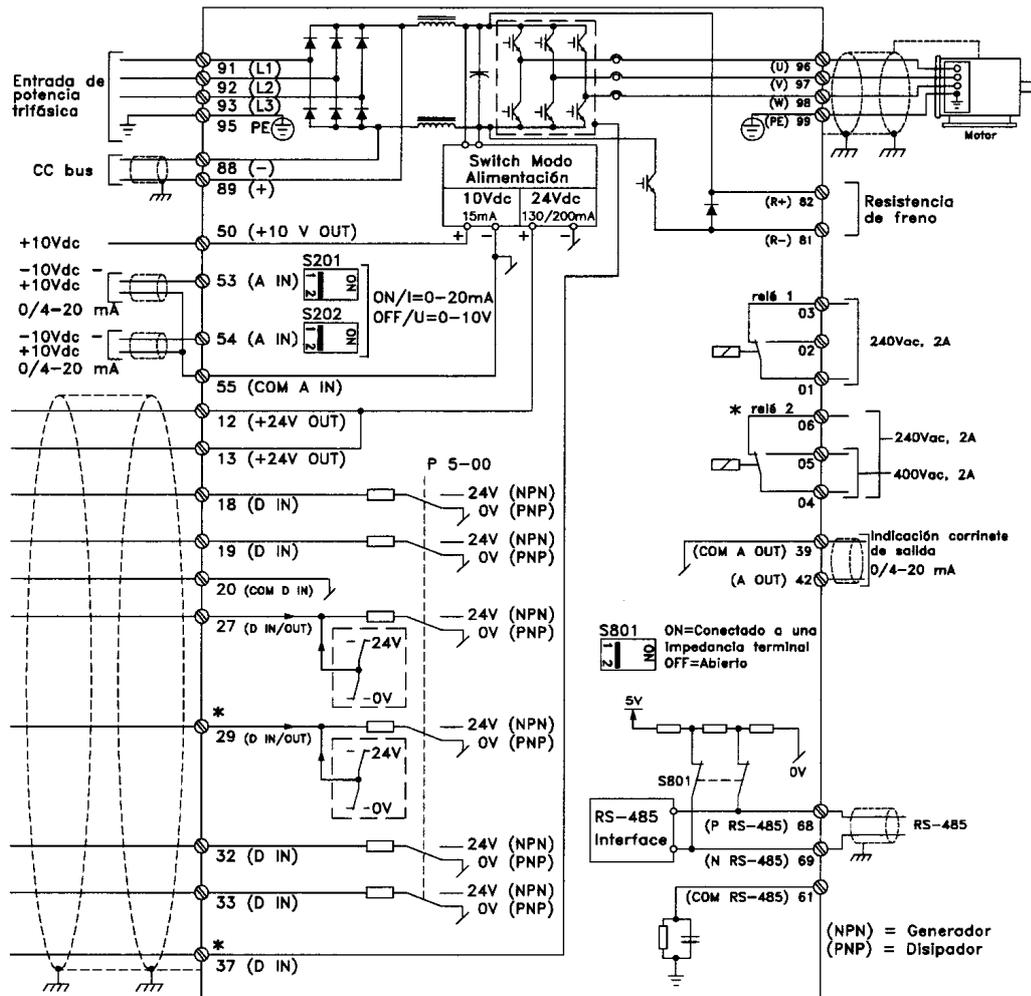


Figura 2.39 Esquema de conexiones del DANFOSS FC 302

## 2.3.2. Programación del variador de frecuencia

### DANFOSS FC 302

Los parámetros del variador de frecuencia DANFOSS FC 302 están distribuidos en grupos y sub-grupos con características comunes, identificados por un nombre y un número, podemos acceder a ellos a través del botón Main Menú o por medio de Quick Menú para un ajuste rápido. Por ejemplo:

Grupo: 01-xx Parámetros Carga/Motor

Sub-grupo: 01-2x Datos de Motor

Parámetro: 01-24 Intensidad de Motor

Para cambiar un parámetro llegamos a él con las flechas de dirección y presionando la tecla OK para ingresar; cambiamos el valor del parámetro con las teclas ▲ para aumentar y ▼ para disminuir, para mover el cursor y elegir otro dígito usamos las teclas ◀▶, una vez modificado el valor presionamos OK para guardar o Cancel para anular.

### 2.3.2.1. Funciones del botón Quick Menú



**Figura 2.40** Menús rápidos

01. Mi menú personal: muestra los parámetros personales seleccionados en el par. 0.25, ingresando su número correspondiente mediante cuatro dígitos, utilizamos 0000 para inactivar. Se pueden añadir a este menú hasta 20 parámetros diferentes.

02. Ajuste rápido: contiene una lista limitada de parámetros para que el motor funcione correctamente.

00-01. Idioma [Español]

01-20. Potencia motor [1.5 kW]

01-22. Tensión motor [220 V]

01-23. Frecuencia motor [50 Hz]

01-24. Intensidad motor [6.95 A]

01-25. Velocidad nominal motor [1420 rpm]

05-12. Terminal 27 entrada digital [Parada]

03-02. Referencia mín. [0 rpm]

03-03. Referencia máx. [1800 rpm]

03-41. Rampa 1 tiempo acel. rampa [10.00 s]

03-42. Rampa 1 tiempo desacel. rampa [5.00 s]

03-13. Lugar de referencia [Conex. a manual/auto]

01-29. Adaptación automática del motor (AMA)

[No]

03. Cambios realizados:

Muestra los últimos diez cambios de parámetros realizados o los cambios realizados desde el ajuste predeterminado.

06. Registros:

Permite visualizar información de las lecturas de parámetros seleccionados en forma de gráfico en el tiempo, almacena hasta 120 muestras en la memoria [7].

### 2.3.2.2. Grupos del Menú Principal

Los parámetros están distribuidos en 18 grupos, para la presente aplicación estudiaremos el uso adecuado de algunos de ellos para lograr nuestros requerimientos. Los grupos son los siguientes:

No.	Nombre	Subgrupos
0	Funcionam. / Display	0 Ajustes básicos 1 Manipulación ajuste 2 Display LCP 4 Teclado LCP 5 Copiar/Guardar 6 Contraseña
1	Carga/Motor	0 Ajustes generales 1 Construcción del motor 2 Datos de motor 3 Datos avanzados de motor 5 Ajuste independiente de carga 6 Ajuste dependiente de carga 7 Ajustes arranque 8 Ajustes de parada 9 Temperatura motor
2	Frenos	0 Freno CC 1 Func. energ. Freno 2 Freno mecánico
3	Referencias/ Rampas	0 Límites referencia 1 Referencias

		<ul style="list-style-type: none"> <li>4 Rampa 1</li> <li>5 Rampa 2</li> <li>6 Rampa 3</li> <li>7 Rampa 4</li> <li>8 Otras rampas</li> <li>9 Potencióm. digital</li> </ul>
4	Límites/ Advertencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Límites motor</li> <li>5 Ajuste Advertencia</li> <li>6 Bypass velocidad</li> </ul>
5	E/S digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 Modo E/S digital</li> <li>1 Entradas digitales</li> <li>3 Salidas digitales</li> <li>4 Relés</li> <li>5 Entrada de pulsos</li> <li>6 Salida de pulsos</li> <li>7 Entrada encoger 24 V</li> </ul>
6	E/S analógica	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 Modo E/S analógico</li> <li>1 Entrada analógica 1</li> <li>2 Entrada analógica 2</li> <li>5 Salida analógica 1</li> </ul>
7	Controles	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 Controlador PID velocidad</li> <li>2 Control realimentación de proceso</li> <li>3 Control PID proceso</li> </ul>
8	Comunic. y opciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 Ajustes generales</li> <li>1 Ajuste código de control</li> <li>3 Ajuste puerto FC</li> <li>5 Digital/Bus</li> </ul>
9	Profibus	

10	Fieldbus CAN	0 Ajustes comunes 1 Device Net 2 Filtro COS 3 Acceso parámetros
11	Reservado comunic. 1	
12	Reservado comunic. 2	
13	Lógica inteligente	0 Ajustes SLC 1 Comparadores 2 Temporizadores 4 Reglas lógicas 5 Control lógico inteligente
14	Func. Especiales	0 Conmutación inversor 1 Alimentación on/off 2 Reinicio desconexión 3 Control límite de intensidad 4 Optimización de energía
15	Información drive	0 Datos de funcionamiento 1 Ajustes de registro de datos 2 Registro histórico 3 Registro fallos 4 Id. Dispositivo 6 Identificación de opción 9 Información de parámetro
16	Lecturas de datos	0 Estado general 1 Estado del motor 4 Estado del drive 5 Referencia y realimentación

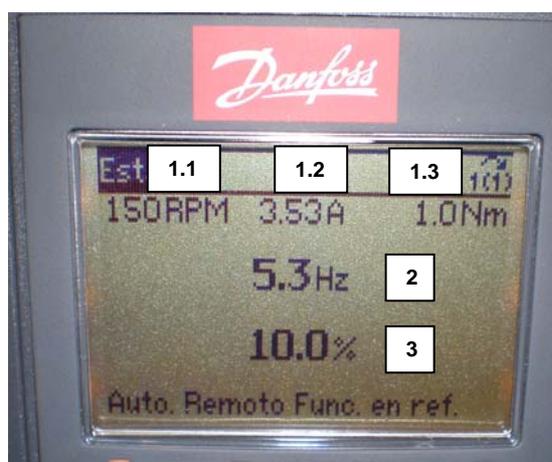
		6 Entradas y salidas 8 Fieldbus y puerto FC 9 Lectura diagnóstico
17	Opción realim. Motor	1 Interfaz encoder incremental 2 Interfaz encoder absoluto

**Tabla 2.7** Grupos del menú principal

### 2.3.2.3. Parametrización del DANFOSS FC 302

Luego de realizar un ajuste rápido y configurar los parámetros básicos para poner en funcionamiento el variador (Sección 2.3.2.1), modificaremos algunos parámetros que nos permiten usar el convertidor para una aplicación más específica y de acuerdo a nuestra necesidad.

#### Visualización



**Figura 2.41** Líneas de visualización

Par	Descripción	Valor
0-02	Unidad de velocidad del motor	RPM [0] Hz [1]
0-20	Línea de pantalla pequeña 1.1	Velocidad (RPM) [1617]
0-21	Línea de pantalla pequeña 1.2	Intensidad (A) [1614]
0-22	Línea de pantalla pequeña 1.3	Par (Nm) [1616]
0-23	Línea de pantalla grande 2	Frecuencia (Hz) [1613]
0-24	Línea de pantalla grande 3	Referencia (%) [1602]

**Tabla 2.8** Parámetros de visualización

### Referencia

Par	Descripción	Valor
3-00	Rango de referencia	Min – Max [0] -Max – +Max [1]
3-10	Referencia interna	
	[0]	10 %
	[1]	20 %
	[2]	30 %
	[3]	40 %
	[4]	50 %

	[5]	60 %
	[6]	70 %
	[7]	80 %
3-13	Lugar de referencia	Conex. manual/auto [0] Remoto [1] Local [2]
4-10	Dirección veloc. motor	De izquierda a derecha [0] De derecha a izquierda [1] Ambos sentidos [2]

**Tabla 2.9** Configuración de referencias

### Entrada / Salida digital

Par	Descripción	Valor
5-00	Modo E/S digital	PNP [0] NPN [1]
5-01	Terminal 27 modo E/S	Entrada [0] Salida [1]
5-02	Terminal 29 modo E/S	Entrada [0] Salida [1]
5-10	Terminal 18 entrada digital	Arranque por pulsos [9]
5-11	Terminal 19 entrada digital	Cambio de sentido [10]
5-12	Terminal 27 entrada digital	Inercia [2]
5-13	Terminal 29 entrada digital	Ref. interna LSB [16]

5-14	Terminal 32 entrada digital	Ref. interna MSB [17]
5-15	Terminal 33 entrada digital	Ref. interna EXB [18]

**Tabla 2.10** Configuración de E/S digitales

Se usan los terminales 29, 32, 33 para realizar cambio de velocidades preseleccionadas, siguiendo la tabla de correspondencia a continuación:

<b>Bit de referencia interna</b>	<b>EXB</b> (33)	<b>MSB</b> (32)	<b>LSB</b> (29)
Referencia interna 0	0	0	0
Referencia interna 1	0	0	1
Referencia interna 2	0	1	0
Referencia interna 3	0	1	1
Referencia interna 4	1	0	0
Referencia interna 5	1	0	1
Referencia interna 6	1	1	0
Referencia interna 7	1	1	1

**Tabla 2.11** Selección de referencias internas

#### **2.3.2.4. Control de Lógica Inteligente**

El control de lógica inteligente (SLC, por sus siglas en inglés Smart Logic Control) es una secuencia de estados definidas por el usuario, cada uno de ellos contiene un evento y una acción. Cuando el evento es evaluado como verdadero por el SLC se ejecuta la acción correspondiente.

Se evaluará únicamente un evento a la vez, si este es falso, no se ejecuta la acción y continúa en el mismo estado hasta que sea verdadero.

*Modo Controlador SL*, par. 13-00

Seleccionando Sí [1], autorizamos al variador utilizar el control de lógica inteligente que inicia con el evento de arranque.

*Evento de arranque*, par. 13-01

Elegimos entre una lista de comandos el que dará inicio a la secuencia lógica, para este caso utilizaremos Comando de arranque [39], que activa la secuencia al arrancar el variador.

*Evento parada*, par. 13-02

Con este comando detenemos la secuencia lógica, vamos a usar Convertidor de frecuencia parado [40].

*Reiniciar SLC, par. 13-03*

Restaura todos los parámetros del grupo 13, Lógica Inteligente, a los ajustes predeterminados.

*Comparadores, par. 13-1\**

Se utilizan para comparar variables continuas con un valor fijo preestablecido, se puede introducir hasta cuatro en un arreglo matricial con índice 0 a 3, y proporcionan un resultado lógico verdadero cuando la regla se cumple.

En el par. 13-10 se guardan los operandos o variables a comparar, el par. 13-11 define el operador (< [0], = [1], > [2]), y en el par. 13-12 el valor del comparador desde -100000.000 a 100000.000.

Por ejemplo: Velocidad del motor menor a 1000 rpm.

Par. 13-10: Veloc. Motor [3]

Par. 13-11: < [0]

Par. 13-12: 1000.000

*Temporizadores, par. 13-20*

El temporizador sólo es falso cuando lo activa una acción Iniciar temporizador, hasta que pase el valor del temporizador introducido en este parámetro. A continuación, vuelve a ser verdadero. Se pueden utilizar hasta tres temporizadores en un arreglo matricial con índice de 0 a 2, programados de 0 a 3600.00 s.

*Reglas lógicas, par. 13.4\**

Combina hasta tres entradas booleanas (verdadero/ falso) mediante operadores lógicos (O, Y, NO).

Par. 13-40, Regla lógica booleana 1

Par. 13-41, Operador regla lógica 1

Desactivado [0]

	Regla 1	Regla 2							
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
		Y	O	Y Neg.	O Neg.	NO Y	NO O	NO Y NO	NO O NO
0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1	0	0

**Tabla 2.12** Reglas lógicas

Par. 13-42, Regla lógica booleana 2

Par. 13-43, Operador regla lógica 2

De la mis manera que el operador 1, realiza la función seleccionada entre el resultado anterior y la regla lógica 3.

Par. 13-44, Regla lógica booleana 3

Cada uno de estos parámetros es una matriz con índices de 0 a 2.

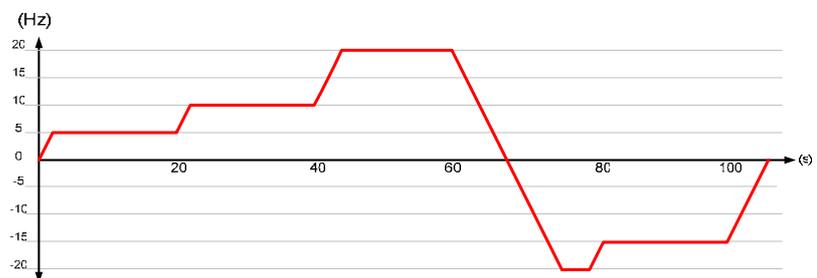
*Estados, par 13,-5\**

Se pueden programar hasta 20 estados, cada uno con su respectivo evento y acción.

Par. 13-51, Evento SLC

Par. 13-52, Acción SLC

A continuación los parámetros utilizados para realizar la secuencia mostrada en la Figura 2.42.



**Figura 2.42** Secuencia mediante SLC

Par. 13.00 Modo controlador SL: Sí [1]

Par 13.01 Evento arranque: Comando de arranque [39]

Par 13.02 Evento parada: Convert. Frec. Parado [40]

Par 13.20 [0] Temporizador 0: 20.00

<b>Estado</b>	<b>Evento (Par. 13.51)</b>	<b>Acción (Par. 13.52)</b>
<b>1</b>	Verdadero [1]	En funcionamiento [22]
<b>2</b>	En funcionamiento [2]	Selec. ref. preselec. 0 [10]
<b>3</b>	Verdadero [1]	Tempor. Inicio 0 [29]
<b>4</b>	Tiempo límite SL 0 [30]	Selec. ref. preselec. 1 [11]
<b>5</b>	Verdadero [1]	Tempor. Inicio 0 [29]
<b>6</b>	Tiempo límite SL 0 [30]	Selec. ref. preselec. 3 [13]
<b>7</b>	Verdadero [1]	Tempor. Inicio 0 [29]
<b>8</b>	Tiempo límite SL 0 [30]	Fun. sentido inverso [23]
<b>9</b>	Verdadero [1]	Tempor. Inicio 0 [29]
<b>10</b>	Tiempo límite SL 0 [30]	Selec. ref. preselec. 2 [12]
<b>11</b>	Verdadero [1]	Tempor. Inicio 0 [29]
<b>12</b>	Tiempo límite SL 0 [30]	Parada [24]

**Tabla 2.13** Ejemplo de control de lógica inteligente

### **2.3.2.5. Reestablecer ajustes predeterminados**

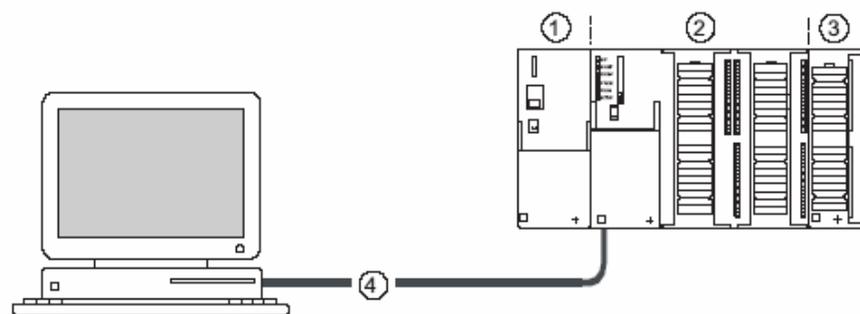
Se puede regresar a los valores predeterminados o de fábrica del variador en caso de algún error de programación de dos maneras.

1. Mediante el par. 14.22 Modo funcionamiento seleccionando [2] Inicialización, luego desconectar y volver a conectar el convertidor con lo cual se reinician los valores, excepto los parámetros de comunicación, datos de funcionamiento y registro de fallos.
2. De modo manual desconectando la unidad, una vez que se apague la pantalla se presiona Status – Main Menu – OK simultáneamente, se conecta nuevamente el convertidor y se suelta las teclas después de 5 seg. Todos los valores se reinician excepto los datos de funcionamiento.

## CAPÍTULO III

### 3. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC) S7 300

#### 3.1 Descripción del PLC S7-300



1. Fuente de poder SITOP
2. Módulo central CPU 312C
3. Módulos de señales
4. Cable para conectar una unidad de programación PG

**Figura 3.1** Partes del controlador lógico programable (PLC)

### 3.1.1. Fuente de poder SITOP

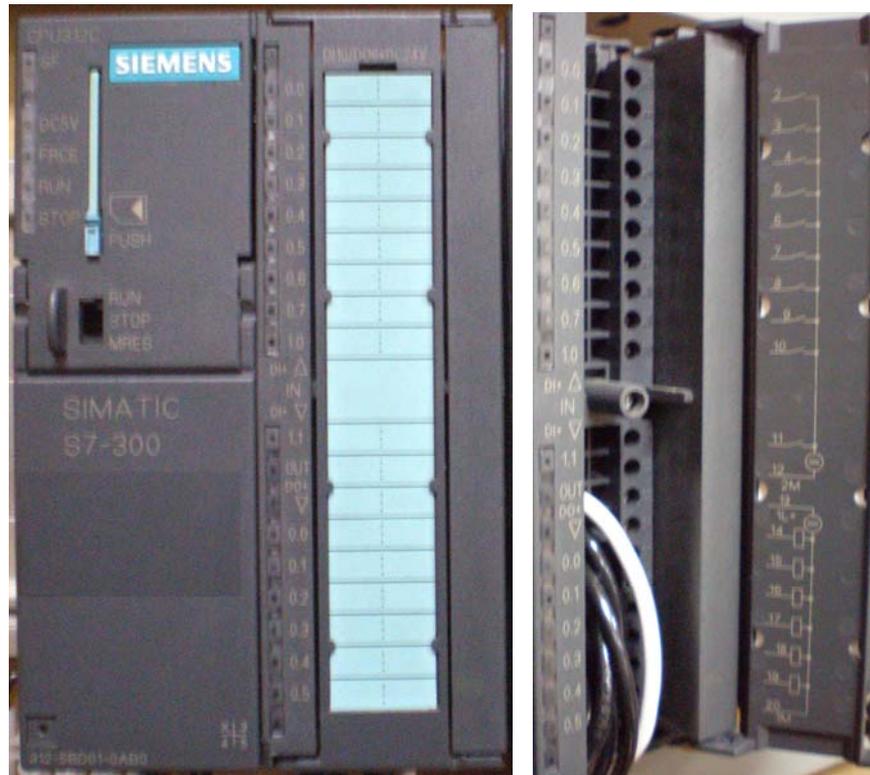


Voltaje de entrada	120/230-500 $V_{AC}$ / Monofásico- bifásico
Frecuencia de entrada	50 / 60 Hz
Voltaje de salida	24 $V_{DC}$
Corriente de salida	5 A

Figura 3.2 Fuente de poder SITOP

### 3.1.2. Módulo central CPU 312C

Memoria RAM integrada	16 KB
MMC (Micro Memory Card)	64 KB
10 Entradas digitales	24 $V_{DC}$
6 Salidas digitales	24 $V_{DC}$



**Figura 3.3** Módulo central CPU 312C

### 3.1.3. Módulos de señales

#### 3.1.3.1. Módulo de entradas digitales SM 321

Referencia: 6ES7321-1BH02-0AA0

- 16 entradas aisladas.
- Voltaje de entrada nominal:  $24V_{DC}$
- Uso: para interruptores e interruptores de límite de dos / tres / cuatro hilos.

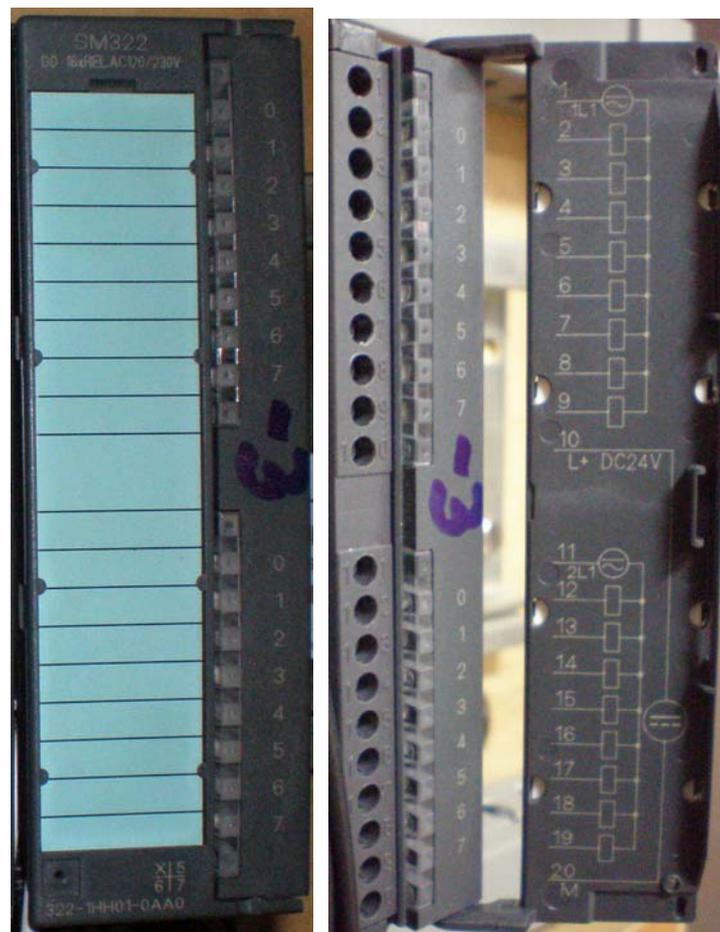


**Figura 3.4** Módulo de entradas digitales SM321

### 3.1.3.2. Módulo de salidas digitales SM 322

Referencia: 6ES7322-1HH01-0AA0

- 16 salidas por relé aisladas en grupos de ocho.
- Voltaje nominal de carga
  - 24 V<sub>DC</sub> a 120 V<sub>DC</sub>
  - 48 V<sub>AC</sub> a 230 V<sub>AC</sub>
- Uso: para válvulas solenoide, contactores, arrancadores de motor y luces piloto.



**Figura 3.5** Módulo de salidas digitales SM322

### 3.1.3.3. Módulo de entradas analógicas SM 331

Referencia: 6ES7331-7KF02-0AB0

- 8 entradas analógicas de 12 bits en grupos de 4 canales
- Resolución de medida, configurable por grupo, dependiendo del tiempo de integración asignado.
  - 9 bits + signo, 12 bits + signo, 14 bits + signo
- Método de medida, seleccionable por grupo
  - Voltaje, Corriente, Resistencia, Temperatura



**Figura 3.6** Módulo de entradas analógicas SM 331

### 3.1.3.4. Módulo de salidas analógicas SM 332

Referencia: 6ES7332-5HD01-0AB0

- 4 canales de salida analógicas de 12 bits de resolución
- Cada canal puede ser programado como
  - Salida de voltaje
  - Salida de corriente



Figura 3.7 Módulo de salidas analógicas SM 332

## 3.2 Uso del software de programación STEP 7

### 3.2.1. Elaboración de un proyecto en STEP 7

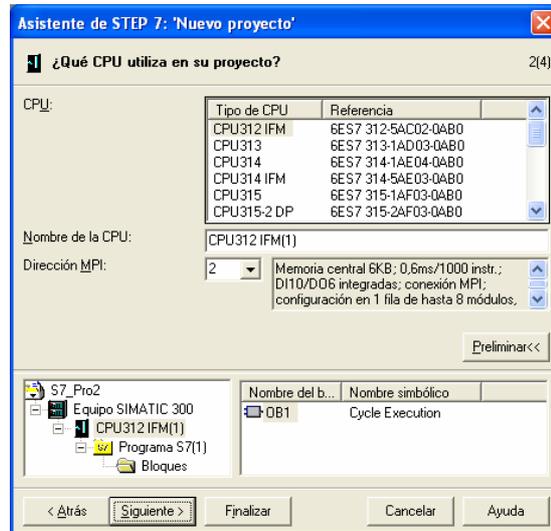
En un proyecto creado en el *Administrador Simatic* se configura el equipo a utilizarse, y se realiza el programa que gobernará el PLC. Para ello se efectuarán los siguientes pasos:

Primero iniciamos el Administrador Simatic, que abrirá el asistente de STEP 7 para la creación de un nuevo proyecto, para continuar presionamos el botón Siguiente.



**Figura 3.8** Icono del Administrador SIMATIC

En la siguiente ventana seleccionamos el tipo de CPU, en este caso será el CPU312IFM, pero lo modificaremos posteriormente, también escogemos la dirección MPI (*interfaz multipunto*) por la que accedemos al PLC que será la número dos predeterminada (Figura 3.9).



**Figura 3.9** Asistente de STEP 7: Selección de CPU

Luego insertamos el bloque de programa principal, OB1, en el cual crearemos el programa, también se muestran los bloques de interrupción, pero para la presente aplicación no serán necesarios (Figura 3.10). Además se selecciona el lenguaje de programación el cual puede ser:

- ✓ AWL, utilizando comandos de texto secuenciales,
- ✓ KOP; lenguaje escalera utilizado en diagramas de controles eléctricos, mediante contactos y bobinas,
- ✓ FUP, se utiliza bloques de funciones lógicas.

A continuación escribimos el nombre del proyecto y con esto finalizamos su creación (Figura 3.11).

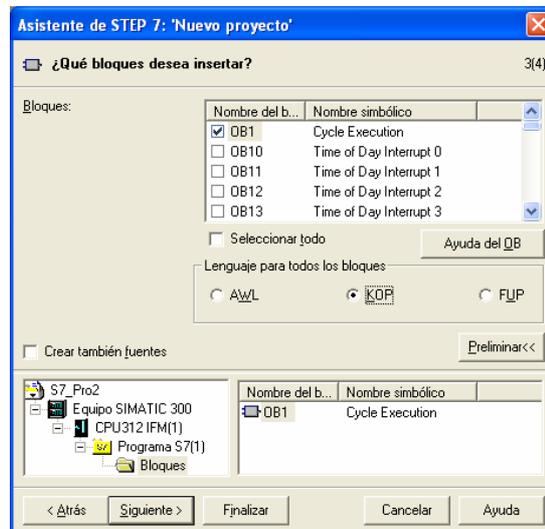


Figura 3.10 Asistente de STEP7: Selección de bloque

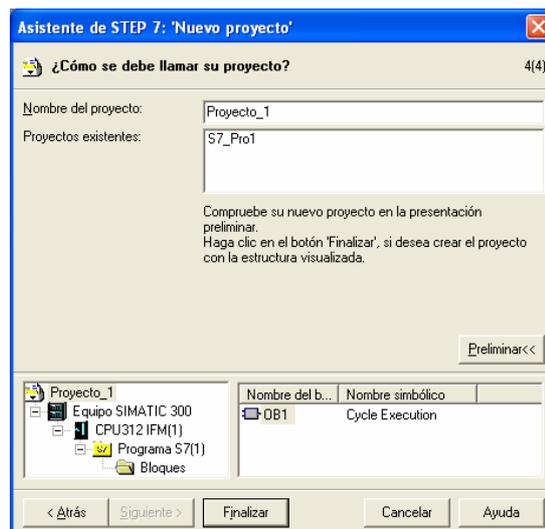
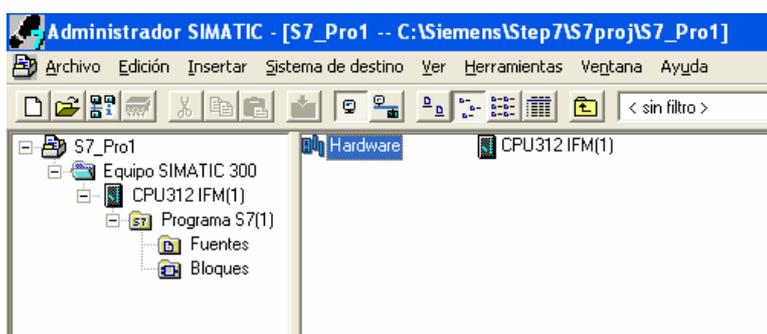


Figura 3.11 Asistente de STEP7: Nombre del proyecto

### 3.2.1.1. Configuración del hardware

Una vez creado el proyecto, procedemos a configurar el hardware que poseemos, para esto damos doble clic en el ícono *Hardware*, ubicado en la carpeta *Equipo SIMATIC 300*.

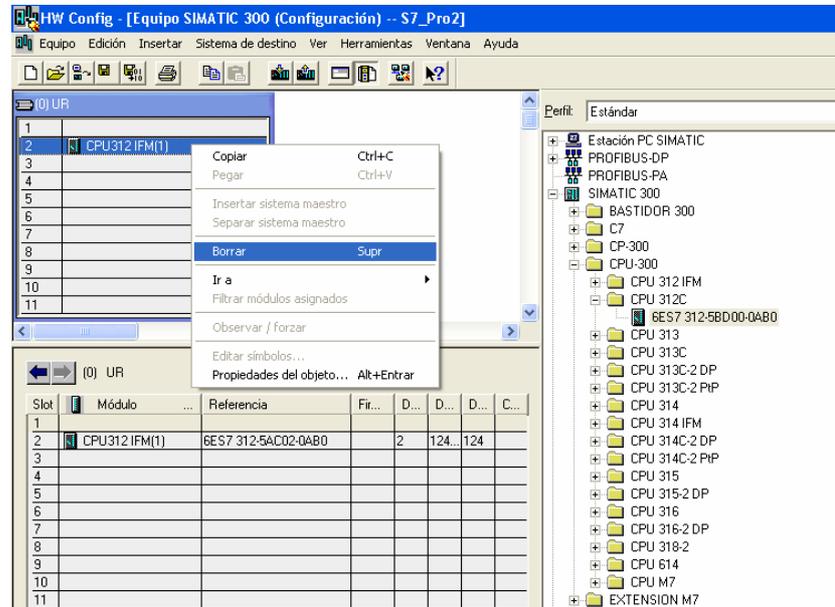


**Figura 3.12** Configuración del hardware

El programa *HW Config*, muestra el bastidor 0, (0) UR, y el catálogo de hardware, que muestra los componentes de hardware configurables. (bastidor, CPU, fuente de poder, módulos de expansión e interfaz). Si este no aparece, seleccione Catálogo en el menú Ver.

Para este caso, procederemos a cambiar el tipo de CPU, eliminando primero el creado por el asistente y buscando en el catálogo la CPU 312C, en la carpeta *SIMATIC 300*, que es la que vamos a utilizar (Figura 3.13). Para instalarla basta con arrastrarla desde el catálogo hacia el bastidor, lo mismo debe realizarse con los módulos de

expansión, respetando las características y el código que los identifican.



**Figura 3.13** HW Config: Cambio de CPU

Se debe tener en cuenta que cada módulo tiene su espacio definido en el bastidor.

Slot1: para fuentes de poder (PS-300)

Slot2: para la CPU (CPU-300)

Slot3: para módulos de interfaz entre bastidores (IM-300)

Slot4 y siguientes: para módulos de señales (SM-300)

A continuación se muestra el equipo configurado.

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0				
2	CPU 312C	6ES7 312-5BD00-0AB0	V1.0	2		
2.2	DI16/DO6				128...127	124
2.4	Contaje				768...767	768...767
3						
4	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			0...1	
5	DO16xRel. AC120V/2	6ES7 322-1BH01-0AA0				4...5
6	AO4x12Bit	6ES7 332-5HD01-0AB0				288...295
7	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0			304...319	
8						
9						
10						

**Figura 3.14** HW Config: Equipo configurado

### 3.2.1.2. Direccionamiento de entradas y salidas

El siguiente paso será asignar las direcciones a las entradas y salidas, para su posterior utilización de una manera más ordenada en el programa que vamos a realizar. En un programa de STEP 7 los operandos tales como señales de entrada y salida, marcas, temporizadores, contadores, bloques de datos y bloques de función, se representan de una manera específica como se detalla a continuación:

Tipo: Entrada (I), Salida (Q), Marca interna (M), Temporizador (T), Contador (C), Bloque de datos (DB), bloque de función (FB)

Para trabajar con esta convención de siglas para el tipo, seleccionamos en el menú Herramientas del Administrador Simatic, Preferencias, y en la

pestaña Idioma seleccionamos nemotécnica  
Inglesa.

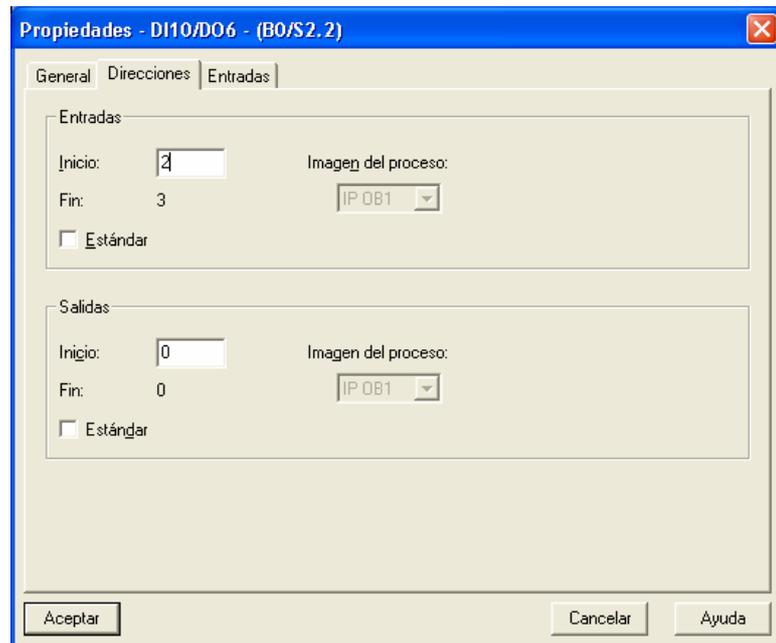
Byte: Grupo

Bit: (0 – 7) Índice de la entrada o salida digital.

Por ejemplo: / 2.4, entrada ubicada en el bit 4 del byte 2.

En caso de ser analógica requerirá dos bytes (word), por lo que se habrá de tener cuidado en no utilizar dos direcciones consecutivas, pues causaría una superposición de los espacios de memoria. Se denomina una entrada o salida analógica usando el tipo y el byte en que inicia, se añade también la letra W para especificar que es tipo word, por ejemplo: QW 10

Para asignar las direcciones a las entradas y salidas, damos clic derecho en cada uno de los módulos de señales y seleccionamos propiedades del objeto.



**Figura 3.15** Direccionamiento de entradas y salidas

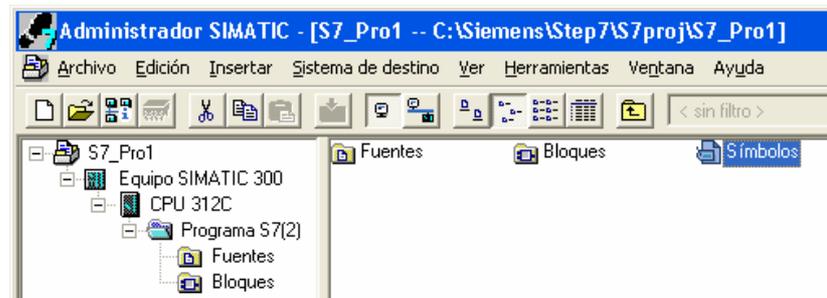
En esta ventana seleccionamos la pestaña Direcciones y desactivamos la casilla Estándar, para poder modificar el inicio de las direcciones, el final se asigna automáticamente dependiendo del número de entradas o salidas que disponga el módulo, del mismo modo se realizará con los demás.

## 3.2.2. Diseño de un programa de STEP7

### 3.2.2.1. Programación simbólica

Para una lectura más fácil del programa es recomendable usar un nombre simbólico que identifique la función de la entrada o salida que se vaya a utilizar en

lugar de su dirección absoluta, para esto en el *Administrador Simatic*, damos doble clic en el icono *Símbolos*, ubicado en la carpeta *Programa S7*.



**Figura 3.16** Editor de símbolos

En consecuencia, se abrirá la ventana del *Editor de Símbolos* (Symbol Edit), la cual presenta cuatro columnas:

1. Símbolos: en esta escribiremos el nombre que deseemos utilizar para la entrada o salida.
2. Dirección: aquí anotamos la dirección absoluta de la misma.
3. Tipo de dato: se asignará automáticamente dependiendo de la dirección que sea asignada, y le indicará al CPU la señal a procesar.

BOOL BYTE WORD DWORD	Combinaciones binarias desde 1 bit (tipo BOOL) hasta 32 bits (DWORD)
CHAR	Un carácter ASCII
INT DINT REAL	Valores numéricos (p.ej.: para calcular expresiones aritméticas).
S5TIME TIME DATE TIME_OF_DAY	Valores de hora y fecha de STEP 7 (p.ej.: para ajustar fecha o introducir la hora)

**Tabla 3.1** Tipo de dato

4. Comentario: podemos añadir algún comentario referente al símbolo creado, como por ejemplo la acción que realiza o de donde proviene.



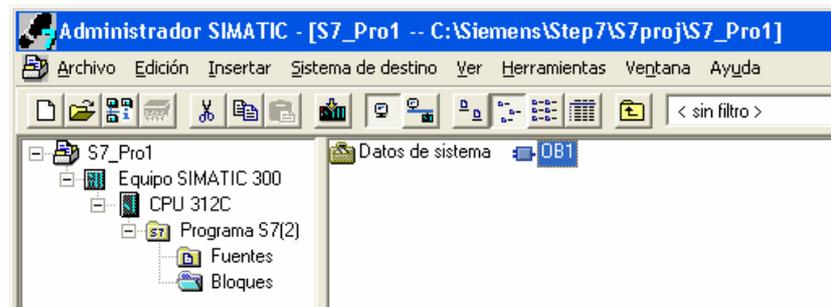
The screenshot shows the Symbol Editor window for a SIMATIC 300 CPU. The main area contains a table with the following data:

	Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
1	ATS_Q	Q 0.0	BOOL	Activa contactor del Altistart
2	ATS_SEL	I 0.1	BOOL	Selección de Altistart
3	ATV_Q	Q 0.1	BOOL	Activa contactor del Altivar
4	ATV_SEL	I 0.2	BOOL	Selección de Altivar
5	AUTO	I 0.4	BOOL	Selección modo automático
6	BYPASS1	Q 0.6	BOOL	Activa contactor de bypass del motor 1
7	BYPASS2	Q 0.7	BOOL	Activa contactor de bypass del motor 2

**Figura 3.17** Tabla de símbolos

### 3.2.2.2. Programación del bloque principal en lenguaje KOP

Ahora iniciamos la creación del programa accediendo al bloque OB1 ubicado en la subcarpeta Bloques, en la carpeta Programa S7, haciendo doble clic en el icono, con lo cual se abre la ventana KOP/AWL/FUP (Figura 3.20).



**Figura 3.18** Bloque principal OB1

A continuación enunciaré algunas operaciones lógicas con bits básicas disponibles en el catálogo, recordando que un bit puede ser una entrada (I), salida (Q) o una marca interna (M), el resultado lógico de estas operaciones se abrevia como RLO.

--| |--      *Contacto normalmente abierto;*

--| / |--     *Contacto normalmente cerrado*

--| NOT |--   *Invertir resultado lógico*

--( )        *Bobina de relé, salida*

--( S ) *Activar salida*

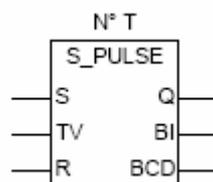
--( R ) *Desactivar salida*

Además podemos usar funciones de temporización, identificados con la letra T y el número, se presentan en forma de bloque y bobina, el bloque posee las siguientes entradas y salidas:

- S, entrada de activación
- R, entrada de desactivación
- TV, valor de temporización
- Q, estado del temporizador
- BI, valor de temporización actual, codificado en binario
- BCD, tiempo restante, formato BCD

El valor de temporización se ingresa en el siguiente formato, **S5T#aH\_bM\_cS\_dMS**; donde a son horas, b minutos, c segundos y d milisegundos, definidos por el usuario.

Las funciones de temporización disponibles son:

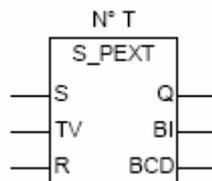


--( SP ) ó S\_PULSE *Temporizador como impulso*

Se activa mediante un flanco positivo

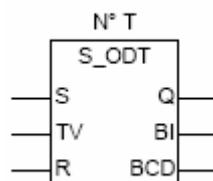
(cambio de 0 a 1) y permanece activo hasta que transcurre el tiempo fijado, mientras la entrada S sea verdadera.

--( SE ) ó S\_PEXT *Temporizador como impulso prolongado*



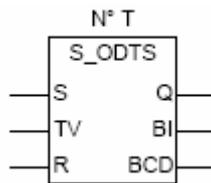
Se activa mediante un flanco positivo (cambio de 0 a 1) y permanece activo hasta que transcurre el tiempo fijado  $t$ , sin importar el estado de la entrada S.

--( SD ) ó S\_ODT *Temporizador como retardo a la conexión*



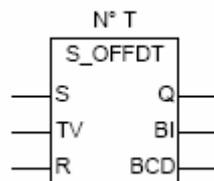
Se activa luego de transcurrido el tiempo  $t$  desde la conexión y permanece activo hasta que la entrada S cambie a cero.

--( SS ) ó S\_ODTS *Temporizador como retardo a la conexión con memoria*



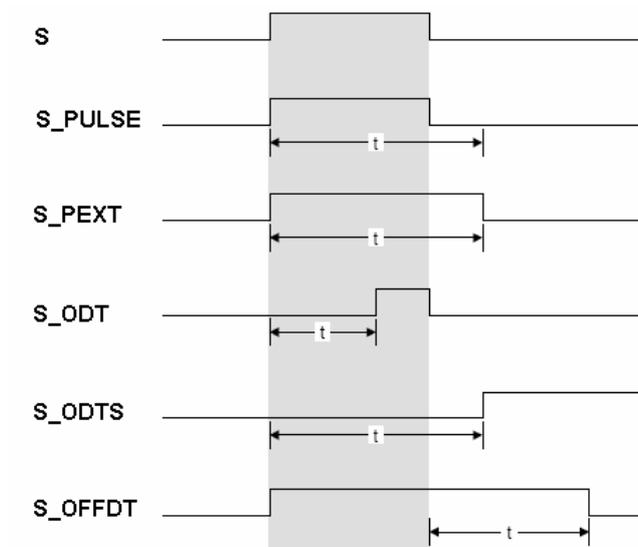
Se activa después de transcurrido el tiempo  $t$  desde la conexión aun cuando la entrada S se haya desactivado, para apagarlo es necesario resetearlo mediante la entrada reset.

--( SF ) ó S\_OFFDT *Temporizador como retardo a la desconexión*



Se activa en el momento de la conexión y permanece activo hasta que transcurre el tiempo  $t$  a partir de la desconexión.

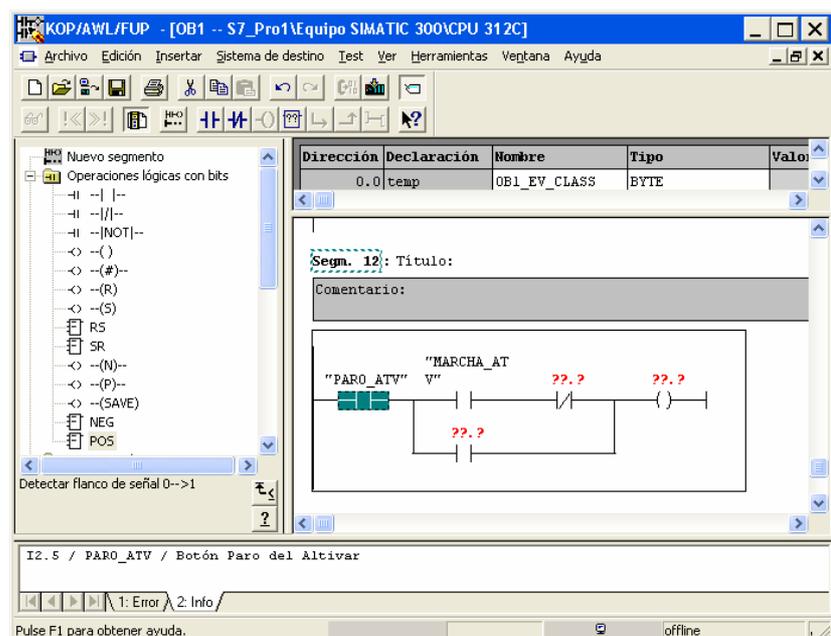
A continuación el diagrama de tiempo que explica el comportamiento de los temporizadores anteriormente descritos.



**Figura 3.19** Diagrama de tiempo de funcionamiento de los temporizadores

Una vez que conocemos los elementos principales a utilizar, procedemos a elaborar el programa simplemente arrastrándolos desde el catálogo al segmento donde lo queremos insertar.

Para abrir una rama en el segmento se debe presionar el botón Abrir rama  ubicado en la Barra de Herramientas o pulsando F8, y para cerrarla con el botón Cerrar rama  o pulsando F9 en el teclado.



**Figura 3.20** Ventana KOP/AWL/FUP

Luego debemos asignar las direcciones a los contactos y bobinas que utilizamos haciendo clic en ellos y escribiendo el nombre simbólico que creamos anteriormente, siempre y cuando esté activo el botón

Representación Simbólica , también podemos observar la dirección y comentarios en la ventana de resultados ubicada en la parte inferior [11].

### 3.2.3. Implementación del programa de control

El PLC S7-300 controlará el funcionamiento manual y automático de los equipos Telemecanique: ALTIVAR 31 y ALTISTART 48, así como el encendido del variador Danfoss FC302, se elegirá el modo de operación por combinación de selectores.

- ALTISTART 48, modo manual: ATS y MANUAL
- ALTISTART 48, modo automático: ATS y AUTO
- ALTIVAR 31, modo manual: ATV y MANUAL
- ALTIVAR 31, modo automático: ATV y AUTO
- DANFOSS FC302: DANFOSS

Luego de seleccionar el modo, se conmuta el selector ON\_OFF para energizar el equipo.

A continuación se detalla el conjunto de entradas y salidas a utilizarse con su respectiva dirección y comentario explicativo sobre su funcionamiento (Tabla 3.2 y 3.3).

ENTRADA	DIRECCIÓN	COMENTARIO
ON_OFF	I 0.0	Selector de encendido
AUTO	I 0.1	Selector modo auto/manual
AT_SEL	I 0.2	Selector ATS/ATV
DANF_SEL	I 0.3	Selector Danfoss
FIN_RAMPA	I 0.4	Final rampa de arranque
MA1	I 0.5	Pulsador marcha 1
MA2	I 0.6	Pulsador marcha 2
MA3	I 0.7	Pulsador marcha 3
PA1	I 1.0	Pulsador paro 1
PA2	I 1.1	Pulsador paro 2
PA3	I 1.2	Pulsador paro 3
VFUNC	I 1.3	Variador en marcha

**Tabla 3.2** Asignación de entradas digitales

SALIDA	DIRECCIÓN	COMENTARIO
RUN_ATS	Q 0.0	Activa la marcha en el Altistart
STOP_ATS	Q 0.1	Acciona el paro del Altistart
LI1_ATV	Q 0.2	Entrada digital LI1 del Altivar / Paro
LI2_ATV	Q 0.3	Entrada digital LI2 del Altivar / Marcha
LI3_ATV	Q 0.4	Entrada digital LI3 del Altivar / Giro
LI4_ATV	Q 0.5	Entrada digital LI4 del Altivar / Vel1
LI5_ATV	Q 0.6	Entrada digital LI5 del Altivar / Vel2
LI6_ATV	Q 0.7	Entrada digital LI6 del Altivar
ATS	Q 1.0	Activa contactor del Altistart
ATV	Q 1.1	Activa contactor del Altivar
DANF	Q 1.2	Activa contactor del Danfoss
MOTOR1	Q 1.3	Activa contactor del motor 1
MOTOR2	Q 1.4	Activa contactor del motor 2
MOTOR3	Q 1.5	Activa contactor del motor 3
BYPASS1	Q 1.6	Activa contactor de bypass del motor 1
BYPASS2	Q 1.7	Activa contactor de bypass del motor 2
DA18	Q 2.0	Entrada digital 18 Danfoss / Marcha
DA19	Q 2.1	Entrada digital 19 Danfoss
DA27	Q 2.2	Entrada digital 27 Danfoss / Paro

DA29	Q	2.3	Entrada digital 29 Danfoss
DA32	Q	2.4	Entrada digital 32 Danfoss
DA33	Q	2.5	Entrada digital 33 Danfoss

**Tabla 3.3** Asignación de salidas digitales

### 3.2.3.1. Funcionamiento del ALTISTART 48 en modo automático

En este modo se realiza el arranque en cascada de dos motores de inducción con arranque y parada independiente usando un mismo arrancador suave ALTISTART 48, mediante la siguiente secuencia:

1. Seleccionar ATS y AUTO, luego conmutar ON\_OFF
2. Activa el contactor ATS
3. Pulsar la botonera MA1 o MA2
4. Según se la botonera pulsada se activa el contactor MOTOR1 o 2
5. Activa RUN\_ATS y arranca el motor seleccionado.
6. Al final de la rampa de arranque se activa el relé R2 del arrancador energizando la entrada FIN\_RAMPA
7. Se acciona STOP\_ATS

8. Activa el contactor BYPASS correspondiente al motor en funcionamiento
9. Se inicia la temporización de 5 seg. durante la cual no se podrá dar marcha a otro motor mediante el arrancador
10. Una vez finalizada la temporización el arrancador está listo para repetir la secuencia de arranque con el otro motor.
11. Al presionar la botonera PA1 o PA2 desconecta el motor según corresponda.

### **3.2.3.2. Funcionamiento del ALTIVAR 31 en modo automático**

Realizaremos la siguiente secuencia:

1. Seleccionar ATV y AUTO, luego conmutar ON\_OFF
2. Accionar el contactor MOTOR2
3. Accionar ATV para energizar el variador
4. Pulsar la botonera MA1
5. Activa la entrada LI2 del variador ALTIVAR 31
6. Marcha a velocidad 0 (LI4=0, LI5=0) durante 30 seg.

7. Activa la entrada LI4 del variador, cambia a velocidad 1 y permanece durante 10 seg.
8. Activa la entrada LI5, cambia a velocidad 2, mantiene durante 10 seg.
9. Activa la entrada LI3, realiza inversión de giro a la misma velocidad, mantiene por 10 seg.
10. Desactiva LI4, cambia a velocidad 3 y permanece por 10 seg.
11. Se repite desde el paso 6 hasta presionar la botonera PA1
12. El botón PA1 activa LI1 deteniendo al variador.

### 3.2.3.3. Funcionamiento en modo manual

En modo manual los pulsadores controlan las entradas digitales de los equipos de la siguiente manera:

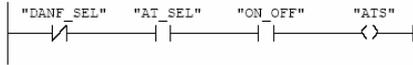
<b>PULSADOR</b>	<b>ALTISTART 48</b>	<b>ALTIVAR 31</b>	<b>DANFOSS FC 302</b>
<b>PA1</b>	STOP	LI1	27
<b>MA1</b>	RUN	LI2	18
<b>PA2</b>	n.a.	LI3	19
<b>MA2</b>	n.a.	LI4	29
<b>PA3</b>	n.a.	LI5	32
<b>MA3</b>	n.a.	LI6	33

**Tabla 3.4** Activación de entradas en modo manual

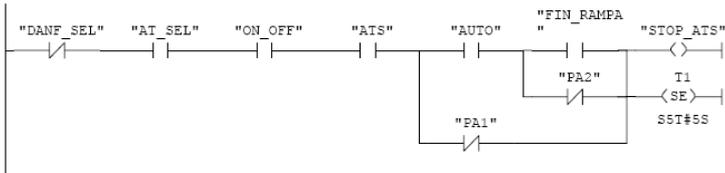
Los botones PA2 y PA3 deben asignarse en lógica inversa por ser botones tipo paro con contacto normalmente cerrado.

### 3.2.3.4. Código KOP del programa

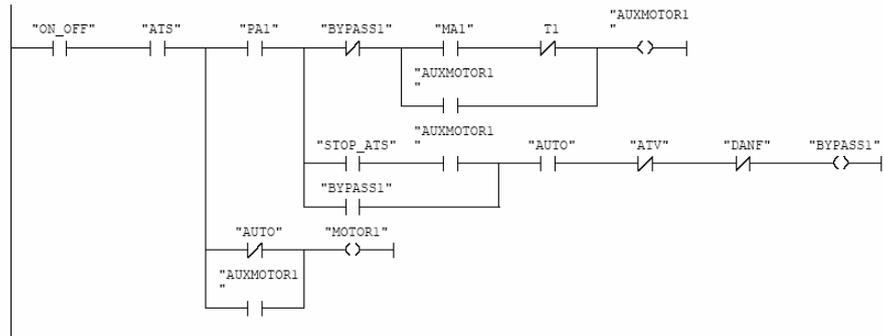
Segm.: 1 Energización arrancador Altistart



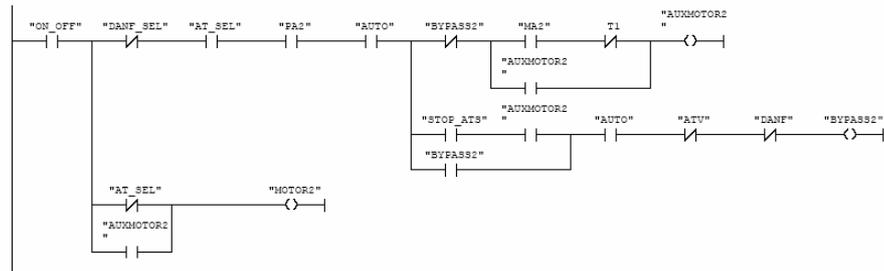
Segm.: 2 Parada del arrancador Altistart



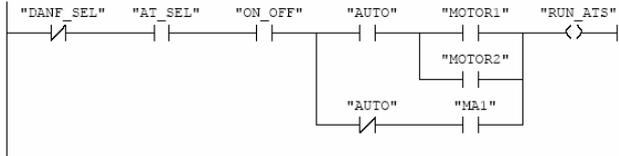
Segm.: 3 Motor 1



Segm.: 4 Motor 2



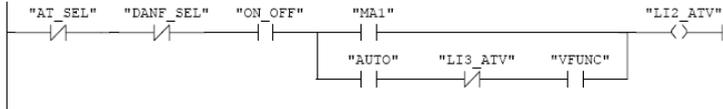
Segm.: 5 Marcha arrancador Altistar



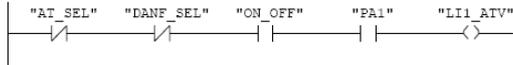
Segm.: 6 Energización variador Altivar



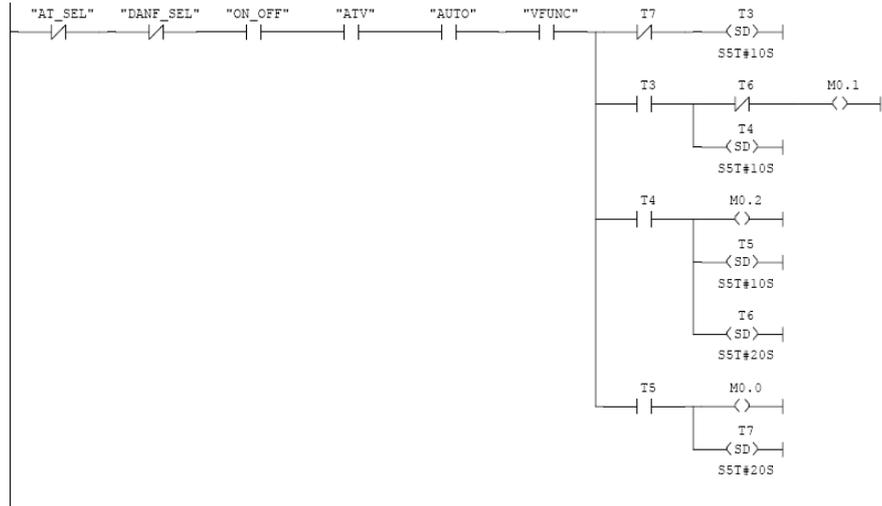
Segm.: 7 Marcha Altivar LI2



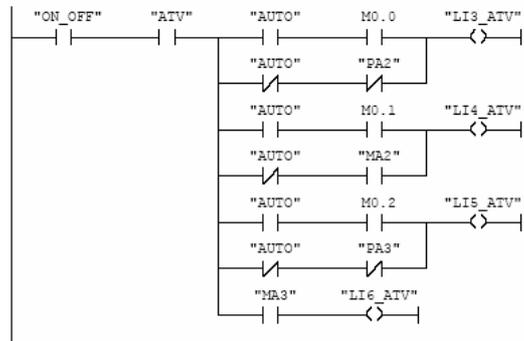
Segm.: 8 Paro variador Altivar LI1



Segm.: 9 Secuencia automática



Segm.: 10  
Entradas digitales variador Altivar LI3



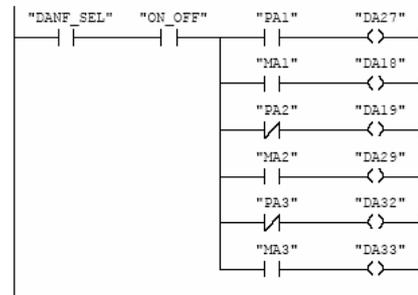
Segm.: 11 Activación variador Danfoss



Segm.: 12 Motor 3



Segm.: 13 Entradas digitales variador Danfoss

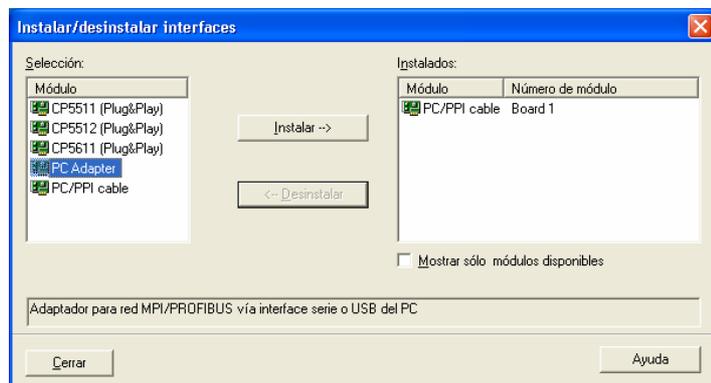


### 3.2.4. Transferencia del programa y comunicación con el PC

#### 3.2.4.1. Ajuste de interfase PG-PC

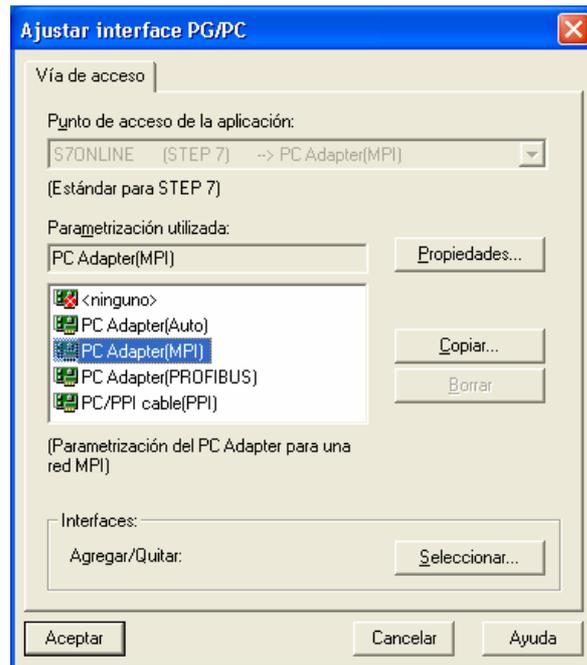
Para establecer una comunicación entre el computador (PC) y el controlador lógico programable (PLC) SIMATIC S7 300, utilizamos el adaptador USB para PC (PC Adapter) que realiza la conexión MPI (Interfase Multi Punto) que utiliza el PLC y soporta hasta 32 dispositivos. A continuación se detallan los pasos para configurar el PC Adapter.

1. Ejecutamos Ajustar interfase PG-PC, en el grupo de programas Simatic / STEP 7
2. Presionamos el botón Seleccionar para abrir la lista de interfases MPI
3. Seleccionamos el PC Adapter y pulsamos Instalar



**Figura 3.21** Selección del cable de comunicación PC Adapter

- Una vez que aparece en la lista de instalados presionamos Cerrar
- Seleccionamos de la lista el PC Adapter (MPI) y pulsamos Propiedades



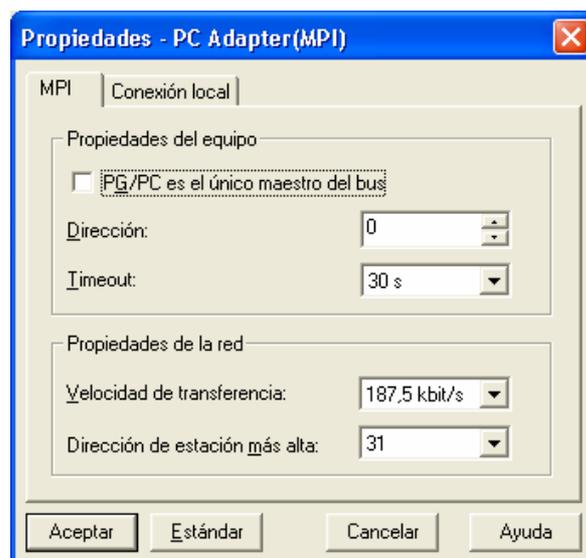
**Figura 3.22** Selección del tipo de interfase del PC Adapter (MPI)

- En la pestaña Conexión local seleccionamos Conexión a: USB



**Figura 3.23** Selección de conexión local (USB)

7. En la pestaña MPI se ajusta la dirección, time out, velocidad de transferencia y dirección de estación más alta. Para nuestro caso permanecerán en los valores Estándar



**Figura 3.24** Configuración MPI

8. Pulsamos Aceptar

### 3.2.4.2. Cargar programa en el sistema de destino

Una vez configurada la conexión MPI y alimentado el PLC se coloca el selector del CPU a modo STOP, observamos que el led rojo STOP se enciende.

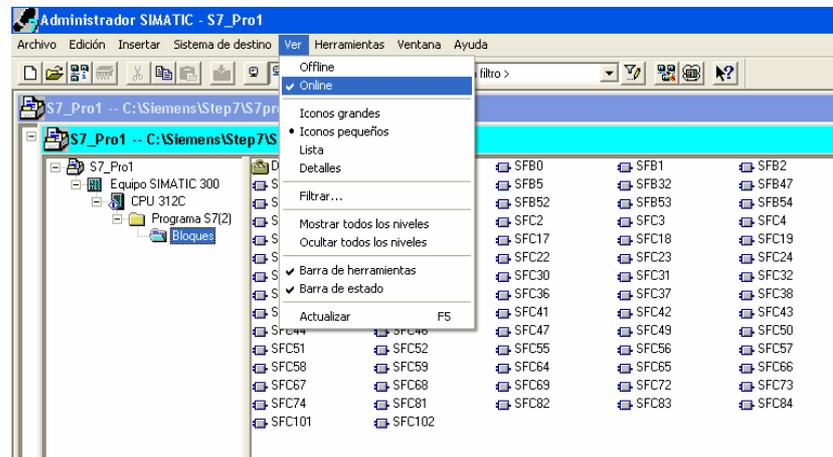
Para borrar completamente los datos de la CPU y volver a su estado inicial, se debe mover el selector a la posición MRES y mantenerlo por 3 seg. hasta que el led STOP parpadee lentamente. Luego soltar el selector y antes de que transcurran 3 seg., volver a la posición MRES. Si el led STOP parpadea rápidamente el borrado está completo, sino se repite el procedimiento.



**Figura 3.25** Borrado de los datos del CPU

En el Administrador Simatic abrimos el proyecto que vamos a cargar, el selector del CPU debe estar en modo STOP. En el menú Ver del Administrador seleccionamos

la opción Online, la barra de título de la ventana online aparece en color celeste.



**Figura 3.26** Ventana Online

Navegamos por ambas ventanas hasta la carpeta Bloques, en la ventana offline muestra el bloque que hemos creado en el PC y en la ventana online los que residen en la CPU, transferimos el programa seleccionando en el menú Sistema de destino > Cargar, o mediante el botón  de la barra de Herramientas.

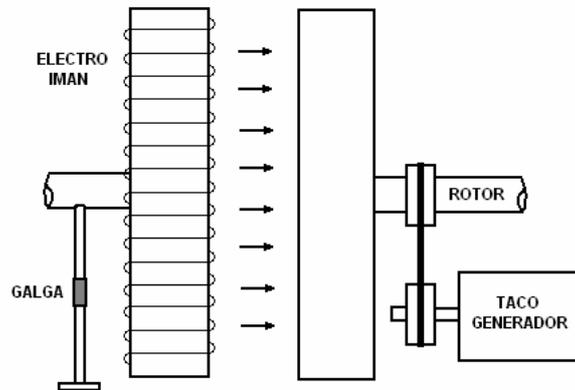
## **CAPÍTULO IV**

### **4. FRENO POR CORRIENTES DE EDDY TERCO MV 1045**

#### **4.1 Descripción general**

Para proporcionar una carga variable al motor de una manera controlada, utilizaremos el equipo TERCO MV 1045.

La unidad está constituida por un disco conductivo conectado al rotor, que gira frente a un electroimán montado sobre un eje independiente al rotor que solo está fijo mediante una varilla de metal; de este modo, se inducen corrientes llamadas de eddy sobre el disco del rotor, estas corrientes junto con el campo producen una fuerza que se opone a la rotación del disco provocando el frenado, esta fuerza en nuestro caso será utilizada para someter al motor a distintas cargas.

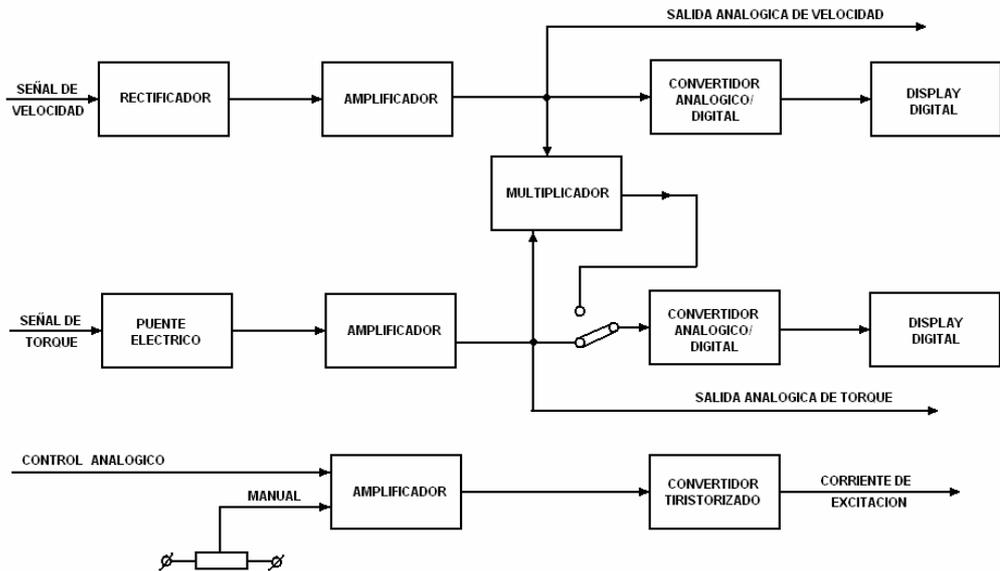


**Figura 4.1** Equipo TERCO MV 1045

El torque es medido utilizando una galga extensiométrica colocada sobre la varilla de metal que sensa la distorsión de dicha pieza, la velocidad del motor se mide mediante un tacómetro acoplado mediante una banda colocada en el eje del rotor; estos dos valores se visualizan mediante dos displays en la unidad de control del equipo, además, proporciona dos salidas analógicas de 0 a 20 mA para estas variables, en un rango de 0 – 3000 rpm para la velocidad y 0 – 15 Nm para el torque [12].

La carga podrá ser variada utilizando el potenciómetro de la unidad de control o utilizando la entrada analógica de 0 – 20 mA de la misma.

## 4.2 Análisis del módulo de control TERCO MV 1045



**Figura 4.2** Diagrama de bloques del módulo de control TERCO MV 1045

El módulo de control realiza tres funciones:

- Medición de velocidad, obteniendo la señal de velocidad del motor a través de un tacómetro la unidad muestra su valor en el display de 4 dígitos medido en RPM (Revoluciones Por Minuto)
- Medición de torque y potencia, convierte la señal obtenida de la galga extensiométrica (strain gauge) de acuerdo a su deformación en unidades de torque (Nm).

La potencia es obtenida indirectamente como producto del torque y la velocidad, por la siguiente fórmula:

$$P_{out} = \tau \cdot \omega = \tau \cdot \frac{2\pi \cdot \eta}{60}, \text{ donde}$$

$P_{out}$  = potencia de salida en vatios (W)

T = torque en newton-metros (Nm)

$\omega$  = velocidad angular en radianes sobre segundo (rad/s)

$\eta$  = velocidad en revoluciones por minuto (RPM)

- Control de la corriente de excitación del freno de corrientes de Eddy, a través del potenciómetro del panel frontal (Brake Force) o mediante la entrada analógica de 0 a 20 mA (Control)

#### 4.2.1. Medición de velocidad

- Fuente de alimentación

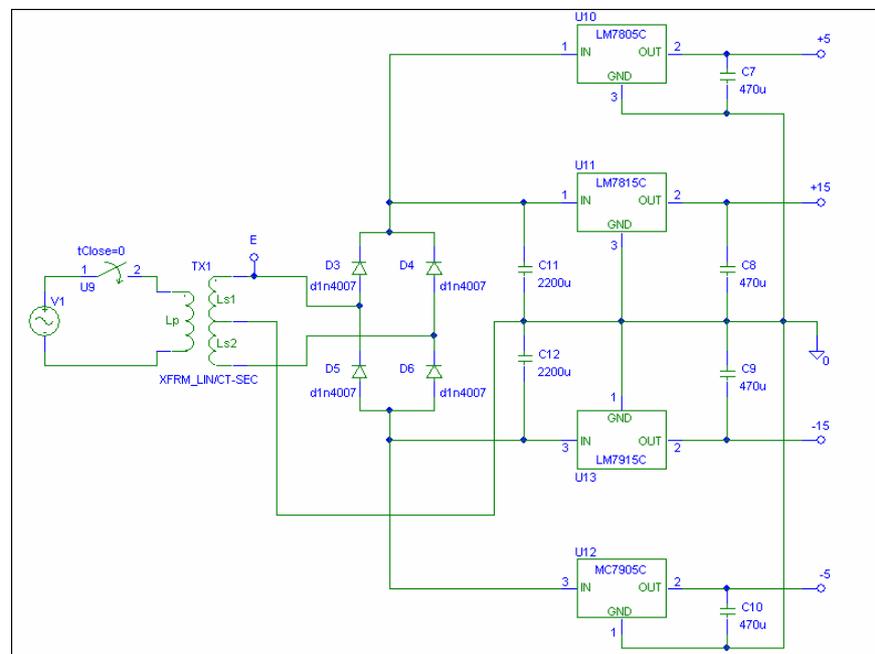
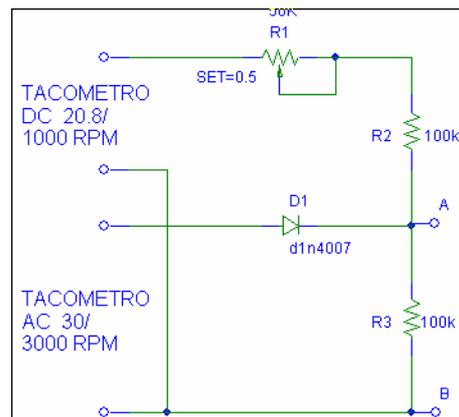


Figura 4.3 Fuente de alimentación

Proporciona alimentación DC dual a toda la circuitería interna del módulo,  $\pm 15V$  y  $\pm 5V$

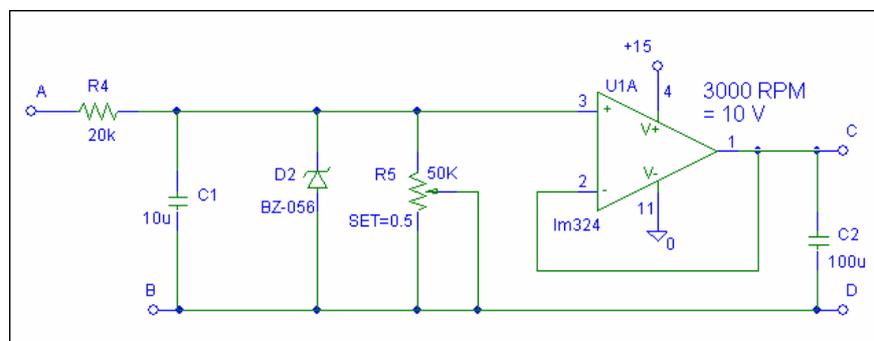
- Rectificador



**Figura 4.4** Rectificación de la señal del tacómetro

Acondiciona el nivel DC de la señal obtenida de un tacómetro DC y rectifica la señal en caso de usar un tacómetro AC.

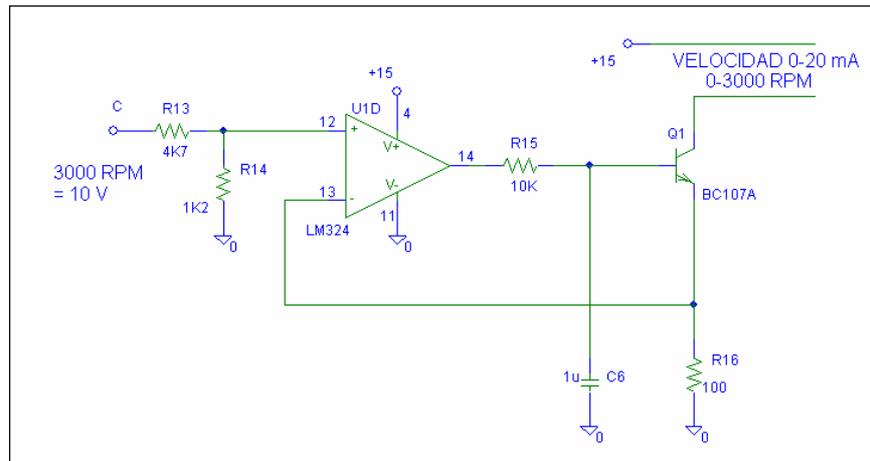
- Amplificador



**Figura 4.5** Etapa de amplificación de la señal de velocidad

Convierte la señal de entrada a un rango de 0 a 10 V que representan 3000 RPM.

- Salida analógica de velocidad



**Figura 4.6** Convertidor de voltaje a corriente

Convierte el voltaje de 0 a 10 V en corriente de 0 a 20 mA, manteniendo la correspondencia de 0 a 3000 RPM.

- Convertidor analógico/digital

Primero convierte el voltaje (0-10 V) en una señal de frecuencia de 0 a 9 kHz, mediante el circuito integrado LM331, esta frecuencia se reduce a la mitad (4.5 kHz) mediante el contador MC14520, estos pulsos se convierte en la entrada CLK que se cuentan en la siguiente etapa.

El valor del conteo se almacena y se resetea con una frecuencia de 15 Hz.

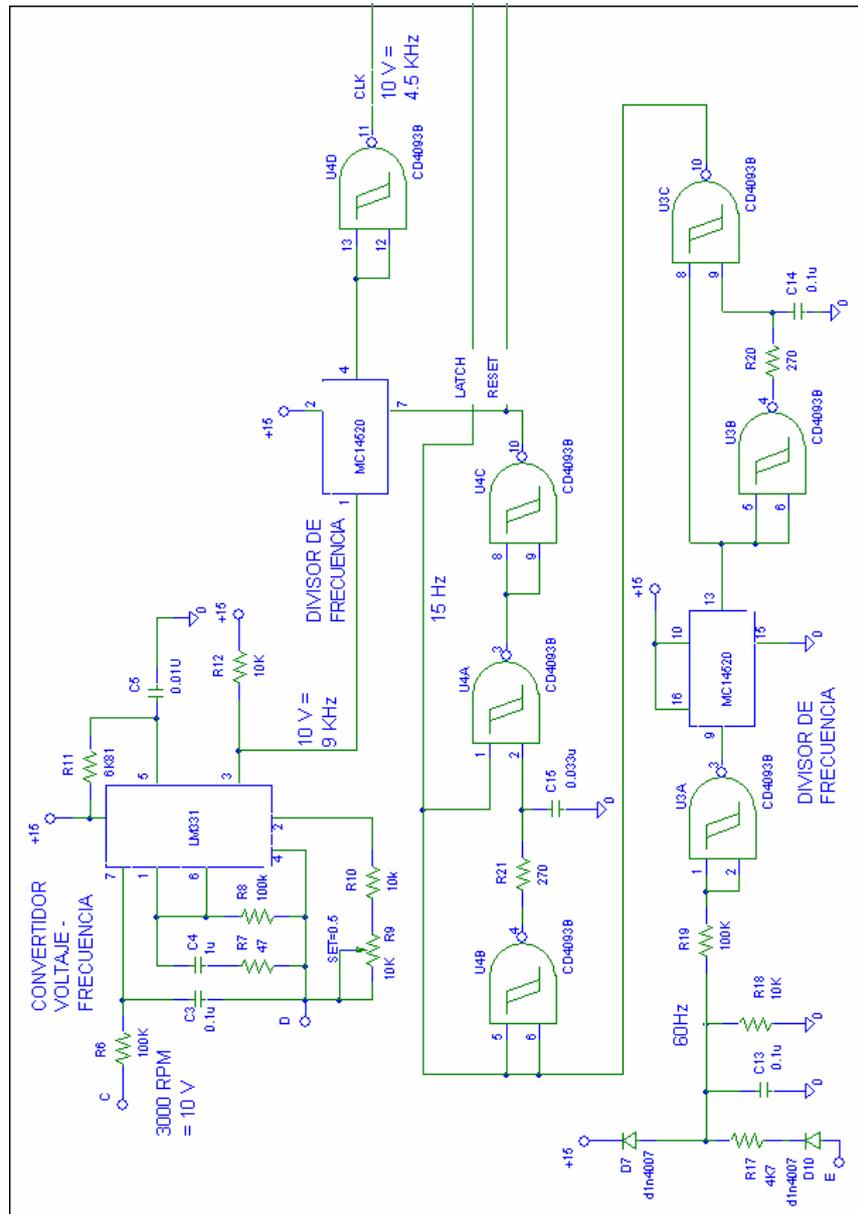
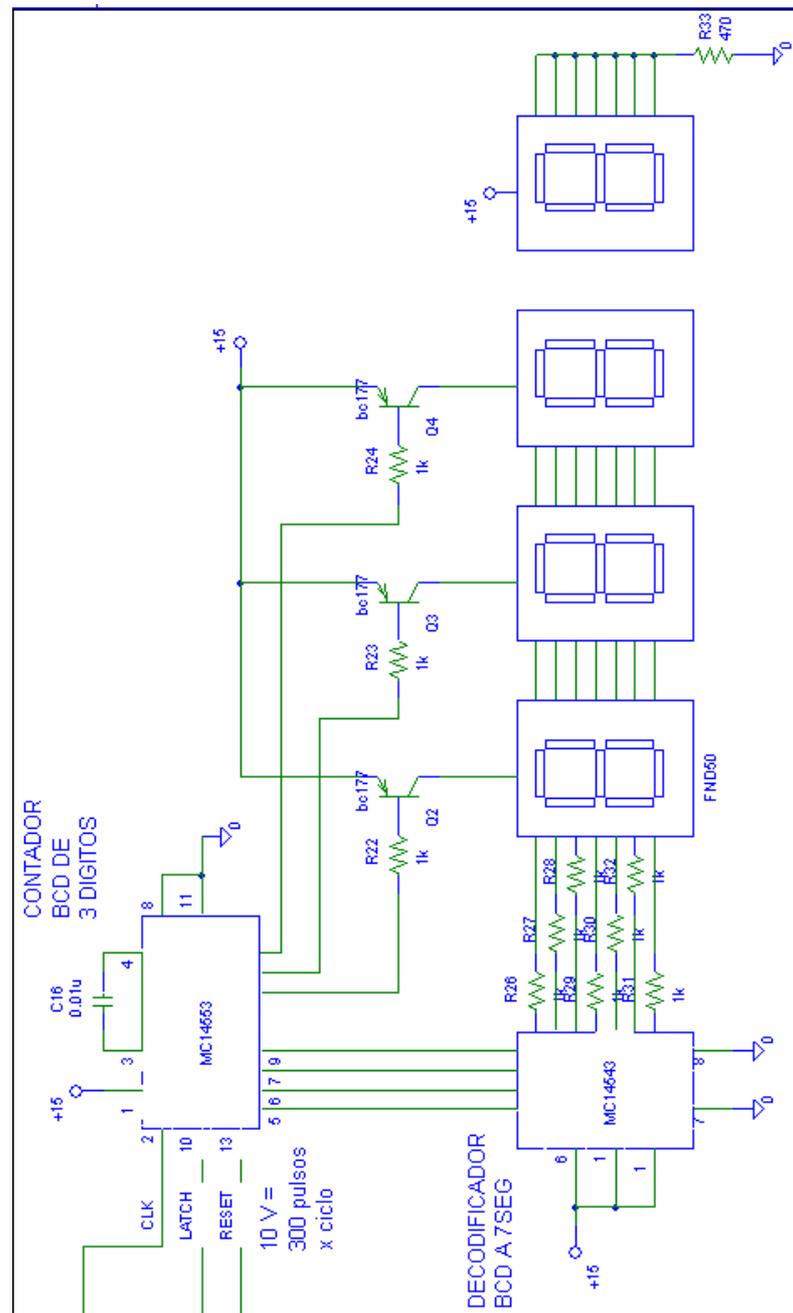


Figura 4.7 Convertidor analógico/digital

- Display digital



**Figura 4.8** Display digital de velocidad en RPM

El display muestra 3000 RPM como máximo obtenido del conteo de los pulsos en la entrada CLK, nótese que el display

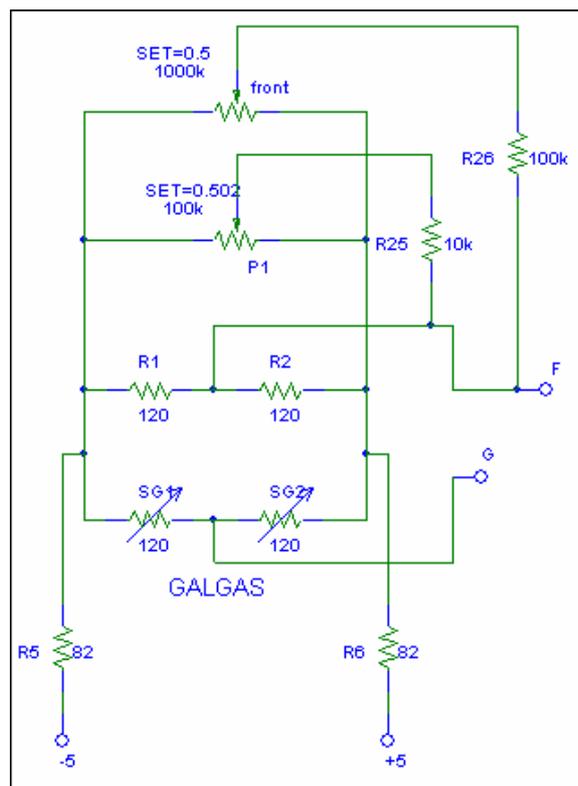
del dígito de las unidades muestra siempre cero, entonces, el valor mostrado se obtiene de la siguiente manera:

$$RPM = \frac{f_{CLK}}{f_{reset}} \cdot 10 = \frac{f_{CLK}}{15} \cdot 10,$$

$$RPM_{MAX} = \frac{4500Hz}{15Hz} \cdot 10 = 3000$$

#### 4.2.2. Medición de torque y potencia

- Puente eléctrico



**Figura 4.9** Puente eléctrico de galgas extensiométricas

Transforma la variación de la resistencia de las galgas en una señal de voltaje, dependiendo del sentido de rotación del motor será positiva o negativa.

- Amplificador

Convierte la señal del puente eléctrico en voltaje de 0 a 10 V positivos independiente del sentido de giro, que equivalen 0 a 15 Nm (H). En el nodo K, entrada positiva del opamp final de esta etapa amplificadora se obtiene la relación  $15\text{mV} \approx 15\text{Nm}$

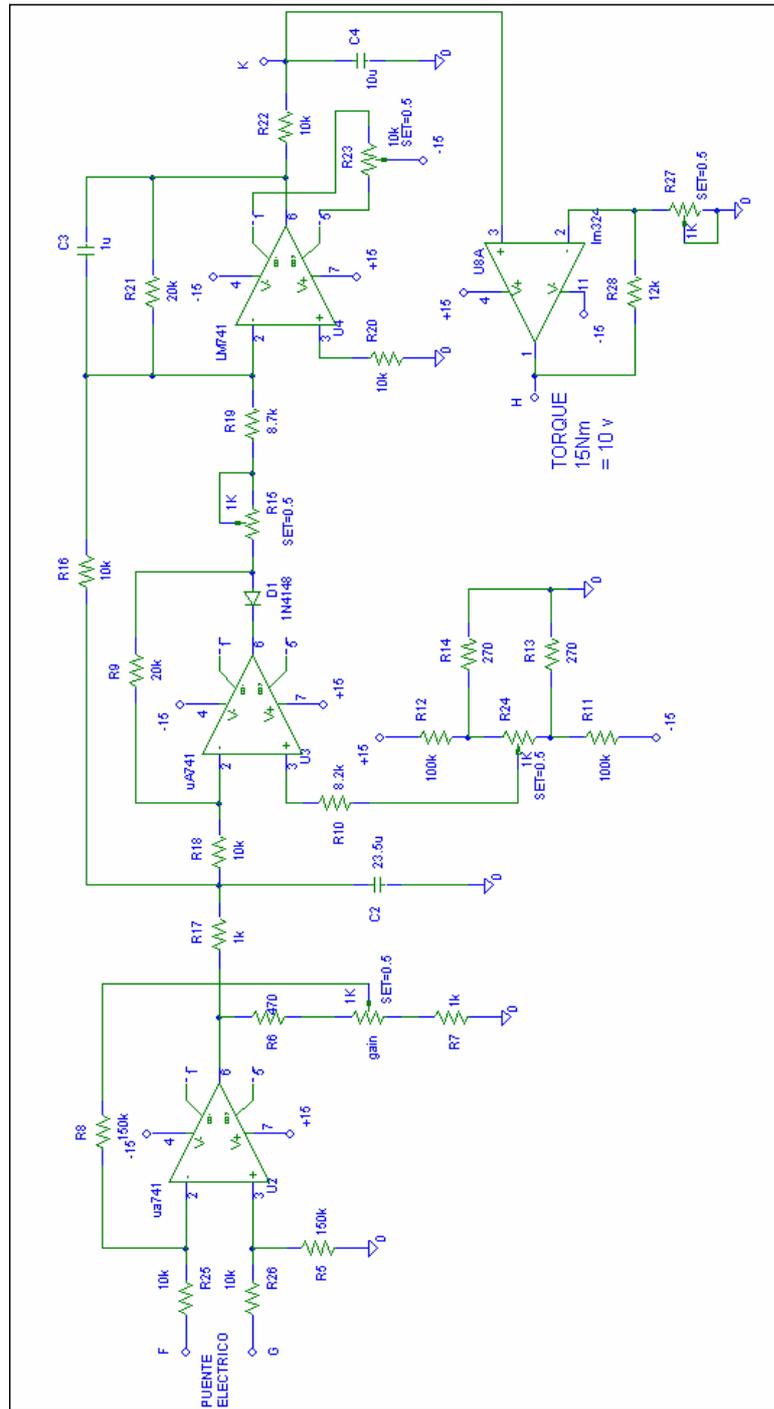
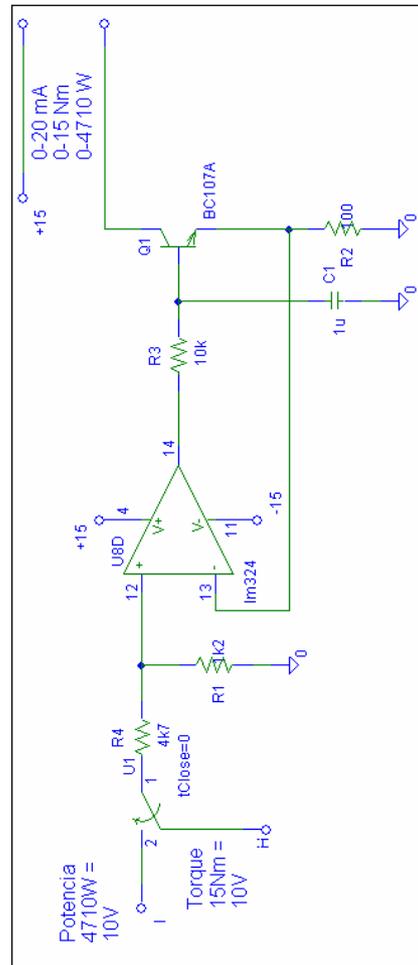


Figura 4.10 Amplificación de la señal de torque

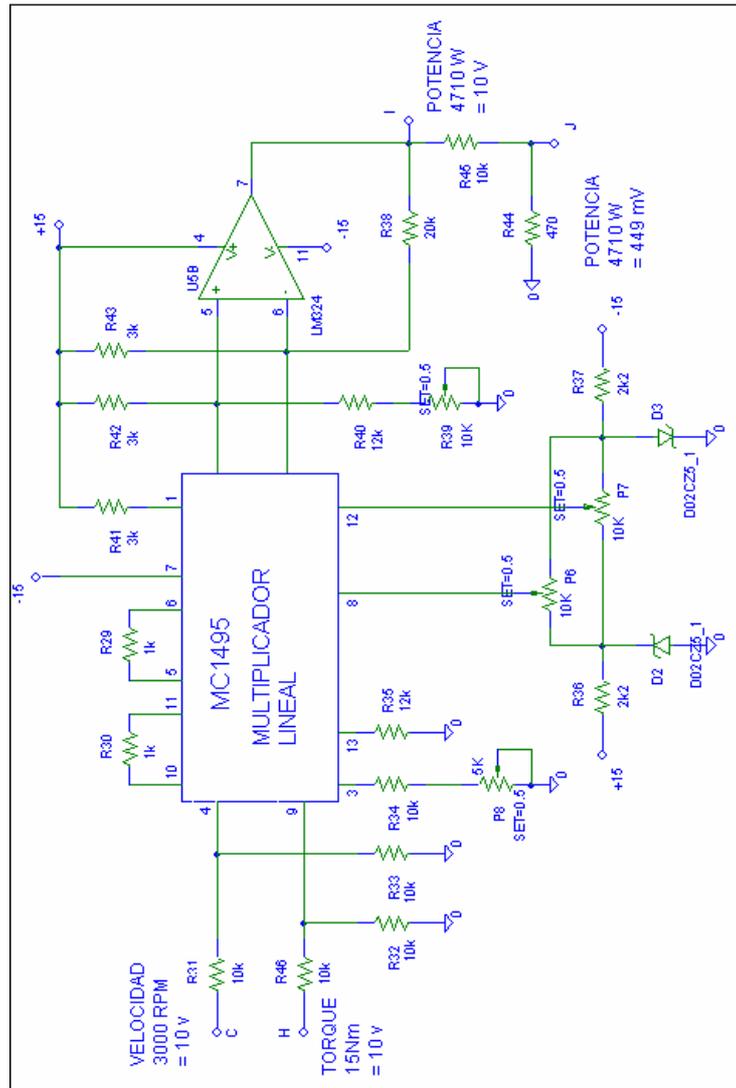
- Salida analógica de torque/ potencia



**Figura 4.11** Convertidor de voltaje a corriente

Convierte el voltaje de 0 a 10 V en corriente de 0 a 20 mA, manteniendo la correspondencia de 0 a 15 Nm para el torque y 0 a 4710 W para la potencia.

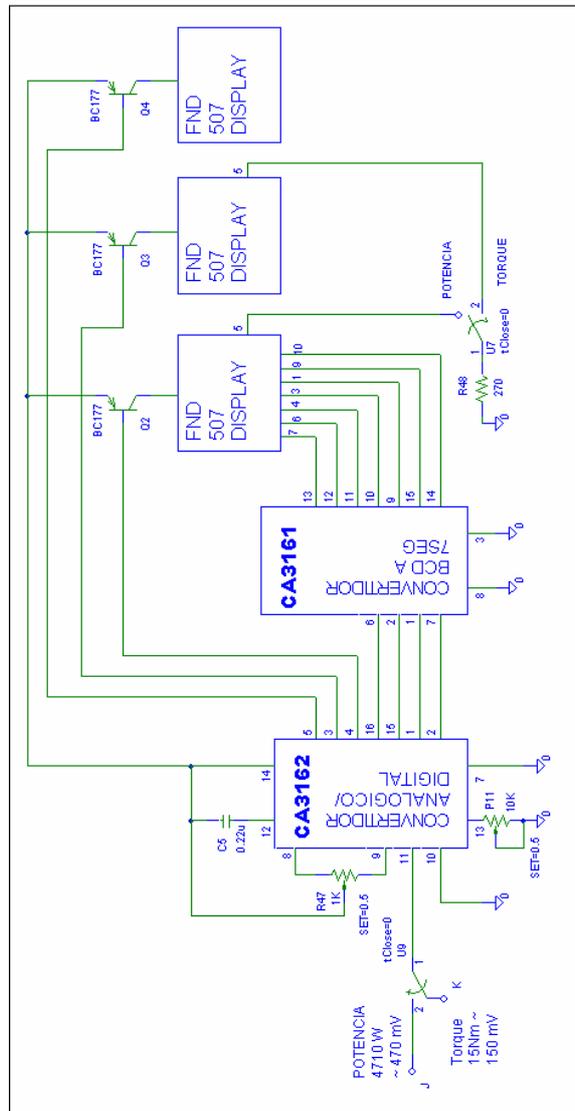
- Multiplicador



**Figura 4.12** Multiplicador torque por velocidad

Obtiene la potencia multiplicando el torque y la velocidad, da como resultado una señal también de 0 a 10 V equivalentes a 4710 W (I), mediante divisor de tensión se obtiene también la relación  $470 \text{ mV} \approx 4710 \text{ W}$  (J).

- Convertidor analógico/ digital



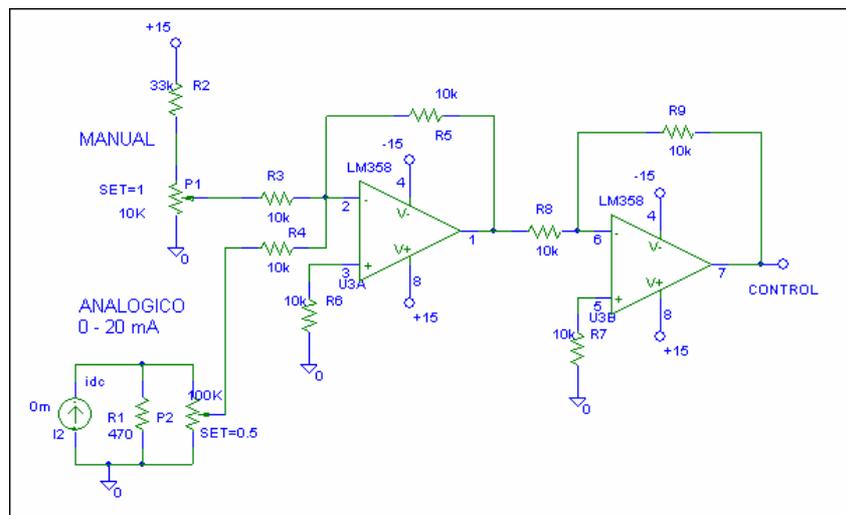
**Figura 4.13** Convertidor analógico/digital y display torque – potencia

El convertidor analógico/digital trabaja con la relación  $1\text{mV} = 1$  en código BCD, el punto decimal se alterna ubicándose en el dígito más significativo al seleccionar potencia y muestra

el valor en kW; en la posición torque el punto decimal se ubica en el segundo dígito, muestra el valor en Nm.

### 4.2.3. Control de torque

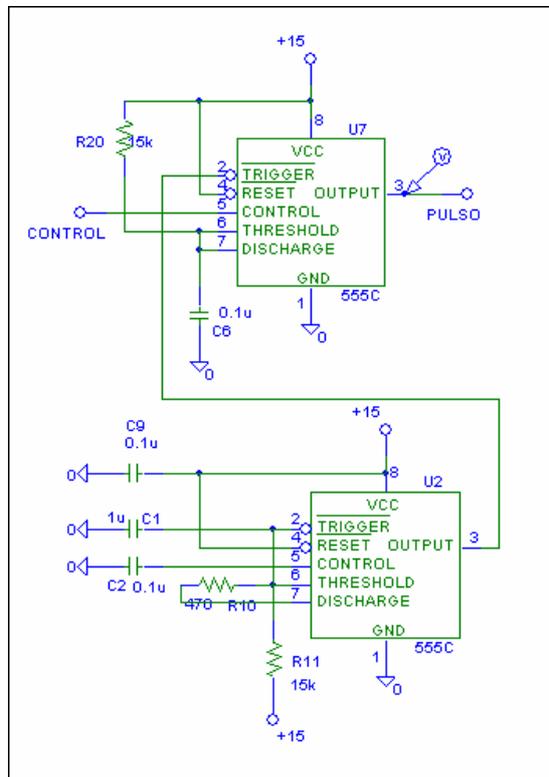
- Control manual / analógico y amplificador



**Figura 4.14** Amplificación de control manual/analógico

Crea una señal de control a partir de la variación del potenciómetro (Brake Force) o de la entrada analógica de 0 a 20 mA, para el generador de pulsos.

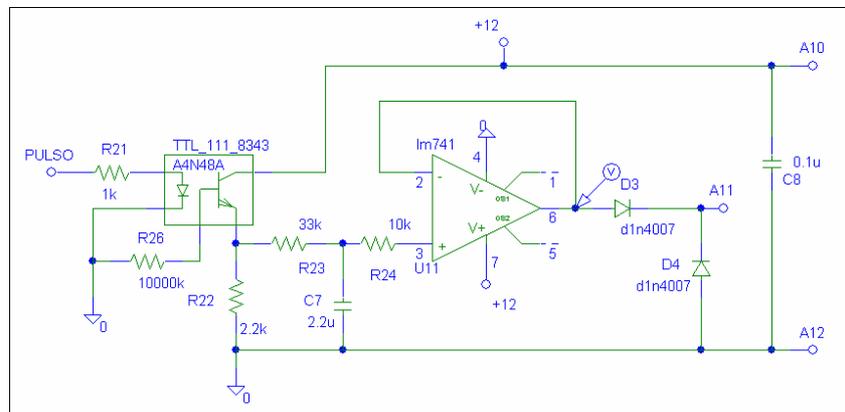
- Generador de pulsos



**Figura 4.15** Generador de pulsos

Genera un tren de pulsos de frecuencia fija y ancho variable regulado por la señal de control.

- Circuito de aislamiento



**Figura 4.16** Circuito de aislamiento

Separa las etapas de control y fuerza mediante el optoacoplador (TTL 111 8343).

- Circuito de disparo y fuerza

Proporciona un nivel DC variable a la bobina del freno de corrientes de Eddy, mediante un rectificador controlado de media onda formado por el SCR BT151 y el diodo BY249.

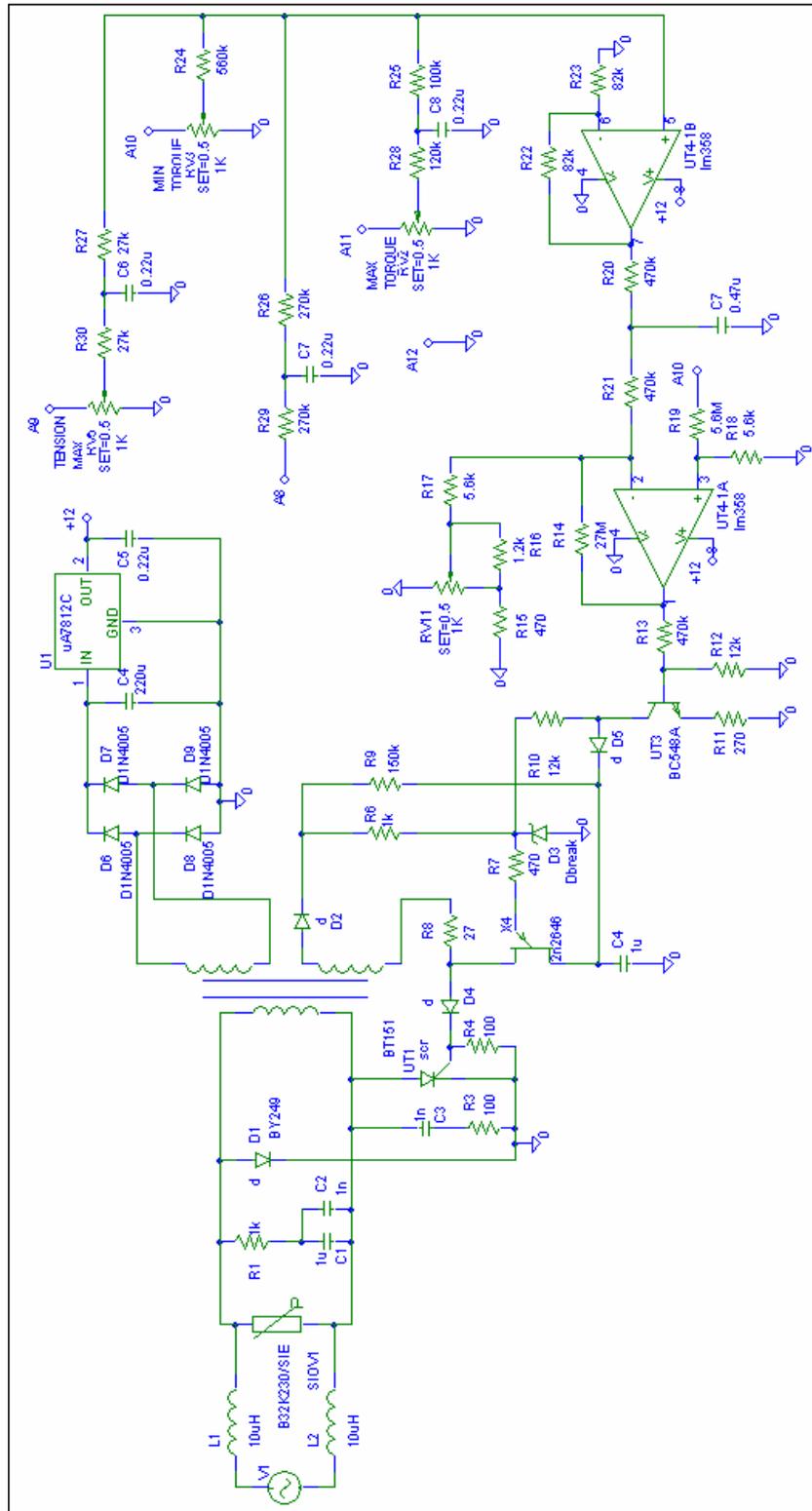


Figura 4.17 Circuito de disparo y fuerza

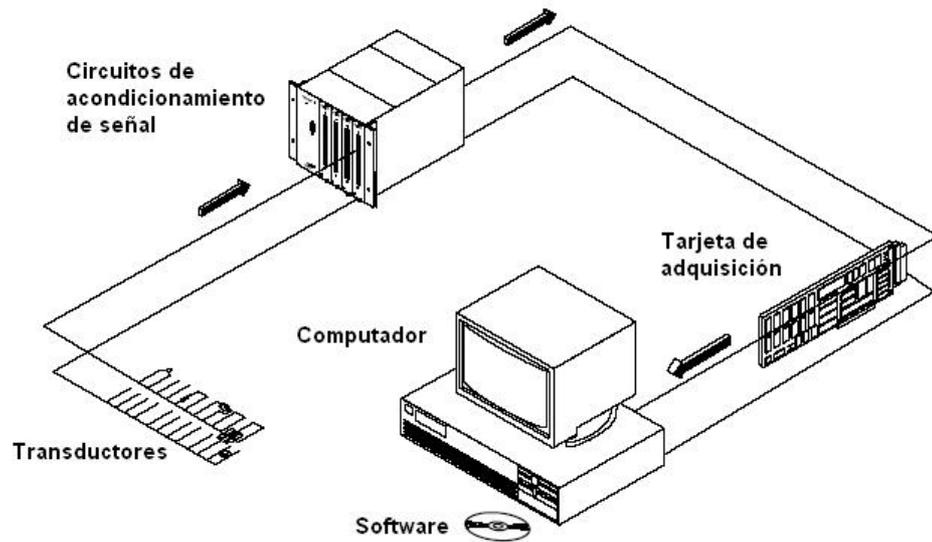
# CAPÍTULO V

## 5. ADQUISICION DE DATOS POR MEDIO DE LABVIEW

### 5.1. Componentes de un sistema de adquisición de datos

Un sistema de adquisición está generalmente formado por sensores, circuitos de acondicionamiento de señal, bloque terminal, tarjeta de adquisición, software y equipo para mostrar y almacenar los datos.

Los sensores o transductores adquieren las señales físicas del proceso como temperatura, luminosidad, sonido, fuerza y presión, posición, flujo, velocidad, voltaje, corriente, etc. y las transforman generalmente en una señal eléctrica de menor nivel que puede ser voltaje, corriente o resistencia.



**Figura 5.1** Sistema de adquisición de datos

Los circuitos de acondicionamiento varían según el tipo de sensor utilizado y entre las principales funciones que realizan están:

- Excitación, para transductores que requieren voltajes o corrientes externos para proporcionarles energía.
- Linealización, para sensores cuya salida no varía de manera lineal con el fenómeno físico que representan.
- Aislamiento, como su nombre lo indica aísla o separa la señal del transductor de la tarjeta de adquisición para proteger de daños en el computador.
- Filtro, elimina o reduce el efecto de señales indeseadas producidas por ejemplo por líneas de transmisión a 60 Hz.

- Amplificación, las señales de bajo nivel deben ser amplificadas para incrementar la precisión de la señal que se va a digitalizar y reducir la interferencia de ruido eléctrico.

El bloque terminal reúne las señales obtenidas para transmitir las al computador (tarjeta de adquisición de datos).

La tarjeta de adquisición procesa las señales medidas en el campo, convierte las señales analógicas en digitales para que puedan ser operadas por el computador.

El software y el computador permiten la interacción, control y visualización del estado del proceso monitoreado.

### **5.1.1. Características de la tarjeta de adquisición de datos NI 6221**

#### Entradas analógicas

Número de canales: 8 diferenciales o 16 simples

Resolución: 16 bits

Tasa de muestreo: 250000 muestras por segundo (250 KS/s)

Acoplamiento: DC

Rango:  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 1$  V,  $\pm 0.2$  V

### Salidas analógicas

Número de canales: 2

Resolución: 16 bits

Tasa de actualización: 740 KS/s por canal

Acoplamiento: DC

Rango:  $\pm 10$  V

### Entradas/salidas digitales (E/S)

Número total: 24

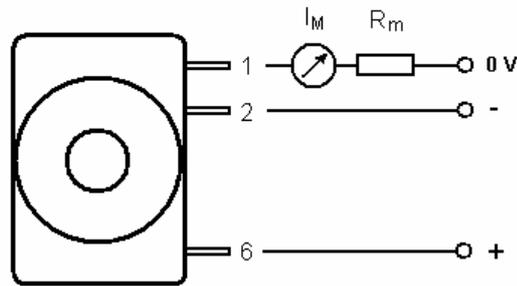
Nivel lógico alto: mín. 2.2 V – máx. 5.25 V

Nivel lógico bajo: mín. 0 V – máx. 0.8 V [14]

## **5.2. Elaboración de circuitos de acondicionamiento de señal**

### **5.2.1. Medición de corriente**

Para poder medir la corriente de entrada y salida de los equipos, necesitamos acondicionar la señal a un rango medible por la tarjeta de adquisición de datos NI PCI 6221 ( $\pm 10$ V), para ello utilizamos el transformador de corriente LTA50PR.



**Figura 5.2** Diagrama de conexión del transformador de corriente  
LTA50PR

### ***Características del transformador***

- Corriente de salida ( $I_M$ ): 1 mA / A
- Rango de medida: 0 a  $\pm 160$  A
- Relación de vueltas: 1 : 1000
- Tiempo de respuesta:  $< 1\mu s$
- Rango de frecuencia: DC a 100 KHz

Podemos modificar la relación de corriente de salida incrementando el número de vueltas del primario, es decir, enrollando más veces sobre el transformador el cable del cual vamos a medir la corriente.

Para medir la corriente de entrada tomamos en consideración la corriente máxima de los equipos.

Telemecanique ATS 48: 17 A

Telemecanique ATV 31: 15.8 A

Danfoss FC 302: 12 A

El circuito debe ser capaz de medir la corriente mayor, en este caso la del arrancador ATS 48 que es de 17 A con lo que obtenemos una salida de 17 mA, para obtener una mejor calidad de la forma de onda damos dos vueltas al cable y la salida máxima se duplica a 34 mA.

Utilizamos la resistencia  $R_m$  para convertir la señal de corriente en voltaje, el mismo que no debe exceder los 10 V permitidos por la tarjeta de adquisición.

$$R_m = \frac{V}{I_m} = \frac{10V}{34mA} = 294\Omega$$

El criterio para dimensionar la resistencia utilizada para medir la corriente de salida la da el motor a utilizarse, la corriente nominal del motor de inducción es de 7.8 A, vamos a limitar la corriente de arranque a  $4 I_n$ , que equivale a 31.2 A, o sea, 31.2 mA en la salida, duplicamos el número de vueltas para disminuir el efecto del ruido.

$$R_m = \frac{V}{I_m} = \frac{10V}{62.4mA} = 160\Omega$$

En ambas tarjetas de medición de corriente usaremos resistencia de 150  $\Omega$ .

### 5.2.2. Medición de voltaje

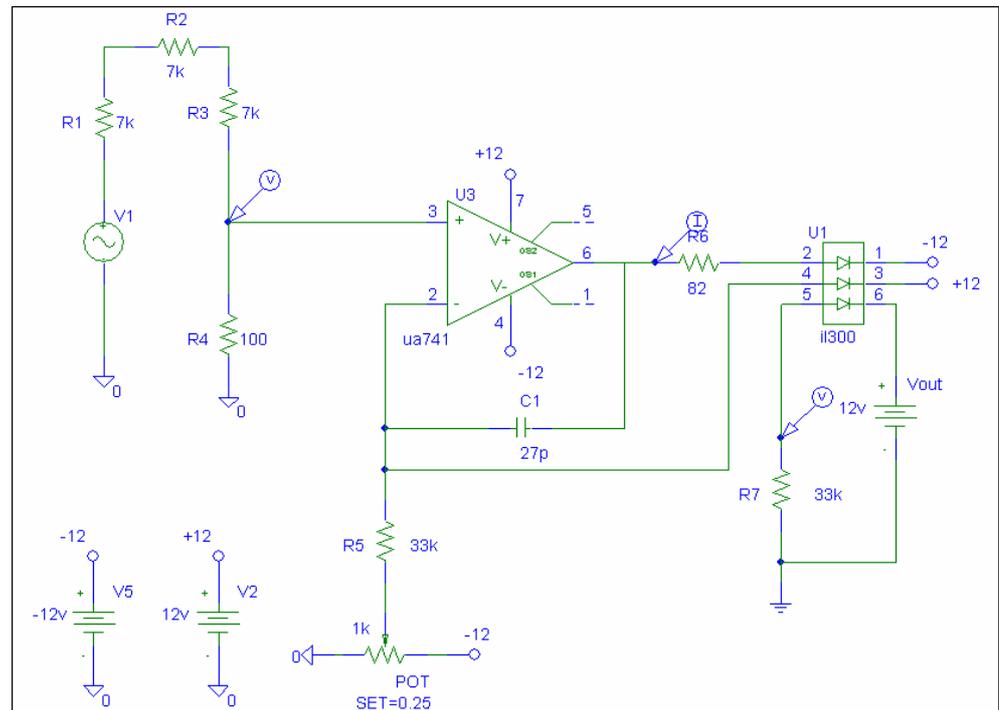
Para medir los voltajes de salida de los equipos usamos un divisor de tensión resistivo (R1-R4) obteniendo un nivel de tensión que pueda ser manejado por el optoacoplador IL300, utilizado para aislar el circuito de potencia.

$$V_m = \frac{208\sqrt{2} \cdot 100}{7k + 7k + 7k + 100} = 1.39V$$

El circuito integrado IL300 está formado por un LED infrarrojo en la entrada, y dos fotodiodos de salida y realimentación que garantiza la correspondencia lineal de los voltajes, cuando la corriente de manejo del fotodiodo está entre 5 – 20 mA.

En este circuito se utilizan fuentes independientes en la entrada y la salida para garantizar su aislamiento.

En la figura siguiente tenemos el diagrama del circuito utilizado para la medición de voltaje.



**Figura 5.3** Diagrama esquemático de la tarjeta de acondicionamiento para medición de voltaje

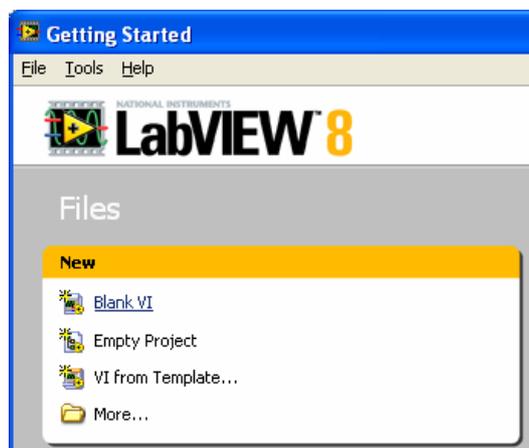
### 5.2.3. Medición de velocidad y torque

Para la medición de velocidad y torque utilizamos el equipo TERCO MV 1045 que proporciona señales de corriente de 0-20 mA, para medir estas señales basta con utilizar una resistencia en paralelo al canal de la tarjeta de adquisición que vamos a utilizar. El voltaje obtenido se calcula mediante la ley de Ohm,  $V = IR$ , este voltaje no debe exceder los 10 V permitidos por la tarjeta, por lo que utilizaremos una resistencia de 330  $\Omega$ .

### 5.3. Manejo del software de programación LabVIEW 8.0

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfica cuyos programas están constituidos por dos partes principales: el panel frontal y el diagrama de bloques. La interfaz para el usuario es conocida como Panel Frontal, mientras que el Diagrama de Bloques es el código que rige el funcionamiento del programa. Este programa es conocido como Instrumento Virtual (VI).

Para crear un nuevo Instrumento Virtual en la ventana de inicio de LabVIEW seleccionamos “Blank VI” luego de esto se abrirán dos ventanas: el Panel Frontal (Front Panel) con fondo gris y el Diagrama de bloque (Block Diagram) con fondo blanco, en las cuales vamos a elaborar el programa [13].



**Figura 5.4** Creación de un nuevo VI



**Figura 5.5** Panel frontal (izquierda) Diagrama de bloques (derecha)

En ambas ventanas encontramos la barra de herramientas que contiene una serie de íconos, nos van a enfocar en aquellos que nos van a servir para la ejecución del programa.



El botón Run, sirve para ejecutar el programa, la flecha se vuelve negra cuando el programa está en ejecución y aparece rota cuando existe un error en el VI.



El botón Run Continuously, realiza una ejecución continua la que puede detenerse volviéndolo a presionar cuando está de color negro.



El botón Abort Execution, aparece activo cuando el VI está corriendo y al presionarlo se detiene el programa de manera instantánea. Este botón no debe ser utilizado en condiciones normales de ejecución del programa, debe incluirse un mecanismo de parada dentro del programa en caso de usar rutinas repetitivas.

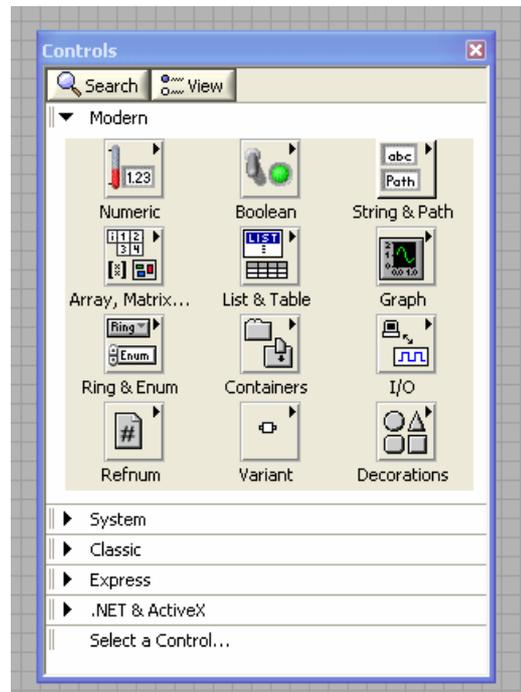


El botón Pause, detiene momentáneamente la ejecución del programa para continuar se vuelve a presionar el mismo botón.

### **5.3.1. Panel frontal de un instrumento virtual**

El panel frontal de un instrumento virtual es una combinación de controles e indicadores. Los controles simulan los dispositivos de entrada que se encuentra en instrumentos convencionales como perillas, selectores e interruptores. Los indicadores muestran los datos procesados en el diagrama de bloques mediante luces, barras, gráficos de onda dependiendo del tipo de dato que se va a visualizar.

Los controles e indicadores se encuentran en la paleta de control y para acudir a ella damos clic derecho sobre el área gris del panel frontal o en el menú View seleccionamos Controls Palette.

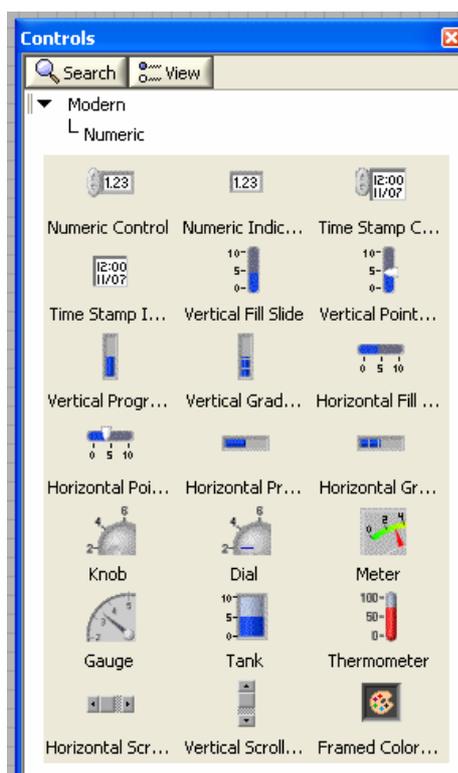


**Figura 5.6** Paleta de control

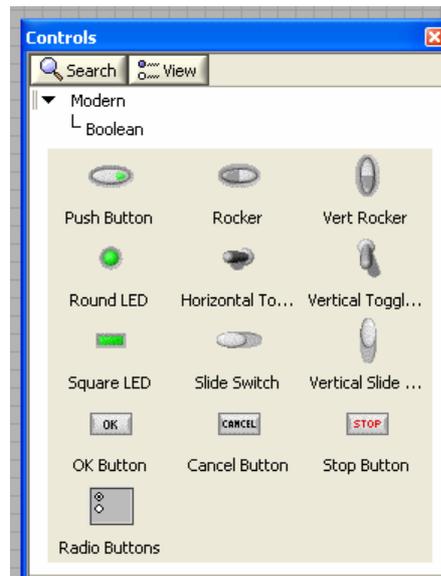
Para insertar un control o indicador navegamos en la paleta de control y seleccionamos el que vamos a usar haciendo clic sobre él, luego lo colocamos sobre el Panel Frontal haciendo nuevamente clic sobre el área gris en el lugar donde lo queremos introducir.

Dentro de los controles e indicadores numéricos como vemos en la Figura 5.7 podemos utilizar barras, perillas, tanques, termómetros, entre otros. En la figura 5.8 observamos los controles e indicadores booleanos cuyo valor es verdadero o falso, como son las luces indicadores y los interruptores y botones.

Del mismo modo encontramos matrices, tablas, gráficos, decoraciones y demás, necesarios para la creación de un instrumento virtual.



**Figura 5.7** Controles e indicadores numéricos



**Figura 5.8** Controles e indicadores booleanos

### 5.3.2. Diagrama de bloques de un instrumento virtual

El diagrama de bloques es el código fuente del programa similar a un diagrama de flujo, está construido conectando entre si objetos que cumplen funciones específicas.

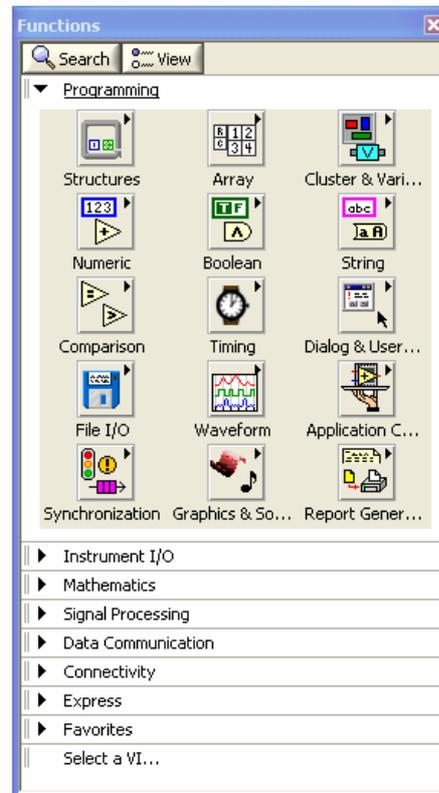
Los componentes de un diagrama de bloques se pueden clasificar como:

- Nodos, son los elementos de ejecución o procesamiento de los datos.
- Terminales, son los puertos por donde los datos fluyen entre el diagrama de bloques y el panel frontal.

- Conexiones, que enlazan los nodos y terminales del diagrama de bloques.

Los nodos para el procesamiento de datos los encontramos en la Paleta de Funciones, accedemos a ella dando clic derecho sobre el área blanca de la ventana de Diagrama de Bloques o seleccionando Functions Palette en el menú View.

En la Figura 5.9 observamos íconos de operadores numéricos que contienen las principales operaciones matemáticas, booleanos con operaciones lógicas, comparadores. También el grupo de estructuras donde encontramos lazos repetitivos (For Loop, While Loop) y de estructuras de decisión (Case Structure) que se aplican a una sección del código encerrada en ellas.



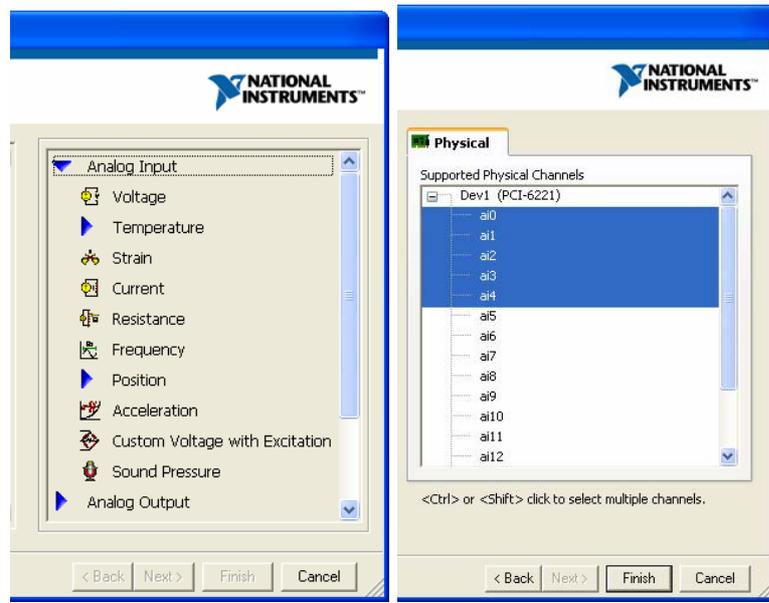
**Figura 5.9** Paleta de funciones

### 5.3.3. Programa de monitoreo de señales del proyecto

Vamos a obtener las señales medidas creando un nuevo VI que denominaremos “JAIVER”. Utilizando la herramienta DAQ Assistant, ubicada en el menú Express > Input, configuramos los canales que vamos a utilizar en la tarjeta de adquisición.

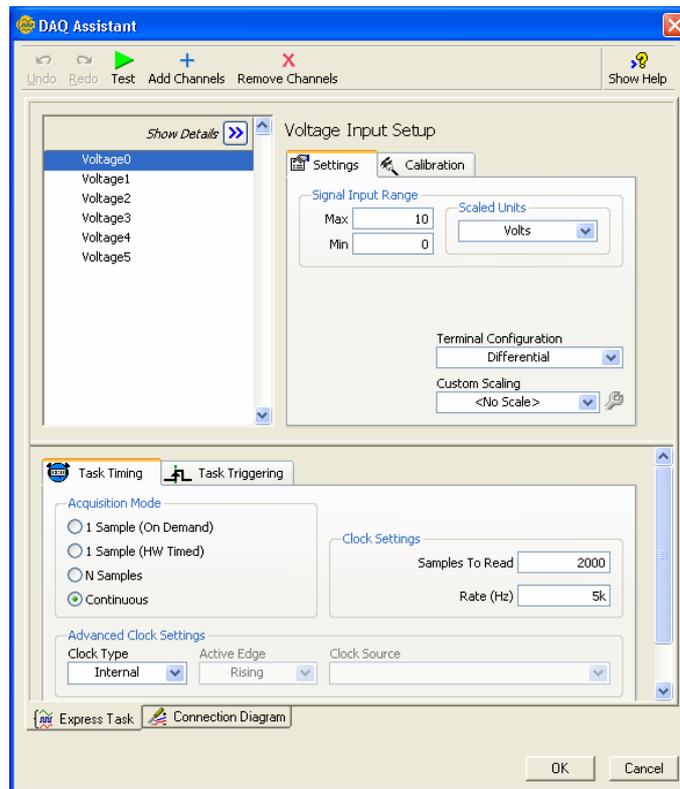
Una vez insertado el asistente en la ventana Diagrama de Bloques, seleccionamos Analog Input y luego Voltaje, en la siguiente ventana escogemos la ubicación física de la entrada en la tarjeta

NI PCI 6221. Para seleccionar varias entradas lo hacemos presionando la tecla Shift o Ctrl en el teclado y escogemos las que van a ser utilizadas.



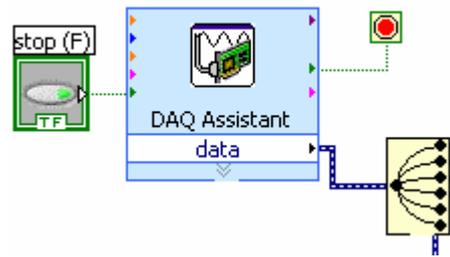
**Figura 5.10** Selección de entradas analógicas

En la siguiente ventana se establece el rango de la señal a medirse (Signal Input Range), para la medición de voltajes utilizaremos 0 a 10 V y para la corriente -10 a 10 V, también en el modo de conexión de los terminales (Terminal Configuration) escogemos diferencial (Differential) y en el modo de adquisición seleccionamos continua (Continuous). En la sección Configuración del reloj (Clock Settings) definimos la velocidad del muestreo, en Muestras a leer (Samples to read) escribimos 2000 muestras; la frecuencia (Rate) determina la duración de cada ciclo en este caso 5kHz.



**Figura 5.11** Configuración de la tarjeta DAQ

En la Figura 5.12 observamos el asistente DAQ (DAQ Assistant), las mediciones obtenidas se utilizan a través de la salida data, para procesar cada una de las señales usamos la función Split signals. Como vamos a realizar una medición continua es necesario que el Asistente se encuentre dentro de una estructura repetitiva (While Loop), para detener la adquisición usamos el botón stop.



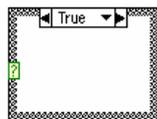
**Figura 5.12** Asistente DAQ

Para el procesamiento de las señales obtenidas vamos a usar las siguientes herramientas del menú funciones (Functions) de la ventana Diagrama de Bloques.

*Menú Estructura (Structures)*

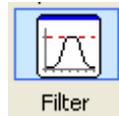


*Lazo Mientras (While Loop)*, estructura que repite el procedimiento encerrado en ella mientras no se active el botón stop (rojo). El número de iteraciones se obtiene del terminal (i).



*Estructura Caso (Case Structure)*, permite la selección de un proceso enmarcado en ella, dependiendo del valor que se asigne al terminal (?), puede ser un dato booleano, numérico o texto. Para este proyecto servirá para seleccionar la variable que se va a medir.

*Menú Express > Análisis de señales (Signal Analysis)*



Filter

*Filtro (Filter)*, disminuye el efecto del ruido eléctrico (señales no deseadas) sobre las señales medidas, este asistente permite elegir entre varios tipos y configuraciones.



Amp &amp; Level

*Amplitud y Nivel (Amp & Level)*, obtiene el valor DC, RMS, picos máximo y mínimo de la onda. Lo utilizaremos para medir el valor RMS de las corrientes.



Tone

*Tono (Tone)*, mide amplitud, frecuencia y fase de la señal; con él medimos la frecuencia de las ondas.



Spectral

*Armónicos (Spectral)*, obtiene la amplitud y frecuencia de la fundamental y componentes armónicas de la señal medida.



Distortion

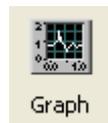
*Distorsión (Distortion)*, calcula la distorsión armónica total (THD) de la señal.

Para visualizar las señales insertamos en la ventana del Panel Frontal del programa los siguientes indicadores gráficos del menú Graph de la Paleta de Control.



Chart

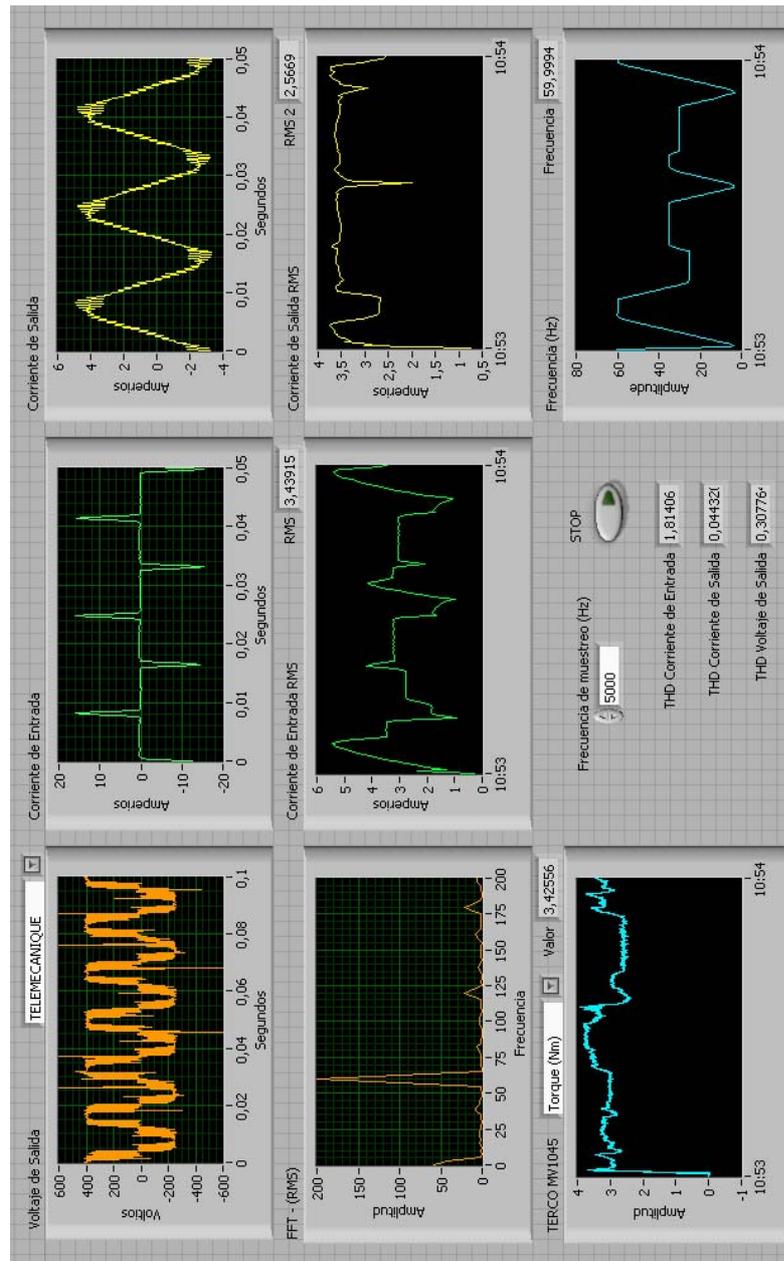
*Waveform Chart*, para grafica el valor histórico de las variables, por ejemplo: corriente RMS, velocidad, frecuencia y torque.



Graph

*Waveform Graph*, muestra la forma de onda de la señal medida, corriente o voltaje.

En la figura 5.13 se muestra el Panel Frontal y en la Figura 5.14 el Diagrama de Bloques del programa de monitoreo realizado.



**Figura 5.13** Panel Frontal JAIVER



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El desarrollo de los arrancadores suaves o estáticos ha permitido reducir el impacto de la corriente de arranque de los motores sobre la red a la cual se encuentran conectados y el esfuerzo mecánico de las maquinarias que manejan. Sin embargo, introduce perturbaciones armónicas momentáneas en la red.
2. Se debe tener en cuenta el correcto seteo del parámetro ACC, que controla el tiempo de rampa de aceleración, para evitar picos de corriente al momento de efectuar el bypass, producidos cuando el motor no desarrolla suficiente velocidad en el arranque.
3. Los variadores de frecuencia son ampliamente utilizados en la industria para el control de velocidad de diferentes máquinas, tales como: tornillos, bobinas, ventiladores, bombas, etc. Gracias a las entradas analógicas de referencia y a las diferentes funciones que poseen, permiten manipular la frecuencia suministrada al motor de acuerdo a las necesidades presentes en el medio.
4. El Control Lógico Inteligente (SLC) del variador Danfoss FC 302 brinda la facilidad de manejar operaciones rutinarias obteniendo señales del

medio y procesándolas usando operadores lógicos, comparadores y temporizadores.

5. El Controlador Lógico Programable (PLC) permite establecer el orden de encendido de los equipos y demás periféricos, dando una operación más sencilla al usuario, resumiendo la cantidad de elementos como relés y temporizadores que se utilizarían con un control tradicional.
6. El equipo TERCO MV1045 ofrece una carga variable aprovechando el efecto de freno que generan las corrientes de Eddy, esta carga nos permite estudiar el comportamiento del motor acoplado midiendo el torque y la velocidad.
7. El software de monitoreo elaborado con LabVIEW muestra las formas de onda de corriente y voltaje características de cada equipo, teniéndolas como patrón de un funcionamiento normal nos permiten hacer una evaluación y pronóstico de fallas, por lo cual constituye una herramienta importante para el estudio y mantenimiento de equipos.

8. La variación de carga debe hacerse teniendo en cuenta la corriente que se está suministrando al motor para evitar que se exceda la corriente nominal del motor por sobrecarga.
9. Es importante el diseño adecuado de un panel eléctrico como el elaborado en esta tesis, teniendo en cuenta las precauciones y dispositivos de seguridad para evitar accidentes graves. También debe tener un mecanismo de encendido independiente para el circuito de control y fuerza que permita hacer pruebas de secuencia.
10. Es recomendable incluir luces indicadoras para la alimentación general y de dispositivos principales que sirvan para visualizar la presencia de tensión, de la misma manera para las fuentes de voltaje DC.
11. Para los circuitos de acondicionamiento de señal se deben utilizar fuentes independientes para aislar el circuito de fuerza y de este modo evitar que los fallos sean transmitidos a la tarjeta de adquisición.
12. Los equipos electrónicos que utilizan semiconductores introducen armónicos a la red, para disminuir su incidencia en la red se recomienda el uso de filtros. Se puede incluir en el diseño del panel para comprobar su efectividad.



# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Esquema funcional del ATS 48 .....	4
<b>Figura 1.2</b> Diagrama de fuerza del arrancador estático .....	5
<b>Figura 1.3</b> Formas de onda de voltajes de entrada y salida.....	6
<b>Figura 1.4</b> Curvas de arranque del motor con rampa de voltaje .....	7
<b>Figura 1.5</b> Curvas de arranque del motor con límite de corriente .....	8
<b>Figura 1.6</b> Diagrama de flujo del sistema de control de torque .....	8
<b>Figura 1.7</b> Curvas de arranque del motor con sistema de control de torque.....	9
<b>Figura 1.8</b> Tarjeta de control del ATS 48D17Q .....	10
<b>Figura 1.9</b> Tarjeta de protección de SCR's (Redes Snubber) .....	11
<b>Figura 1.10</b> Circuito de fuerza del ATS 48D17Q .....	12
<b>Figura 1.11</b> Módulo de 2 SCR's.....	13
<b>Figura 1.12</b> Panel frontal .....	14
<b>Figura 1.13</b> Borneras de control .....	16
<b>Figura 1.14</b> Diagrama de fuerza del ATS 48D17Q.....	18
<b>Figura 1.15</b> Bornes de alimentación .....	19
<b>Figura 1.16</b> Bornes de salida.....	19
<b>Figura 1.17</b> Curvas de protección térmica en frío.....	24
<b>Figura 1.18</b> Curvas de protección térmica en caliente .....	25
<b>Figura 1.19</b> Crear nuevo equipo .....	34
<b>Figura 1.20</b> Propiedades del equipo.....	35
<b>Figura 1.21</b> Crear una configuración .....	35
<b>Figura 1.22</b> Características del equipo .....	36

<b>Figura 1.23</b> Panel general .....	37
<b>Figura 1.24</b> Lista de parámetros.....	38
<b>Figura 1.25</b> Ventana de supervisión .....	40
<b>Figura 2.1</b> Esquemático de un variador de frecuencia .....	43
<b>Figura 2.2</b> Ondas de voltaje de un rectificador monofásico de onda completa .....	44
<b>Figura 2.3</b> Onda de voltaje de salida del circuito intermedio .....	45
<b>Figura 2.4</b> Onda de voltaje de línea-línea de un inversor trifásico.....	46
<b>Figura 2.5</b> Modulación de amplitud de pulso .....	47
<b>Figura 2.6</b> Conmutación de fases de un inversor .....	47
<b>Figura 2.7</b> Voltajes línea-neutro de salida del inversor.....	48
<b>Figura 2.8</b> Voltajes línea-línea de salida del inversor .....	49
<b>Figura 2.9</b> PWM sinusoidal.....	50
<b>Figura 2.10</b> Ondas de voltaje 60° AVM y SFAVM .....	52
<b>Figura 2.11</b> Tarjeta de entradas/salidas de control .....	53
<b>Figura 2.12</b> Inductor del circuito intermedio.....	54
<b>Figura 2.13</b> Circuito de disparo del variador ATV 31 .....	55
<b>Figura 2.14a</b> Diagrama de bloques del circuito integrado L6386D.....	56
<b>Figura 2.14b</b> Diagrama de tiempo del circuito integrado L6386D .....	56
<b>Figura 2.15a</b> Circuito de fuerza del ATV 31.....	57
<b>Figura 2.15b</b> Diagrama del circuito FB15R06KL4_B1.....	58
<b>Figura 2.16</b> Panel frontal del ATV 31 .....	60
<b>Figura 2.17</b> Borneras de control .....	61
<b>Figura 2.18</b> Formas de conexión de las entradas lógicas .....	62
<b>Figura 2.19</b> Bornes de potencia .....	64

<b>Figura 2.20</b> Control de 2 hilos .....	72
<b>Figura 2.21</b> Control de 3 hilos .....	72
<b>Figura 2.22</b> Estado de las entradas lógicas.....	75
<b>Figura 2.23</b> Agregar nuevo equipo .....	76
<b>Figura 2.24</b> Seleccionar características del variador.....	77
<b>Figura 2.25</b> Configuración del variador.....	78
<b>Figura 2.26</b> Parámetros del variador .....	79
<b>Figura 2.27</b> Visualización de variables en el osciloscopio.....	81
<b>Figura 2.28</b> Propiedades del osciloscopio.....	81
<b>Figura 2.29</b> Display gráfico DANFOSS FC 302.....	84
<b>Figura 2.30</b> Luces indicadoras DANFOSS FC 302 .....	84
<b>Figura 2.31</b> Teclas de menú DANFOSS FC 302.....	85
<b>Figura 2.32</b> Teclas de navegación DANFOSS FC 302 .....	85
<b>Figura 2.33</b> Teclas de funcionamiento FC 302.....	86
<b>Figura 2.34</b> Terminales de control DANFOSS FC 302.....	87
<b>Figura 2.35</b> Interruptores de selección de modo .....	88
<b>Figura 2.36</b> Salidas de relé.....	89
<b>Figura 2.37</b> Bornes de alimentación.....	90
<b>Figura 2.38</b> Salidas al motor.....	90
<b>Figura 2.39</b> Esquema de conexiones del DANFOSS FC 302 .....	91
<b>Figura 2.40</b> Menús rápidos.....	93
<b>Figura 2.41</b> Líneas de visualización .....	98
<b>Figura 2.42</b> Secuencia mediante SLC.....	105
<b>Figura 3.1</b> Partes del controlador lógico programable (PLC) .....	108

<b>Figura 3.2</b> Fuente de poder SITOP .....	109
<b>Figura 3.3</b> Módulo central CPU 312C.....	110
<b>Figura 3.4</b> Módulo de entradas digitales SM321 .....	111
<b>Figura 3.5</b> Módulo de salidas digitales SM322 .....	112
<b>Figura 3.6</b> Módulo de entradas analógicas SM 331 .....	113
<b>Figura 3.7</b> Módulo de salidas analógicas SM 332.....	114
<b>Figura 3.8</b> Icono del Administrador SIMATIC .....	115
<b>Figura 3.9</b> Asistente de STEP 7: Selección de CPU .....	116
<b>Figura 3.10</b> Asistente de STEP7: Selección de bloque .....	117
<b>Figura 3.11</b> Asistente de STEP7: Nombre del proyecto .....	117
<b>Figura 3.12</b> Configuración del hardware.....	118
<b>Figura 3.13</b> HW Config: Cambio de CPU .....	119
<b>Figura 3.14</b> HW Config: Equipo configurado .....	120
<b>Figura 3.15</b> Direccionamiento de entradas y salidas.....	122
<b>Figura 3.16</b> Editor de símbolos.....	123
<b>Figura 3.17</b> Tabla de símbolos .....	124
<b>Figura 3.18</b> Bloque principal OB1 .....	125
<b>Figura 3.19</b> Diagrama de tiempo de funcionamiento de los temporizadores .....	129
<b>Figura 3.20</b> Ventana KOP/AWL/FUP.....	130
<b>Figura 3.21</b> Selección del cable de comunicación PC Adapter .....	140
<b>Figura 3.22</b> Selección del tipo de interfase del PC Adapter (MPI) .....	141
<b>Figura 3.23</b> Selección de conexión local (USB) .....	142
<b>Figura 3.24</b> Configuración MPI .....	142
<b>Figura 3.25</b> Borrado de los datos del CPU .....	143

<b>Figura 3.26</b> Ventana Online.....	144
<b>Figura 4.1</b> Equipo TERCO MV 1045 .....	146
<b>Figura 4.2</b> Diagrama de bloques del módulo de control.....	147
<b>Figura 4.3</b> Fuente de alimentación .....	148
<b>Figura 4.4</b> Rectificación de la señal del tacómetro.....	149
<b>Figura 4.5</b> Etapa de amplificación de la señal de velocidad.....	149
<b>Figura 4.6</b> Convertidor de voltaje a corriente.....	150
<b>Figura 4.7</b> Convertidor analógico/digital .....	151
<b>Figura 4.8</b> Display digital de velocidad en RPM .....	152
<b>Figura 4.9</b> Puente eléctrico de galgas extensiométricas .....	153
<b>Figura 4.10</b> Amplificación de la señal de torque.....	155
<b>Figura 4.11</b> Convertidor de voltaje a corriente.....	156
<b>Figura 4.12</b> Multiplicador torque por velocidad.....	157
<b>Figura 4.14</b> Amplificación de control manual/analógico .....	159
<b>Figura 4.15</b> Generador de pulsos .....	160
<b>Figura 4.16</b> Circuito de aislamiento .....	161
<b>Figura 4.17</b> Circuito de disparo y fuerza.....	162
<b>Figura 5.1</b> Sistema de adquisición de datos.....	164
<b>Figura 5.2</b> Diagrama de conexión del transformador de corriente LTA50PR.....	167
<b>Figura 5.3</b> Diagrama esquemático de la tarjeta de acondicionamiento para medición de voltaje .....	170
<b>Figura 5.4</b> Creación de un nuevo VI.....	171
<b>Figura 5.5</b> Panel frontal (izquierda) Diagrama de bloques (derecha).....	172
<b>Figura 5.6</b> Paleta de control .....	174

<b>Figura 5.7</b> Controles e indicadores numéricos .....	175
<b>Figura 5.8</b> Controles e indicadores booleanos .....	176
<b>Figura 5.9</b> Paleta de funciones .....	178
<b>Figura 5.10</b> Selección de entradas analógicas.....	179
<b>Figura 5.11</b> Configuración de la tarjeta DAQ.....	180
<b>Figura 5.12</b> Asistente DAQ.....	181
<b>Figura 5.13</b> Panel Frontal JAIVER.....	183
<b>Figura 5.14</b> Diagrama de Bloques JAIVER .....	184

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> Códigos de fallo .....	20
<b>Tabla 1.2</b> Datos de placa motor de inducción jaula de ardilla TERCO MV 1009.....	21
<b>Tabla 1.3</b> Datos de placa motor de inducción de anillos rozantes TERCO MV 1007 .....	21
<b>Tabla 2.1</b> Descripción de pines del circuito integrado L6386D .....	57
<b>Tabla 2.2</b> Fallos no rearmables automáticamente .....	65
<b>Tabla 2.3</b> Fallos rearmables por rearmado automático .....	67
<b>Tabla 2.4</b> Fallos con rearmado automático.....	67
<b>Tabla 2.5</b> Datos de placa del motor TERCO MV 1009 .....	69
<b>Tabla 2.6</b> Consigna de velocidad.....	74
<b>Tabla 2.7</b> Grupos del menú principal .....	98
<b>Tabla 2.8</b> Parámetros de visualización .....	99
<b>Tabla 2.9</b> Configuración de referencias .....	100
<b>Tabla 2.10</b> Configuración de E/S digitales .....	101
<b>Tabla 2.11</b> Selección de referencias internas .....	101
<b>Tabla 2.12</b> Reglas lógicas.....	104
<b>Tabla 2.13</b> Ejemplo de control de lógica inteligente.....	106
<b>Tabla 3.1</b> Tipo de dato .....	124
<b>Tabla 3.2</b> Asignación de entradas digitales .....	132
<b>Tabla 3.3</b> Asignación de salidas digitales .....	133
<b>Tabla 3.4</b> Activación de entradas en modo manual.....	135

# INDICE DE ANEXOS

<b>A. DIAGRAMAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS .....</b>	<b>203</b>
<b>A.1. Diagrama de conexiones del arrancador suave ALTISTART 48 .....</b>	<b>203</b>
<b>A.2. Diagrama de conexiones del variador de frecuencia ALTIVAR 31 ....</b>	<b>204</b>
<b>A.3. Diagrama de conexiones del variador de frecuencia FC 302 .....</b>	<b>205</b>
<b>A.4. Esquema de conexiones del PLC S7 300 .....</b>	<b>206</b>
<b>A.4.1. Conexiones de las entradas al módulo central CPU 312C .....</b>	<b>206</b>
<b>A.4.2. Conexiones del módulo de entradas SM321 .....</b>	<b>207</b>
<b>A.4.3. Conexiones del módulo de salidas SM322 .....</b>	<b>208</b>
<b>A.5. Diagrama del circuito de fuerza del panel.....</b>	<b>209</b>
<b>A.6. Ubicación de dispositivos en el panel.....</b>	<b>210</b>
<b>A.7. Cableado de tarjetas de medición de señales .....</b>	<b>214</b>
<b>A.7.1. Conexiones del bloque conector CB-68LPR de la tarjeta de adquisición NI PCI 6221 .....</b>	<b>214</b>
<b>A.7.2. Conexiones de las tarjetas de acondicionamiento de señal .....</b>	<b>215</b>
<b>B. GUÍA DE PRÁCTICAS.....</b>	<b>218</b>
<b>B.1. Arrancadores suaves: Manejo del equipo ALTISTART 48.....</b>	<b>218</b>
<b>B.2. Variadores de frecuencia: Manejo del equipo ALTIVAR 31 .....</b>	<b>223</b>
<b>B.3. Variadores de frecuencia: Manejo del equipo Danfoss FC 302 .....</b>	<b>228</b>

# GLOSARIO

## ACONDICIONAMIENTO

Procedimiento mediante el cual una señal es adecuada a niveles de voltaje compatibles con la tarjeta de adquisición de datos utilizada, mediante funciones como amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico entre otros.

## ADQUISICIÓN DE DATOS

Consiste en tomar un conjunto de variables físicas, convertirlas en señales eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora.

## ANTIPARALELO

Conexión utilizada en los controladores AC en la que se conecta los SCR's de tal modo que se junten el ánodo del uno con el cátodo del otro para obtener control en ambos semiciclos de la onda de voltaje.

## BIT

Proviene de Binary Digit (dígito binario) y representa dos valores 0 o 1

## BORNES O BORNERAS

Terminales con tornillo para conexión de cables.

## CORRIENTE

Flujo de cargas que circulan a través de un conductor.

## DISPLAY

Dispositivo o pantalla que permite mostrar información, números o letras, al usuario

## MUESTREO

Proceso mediante el cual se digitaliza una señal analógica, tomando valores periódicos de la amplitud de la señal.

## PARAMETRIZACIÓN

Introducción de valores llamados parámetros que describen las características físicas y funcionales de un equipo, a un dispositivo que controla su funcionamiento.

## PROGRAMACIÓN

Elaboración de una secuencia de instrucciones definida, ordenada y finita que realizan una tarea.

## RESOLUCIÓN

Está determinada por el número de bits de que está compuesta la muestra y con ello indica el mínimo cambio que puede detectar o representar una entrada o salida analógica.

## SEMICONDUCTOR

Elemento electrónico que se comporta como conductor y aislante, permitiendo o no el paso de corriente dependiendo de las condiciones a las que se somete.

## SOFTWARE

Conjunto de programas y procedimientos necesarios para realizar una tarea específica. Existen de tres tipos: de sistema, programación y aplicación.

## TORQUE o PAR MOTOR

Es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro, se mide en Newtons por metro (fuerza por brazo)

## VOLTAJE

Es el trabajo que realiza una carga para moverse a lo largo de un conductor en un circuito cerrado. Se mide en voltios.

## ABREVIATURAS

A. Amperios, medida de intensidad de corriente.

AC. Alternate Current, corriente alterna.

DAQ. Data Acquisition, adquisición de datos.

DC. Direct Current, corriente directa.

IGBT. Insulated Gate Bipolar Transistor, transistor bipolar de compuerta aislada.

KOP. Esquema de contactos

MPI. Multiple Point Interface, interfaz multi punto.

Nm. Newton-metro, unidad de torque.

PC. Personal Computer, computador personal.

PLC. Programmable Logic Controller, controlador de lógica programable.

RPM. Revoluciones por minuto, unidad de velocidad angular.

SLC. Smart Logic Control, control de lógica inteligente.

SCR. Silicon Controlled Rectifier, rectificador controlado de silicio.

TCS. Torque Control System, sistema de control de torque.

USB. Universal Serial Bus, bus serie universal.

V. Voltios, unidad de voltaje.

VI. Virtual Instrument, instrumento virtual.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] POWER ELECTRONICS HANDBOOK, Muhammad H. Rashid, Academic Press
- [2] MANUAL ELECTROTÉCNICO TELESQUEMARIO, Telemecanique, Junio 1996
- [3] GUÍA DE EXPLOTACIÓN ALTISTART 48, Telemecanique
- [4] THE TORQUE CONTROL SYSTEM, B. Rassouw
- [5] GUÍA DE INSTALACIÓN ALTIVAR 31H, Telemecanique
- [6] GUÍA DE PROGRAMACIÓN ALTIVAR 31, Telemecanique
- [7] GUÍA DE DISEÑO DEL FC 300, Danfoss
- [8] SIEMENS SIMATIC S7-300 CPU 31xC and CPU 31x Technical Data, Edition 01/2006, A5E00105475-06
- [9] SIEMENS SIMATIC Programmable Logic Controllers S7-300 Module Data, Edition 02/2004, A5E00105505-03
- [10] SIEMENS SIMATIC STEP 7 V5.1 Introducción y ejercicios prácticos, Edición 08/2000, A5E00069684-03
- [11] SIEMENS SIMATIC Esquema de contactos (KOP) para S7-300 y S7-400, Edición 08/2000, A5E00068867-02
- [12] ELECTRICAL MACHINES Laboratory Experiments EDDY CURRENT BRAKE, Terco, 1982

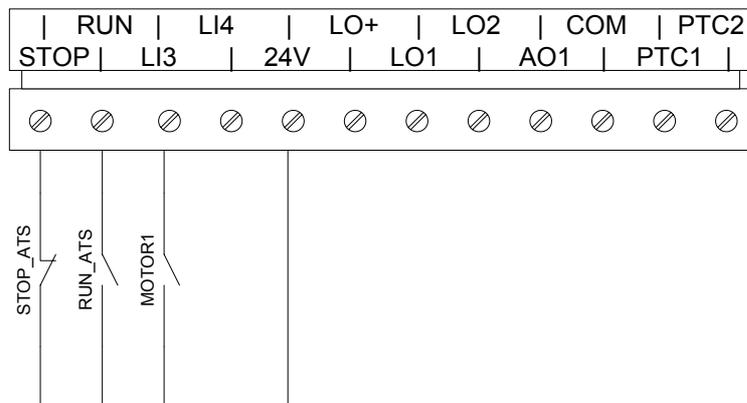
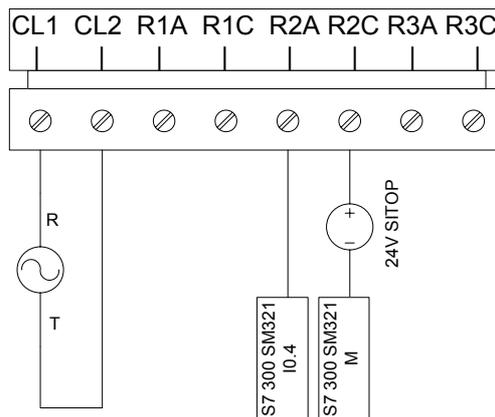
[13] LEARNING WITH LABVIEW 7 EXPRESS, Robert H. Bishop, Pearson  
Prentice Hall

[14] DAQ MSERIES USERS MANUAL, National Instruments, Noviembre  
2006, 371022G-01

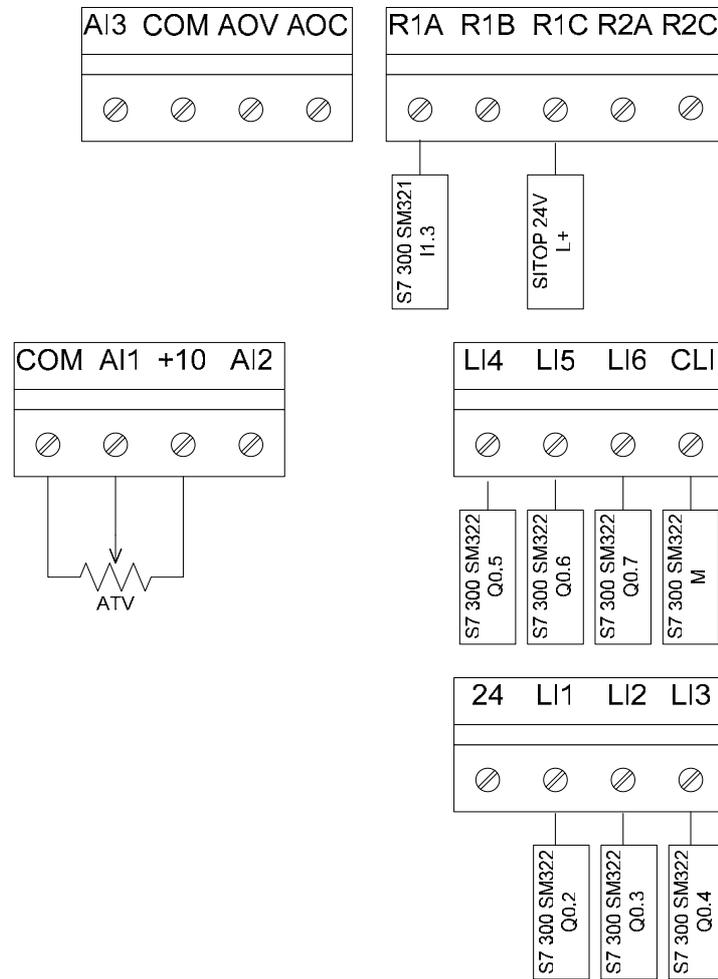
# ANEXOS

## A. DIAGRAMAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS

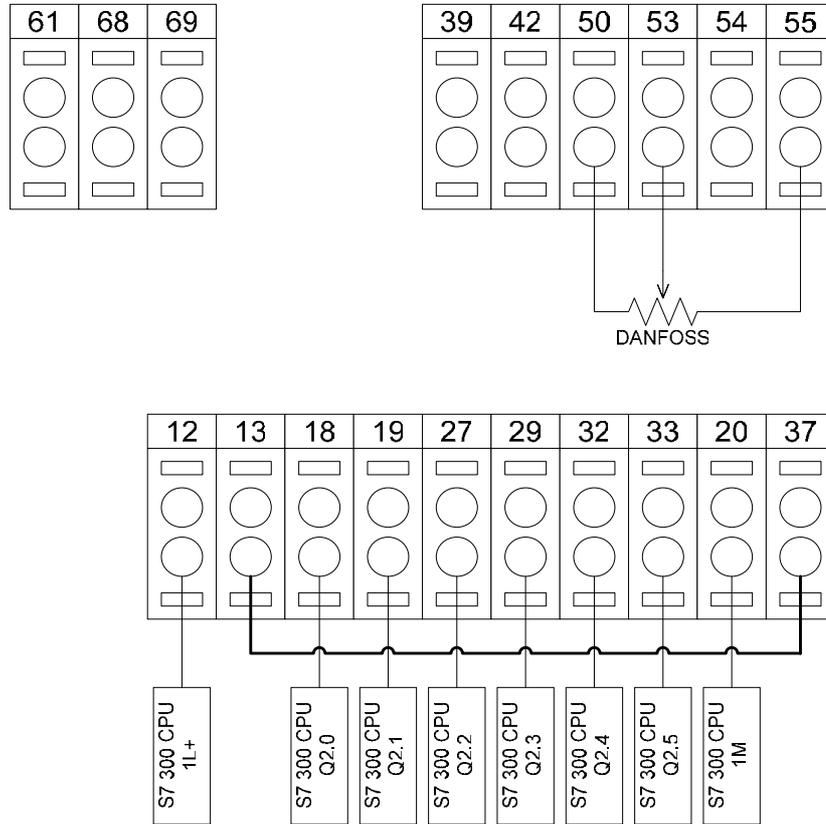
### A.1. Diagrama de conexiones del arrancador suave ALTISTART 48



**A.2. Diagrama de conexiones del variador de frecuencia ALTIVAR 31**

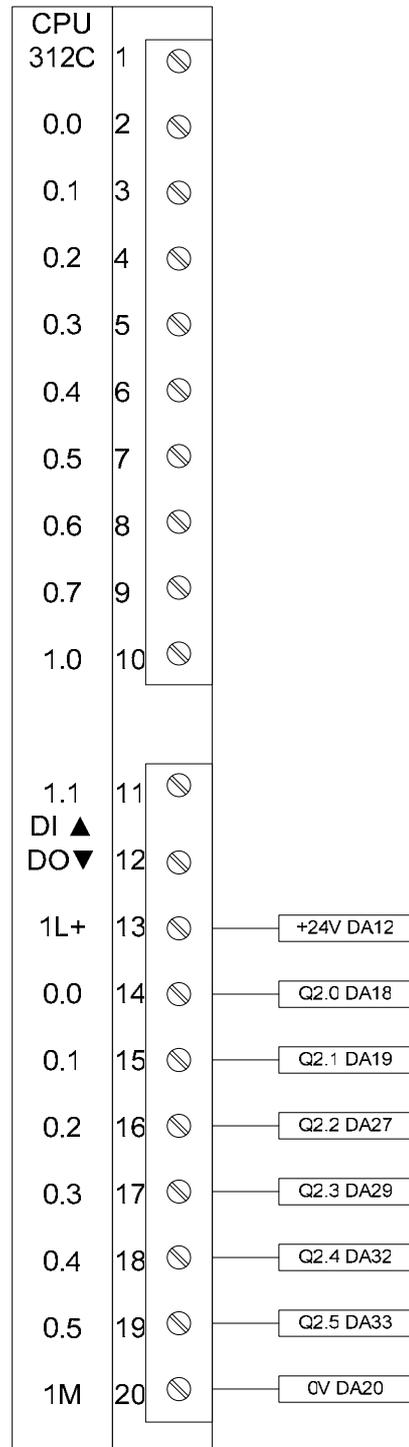


**A.3. Diagrama de conexiones del variador de frecuencia FC 302**

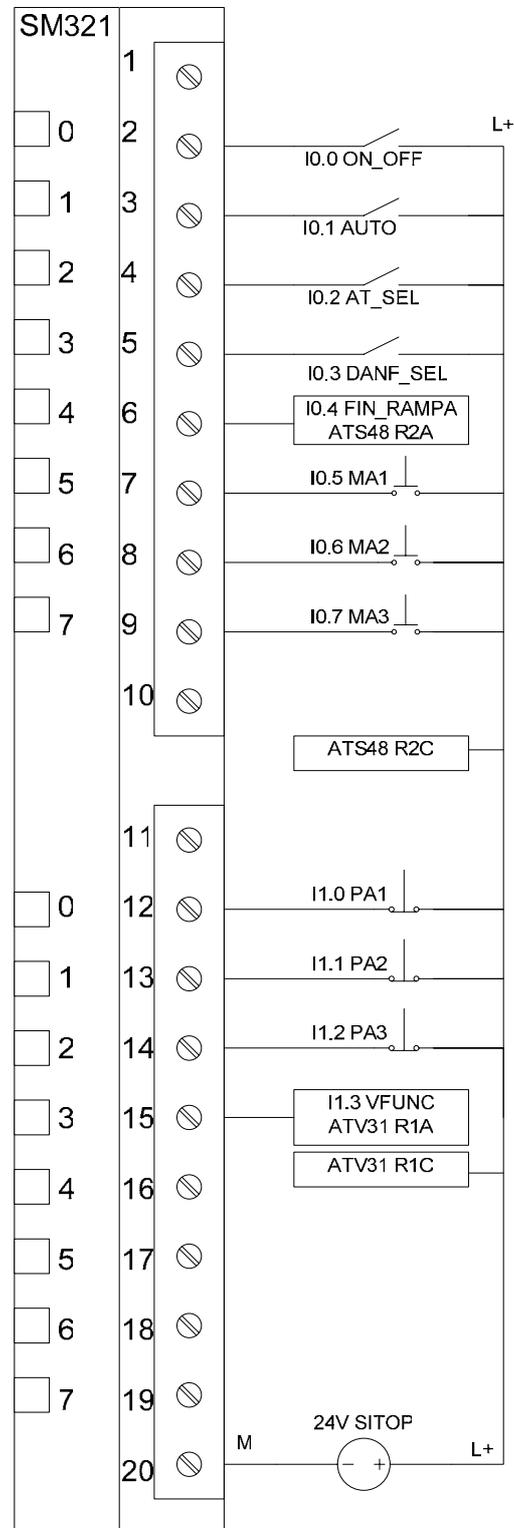


## A.4. Esquema de conexiones del PLC S7 300

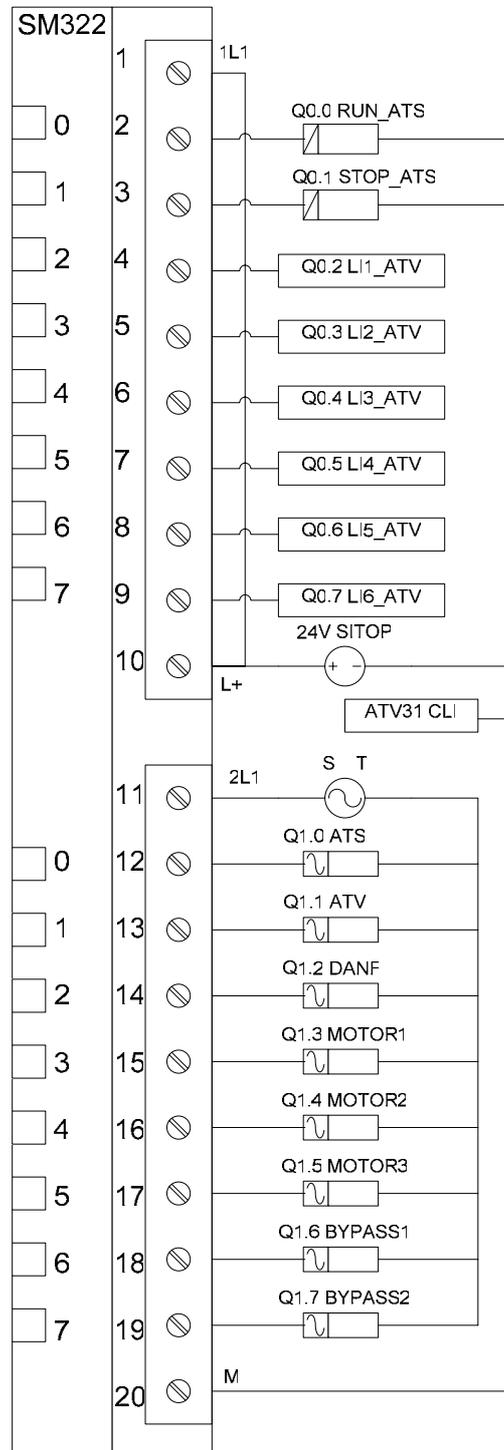
### A.4.1. Conexiones de las entradas al módulo central CPU 312C



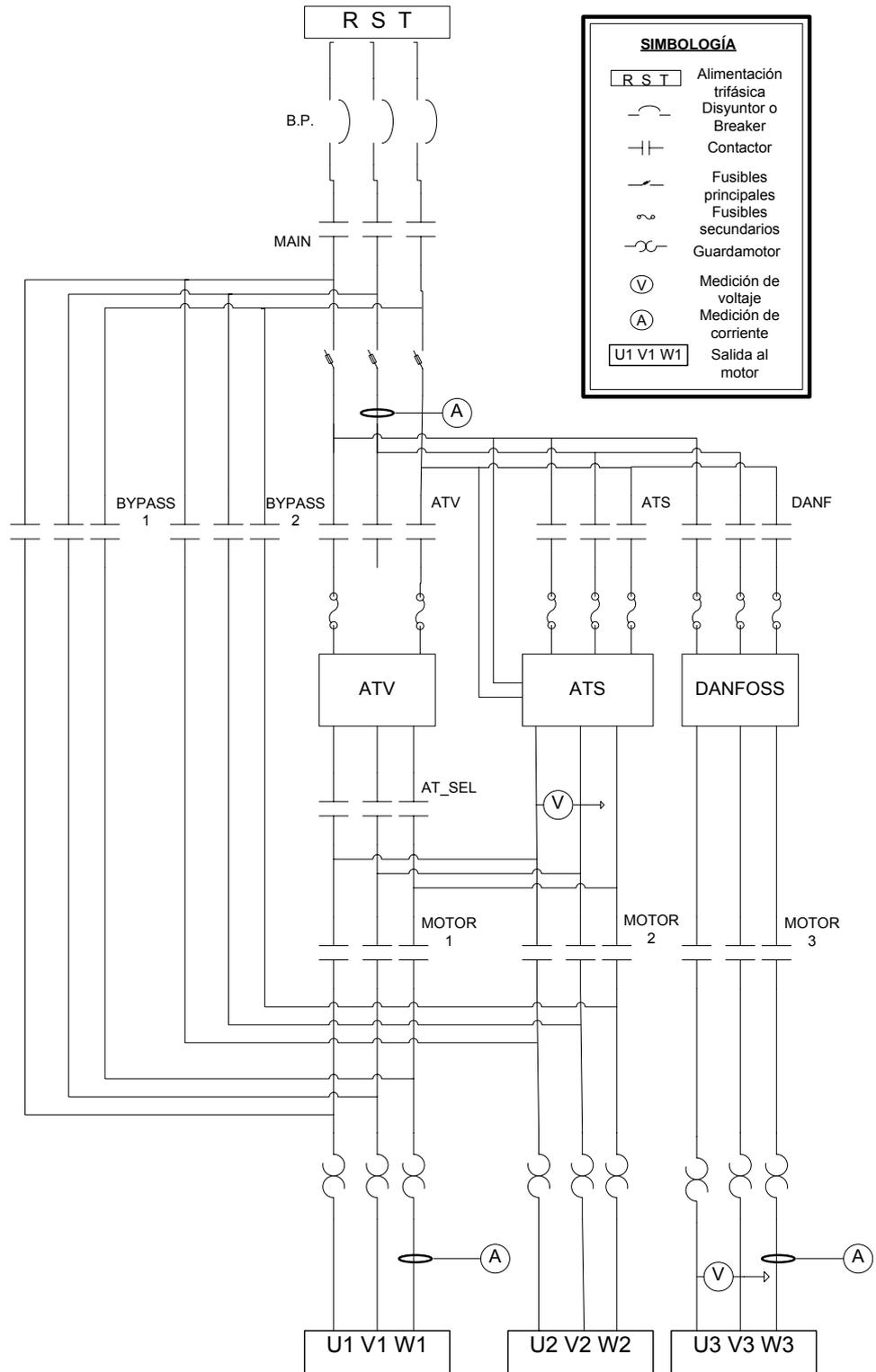
### A.4.2. Conexiones del módulo de entradas SM321



**A.4.3. Conexiones del módulo de salidas SM322**

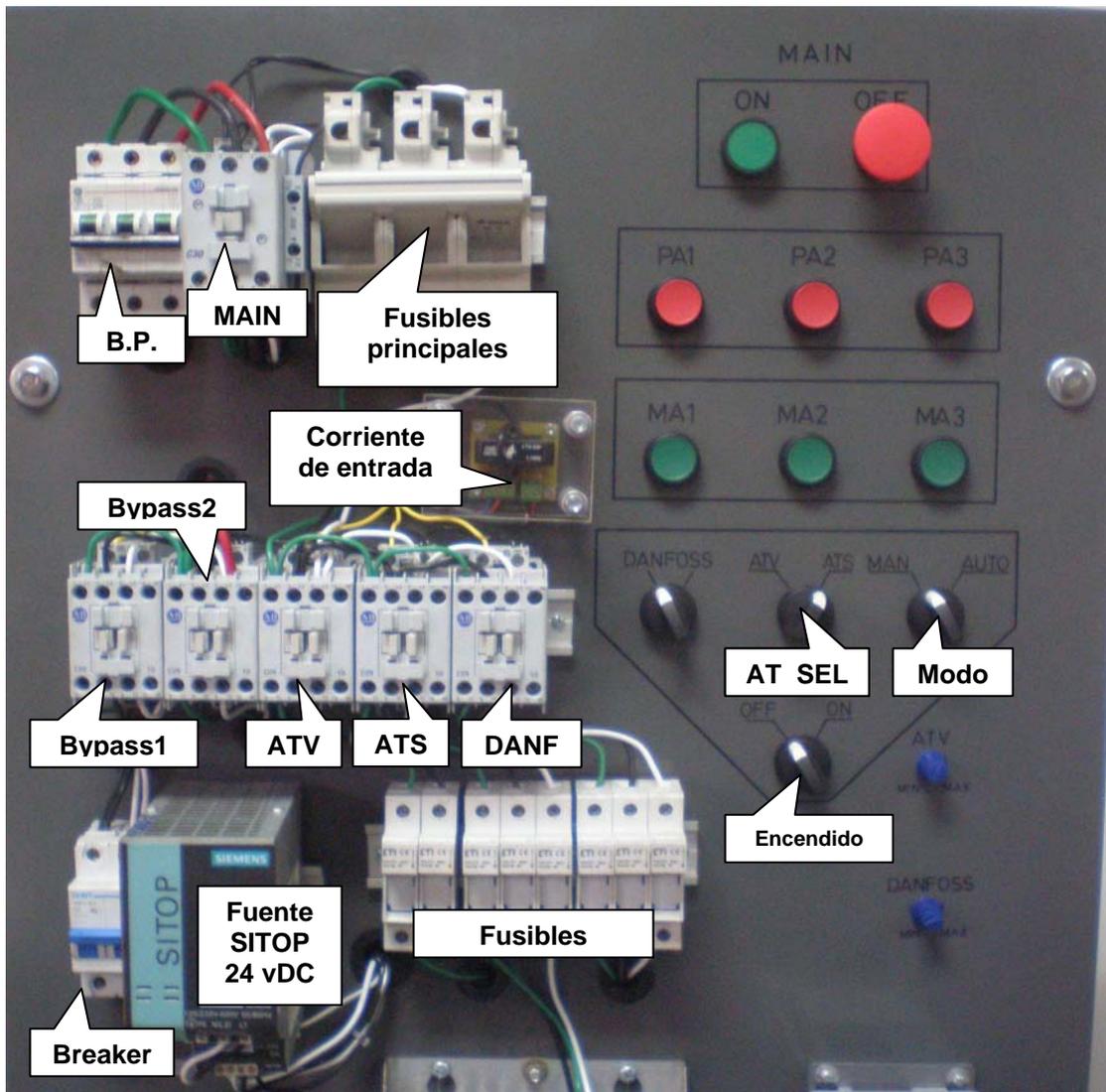


**A.5. Diagrama del circuito de fuerza del panel**

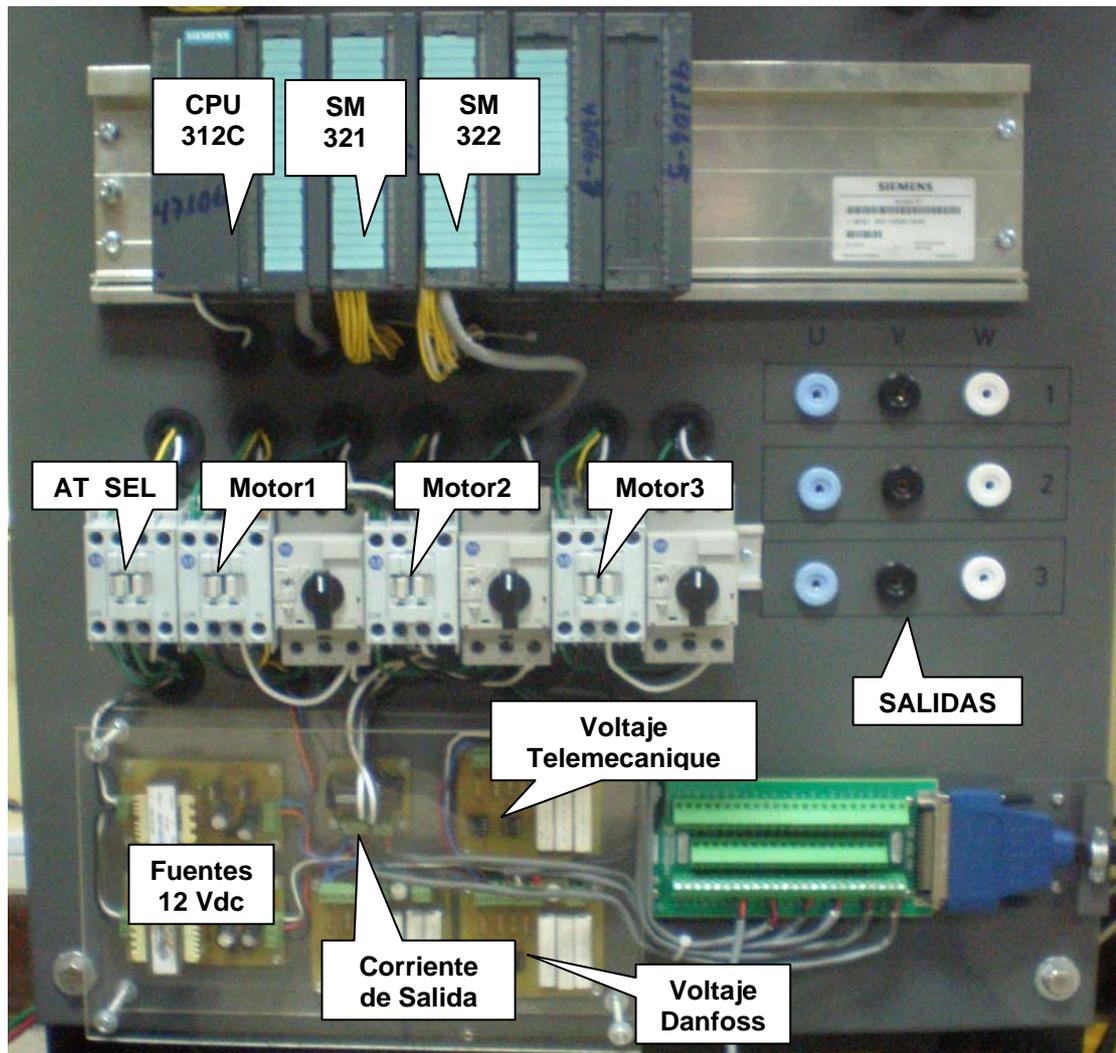


## A.6. Ubicación de dispositivos en el panel



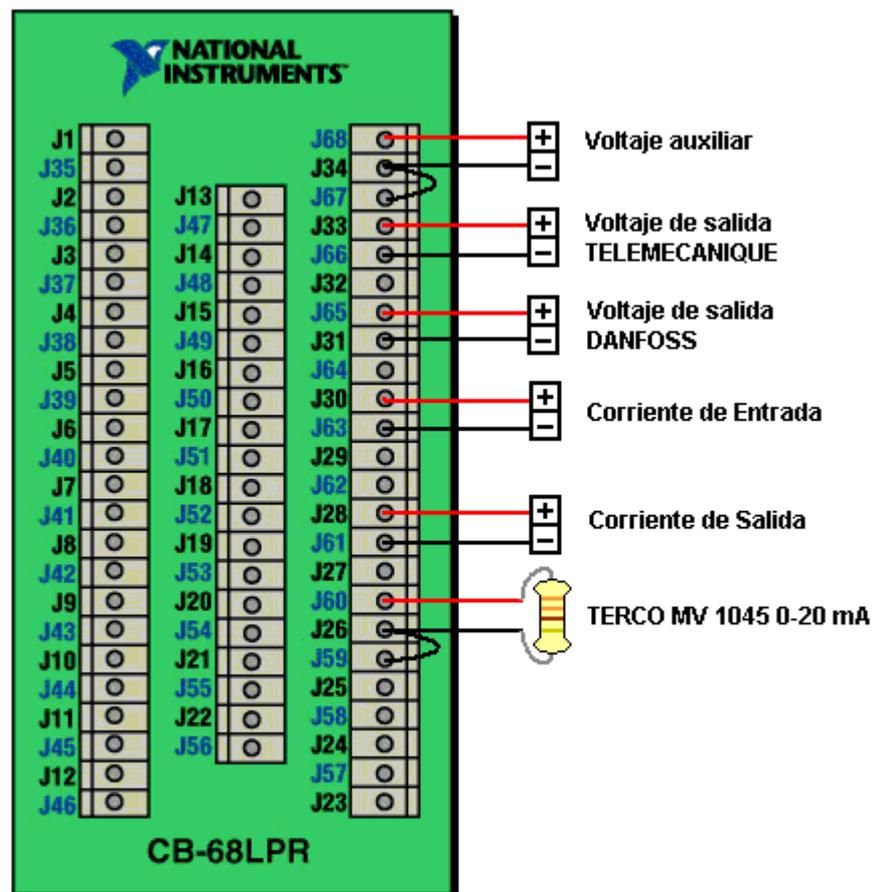






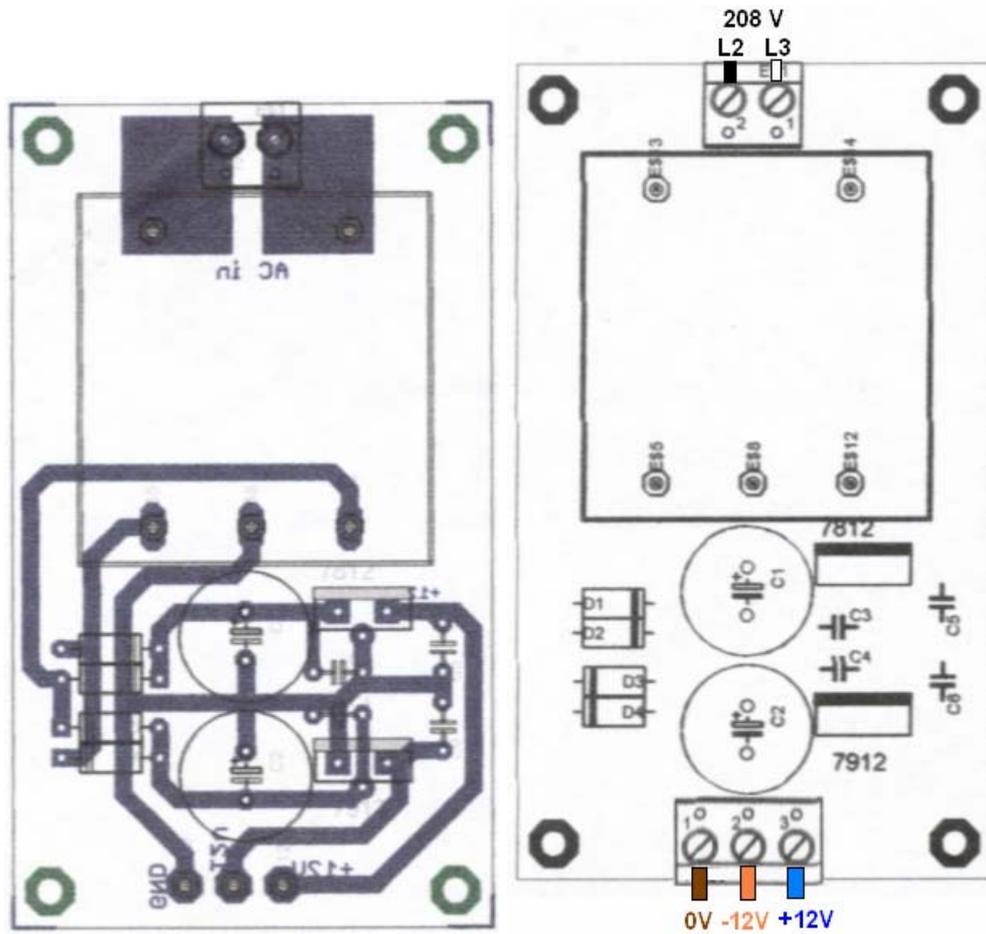
## A.7. Cableado de tarjetas de medición de señales

### A.7.1. Conexiones del bloque conector CB-68LPR de la tarjeta de adquisición NI PCI 6221

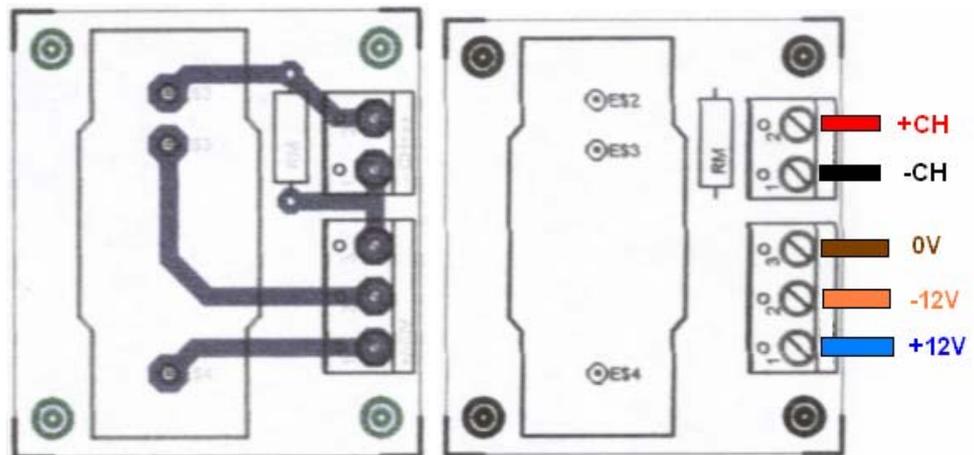


### A.7.2. Conexiones de las tarjetas de acondicionamiento de señal

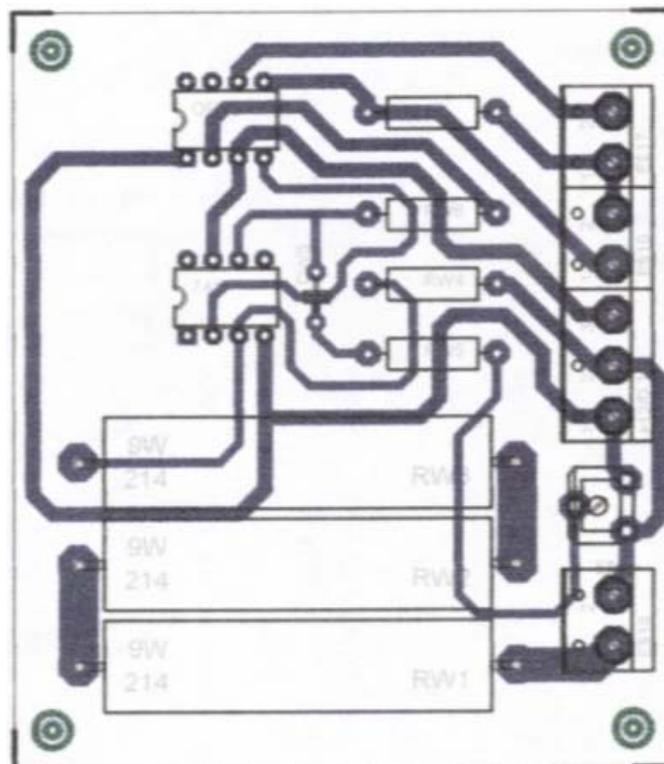
- Fuente de alimentación

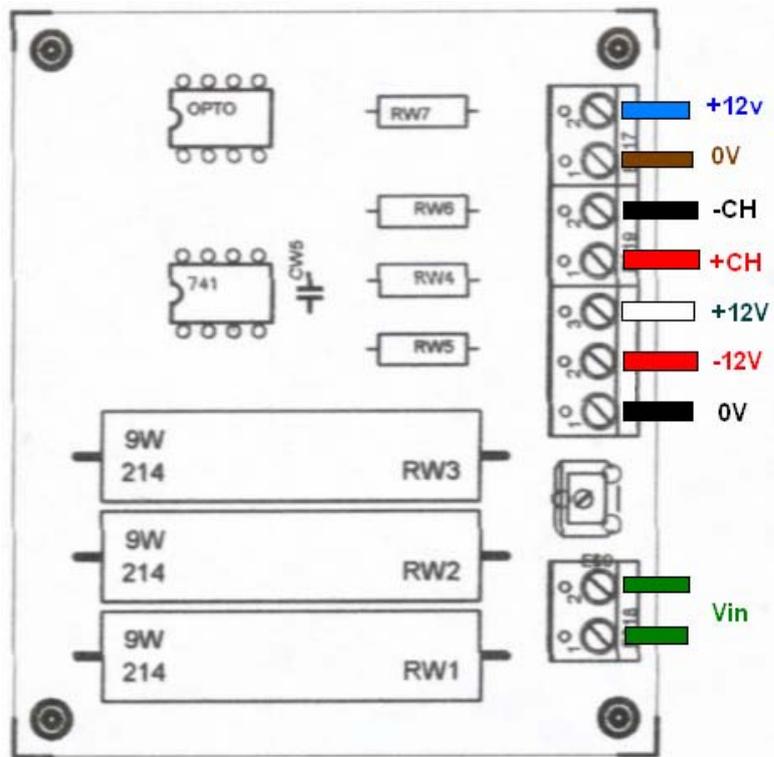


- Medición de corriente



- Medición de voltaje





## **B. GUÍA DE PRÁCTICAS**

### **B.1. Arrancadores suaves: Manejo del equipo ALTISTART 48**

#### **Objetivos**

- Analizar las formas de onda de voltaje y corriente del arrancador suave.
- Obtener las curvas de arranque de corriente, torque y velocidad.
- Conocer los parámetros básicos de operación del arrancador ALTISTAR 48.

#### **Equipos**

- Panel de trabajo JAIVER
- Computador
- Freno de corrientes de Eddy TERCO MV1045
- Motor de inducción jaula de ardilla TERCO MV 1009
- Motor de inducción anillos rozantes TERCO MV 1007

#### **PROCEDIMIENTO**

Encender los breakers principal y de la fuente, y luego presionar el botón MAIN ON, el selector de encendido de los equipos debe estar en la posición OFF. Esperar a que el led RUN del PLC se encienda.

Conectar el estator de los motores en delta.

### **Parametrización**

Observar la corriente nominal del motor jaula de ardilla y compararlo con el valor  $I_n$  del menú SEt del arrancador, mediante las teclas ▲▼ para desplazarse y ENT para entrar.

Anotar los valores y función de los siguientes parámetros:  $I_n$ ,  $I_{Lt}$ , ACC, Sty

### **Ondas de voltaje y corriente en el arranque**

1. Conectar el motor de anillos rozantes a las salidas UVW 1 y el motor jaula de ardilla a UVW 2, respetando el orden de las fases.
2. Colocar el selector DANFOSS en posición izquierda, seleccionar ATS y manual MAN. Luego el selector de encendido a la posición ON.
3. Ejecutar el programa JAIVER, seleccionar la onda Voltaje de Salida TELEMECANIQUE. Para borrar los resultados anteriores dar clic derecho en el gráfico y escoger Clear Chart
4. Arrancar el motor de anillos rozantes presionando el botón MA1, para detenerlo se presiona el botón PA1.
5. Observar la variación del voltaje de salida y la corriente de entrada.
6. Obtener un gráfico de las forma de onda presionando el botón STOP

### **Arranque de varios motores- curvas de arranque**

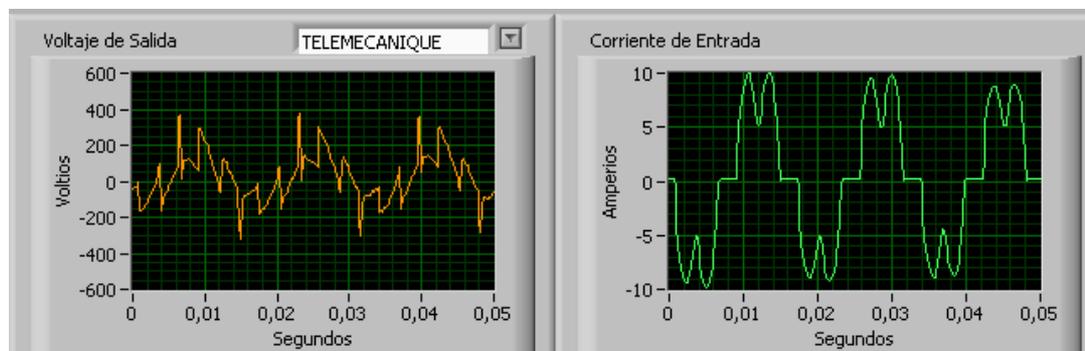
1. Seleccionar modo automático AUTO
2. Conectar la salida de torque del equipo TERCO a la tarjeta de adquisición, encerrar el medidor de torque con la perilla ZERO ADJ. Se

puede incluir carga con la perilla BRAKE FORCE incrementar gradualmente para no exceder la corriente nominal.

3. Ejecutar el programa JAIVER, seleccionar TORQUE
4. Presionar el botón MA1 para arrancar el motor de anillos rozantes, una vez que finalice la rampa de aceleración y el arrancador muestre RDY, presionar MA2 para arrancar el motor jaula de ardilla, para detener los motores presionar PA1 y PA2 respectivamente. Comparar las corrientes máximas de arranque.
5. Conecte el motor jaula de ardilla en las salidas UVW 1 y seleccione modo manual.
6. Obtenga las curvas de arranque de Corriente de entrada RMS y Torque para el motor jaula de ardilla.
7. Conectar la salida de velocidad del equipo TERCO a la tarjeta de adquisición y en el programa JAIVER, seleccionar VELOCIDAD
8. Obtener la curva de velocidad en el arranque.
9. Modificar el parámetro CLP del menú drC del arrancador a OFF, para cambiar el modo de rampa de torque a voltaje y obtener las curvas de arranque.

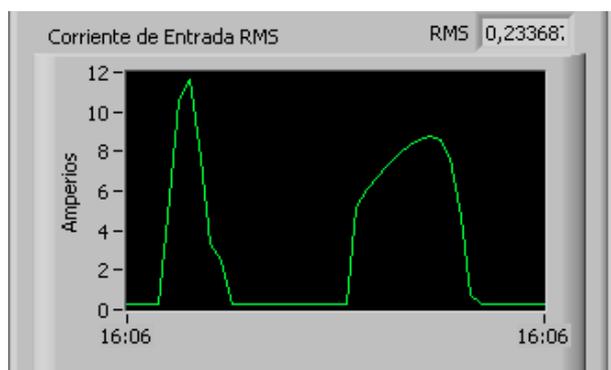
## RESULTADOS

### FORMAS DE ONDA

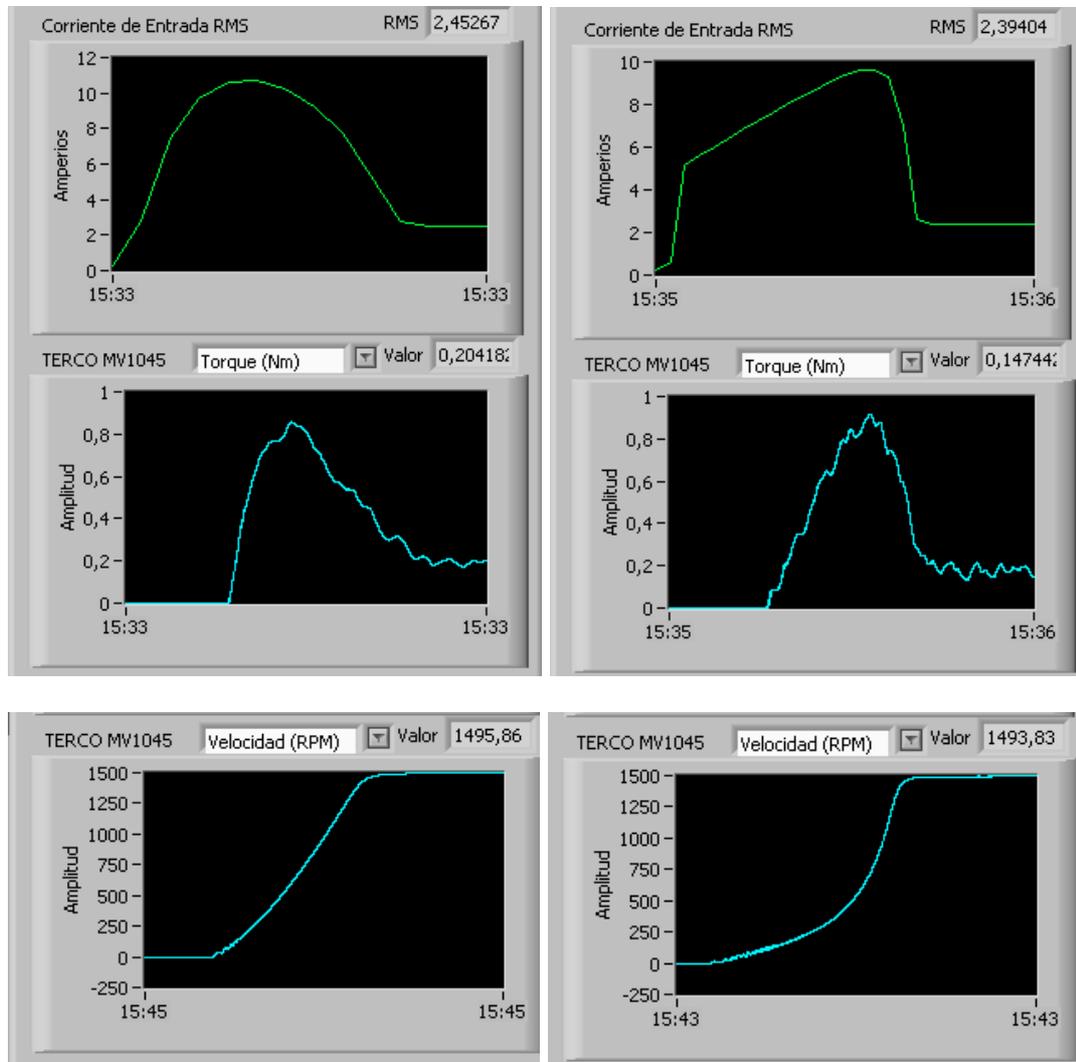


### CURVAS DE ARRANQUE

#### Anillos rozantes – Jaula de ardilla



## Motor Jaula de ardilla



**CLP ON**

**CLP OFF**

## **B.2. Variadores de frecuencia: Manejo del equipo ALTIVAR 31**

### **Objetivos**

- Analizar las formas de onda de voltaje y corriente del variador de frecuencia ALTIVAR 31.
- Obtener las curvas torque, frecuencia y velocidad
- Conocer los parámetros básicos de operación del variador ALTIVAR31.

### **Equipos**

- Panel de trabajo JAIVER
- Computador
- Freno de corrientes de Eddy TERCO MV1045
- Motor de inducción jaula de ardilla TERCO MV 1009

### **PROCEDIMIENTO**

Encender los breakers principal y de la fuente, y luego presionar el botón MAIN ON, el selector de encendido de los equipos debe estar en la posición OFF. Esperar a que el led RUN del PLC se encienda.

Conectar el estator del motor jaula de ardilla en delta.

### **Parametrización**

Observar los datos de placa del motor jaula de ardilla y compararlos con los parámetros del menú drC del ALTIVAR, usando las teclas ▲▼ para desplazarse y ENT para entrar.

Anotar los valores y función de los siguientes parámetros: UnS, FrS, nCr, nSP, COS.

### **Formas de onda de voltaje y corriente**

7. Conectar el motor jaula de ardilla a los terminales UVW 2 del panel, respetando el orden de las fases.
8. Colocar el selector DANFOSS en posición izquierda, seleccionar ATV y manual MAN. Luego el selector de encendido a la posición ON.
9. Ejecutar el programa JAIVER, seleccionar la onda Voltaje de Salida TELEMECANIQUE. Para borrar los resultados anteriores dar clic derecho en el gráfico y escoger Clear Chart
10. Arrancar el motor presionando el botón MA1, para detenerlo se presiona el botón PA1 y para realizar inversión de giro el botón PA2. Utilizar el potenciómetro ATV para variar la frecuencia de salida.
11. Setear la frecuencia de salida a 45 Hz, observar las formas de onda del voltaje de salida, corriente de entrada y corriente de salida, también las curvas de corriente de arranque y los armónicos del voltaje de salida
12. Obtener un gráfico de las forma de onda presionando el botón STOP

### Curva Frecuencia vs. Velocidad

1. Girar el potenciómetro ATV a la posición MIN
2. Construir una tabla Frecuencia de salida del variador vs. Velocidad medida por el equipo TERCO MV 1045, utilizando las frecuencias preseleccionadas realizando todas las combinaciones de los botones MA2, MA3, PA3.

MA3	PA3	MA2	Frecuencia	Velocidad
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

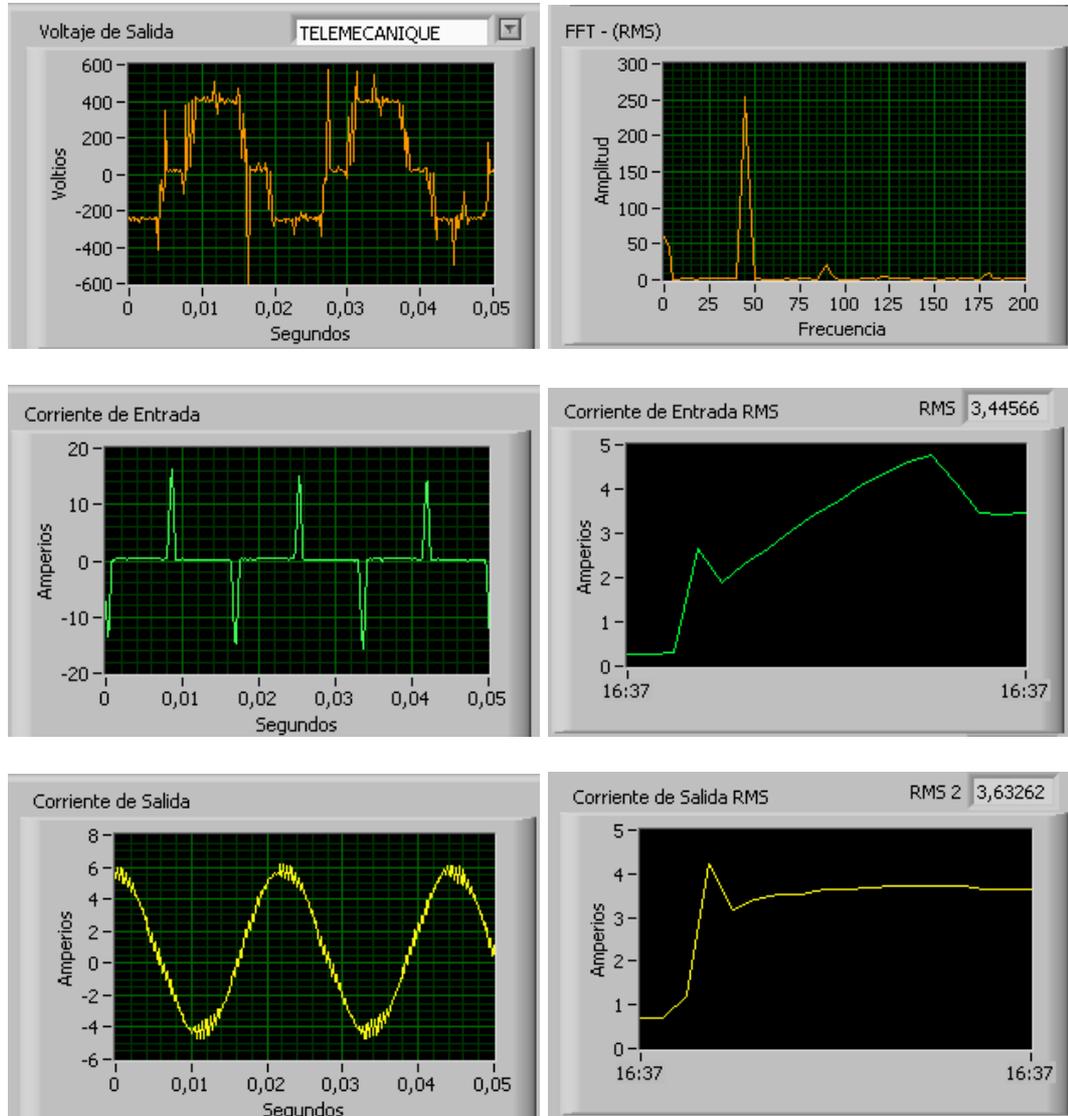
3. Elaborar el gráfico Frecuencia vs. Velocidad con los resultados obtenidos.

### Secuencia automática

1. Seleccionar modo automático AUTO.
2. Ejecutar el programa JAIVER y dar marcha al motor presionando MA1, observar las curvas de frecuencia y velocidad (TERCO). Obtener la curva de frecuencia y determinar el orden de la secuencia.

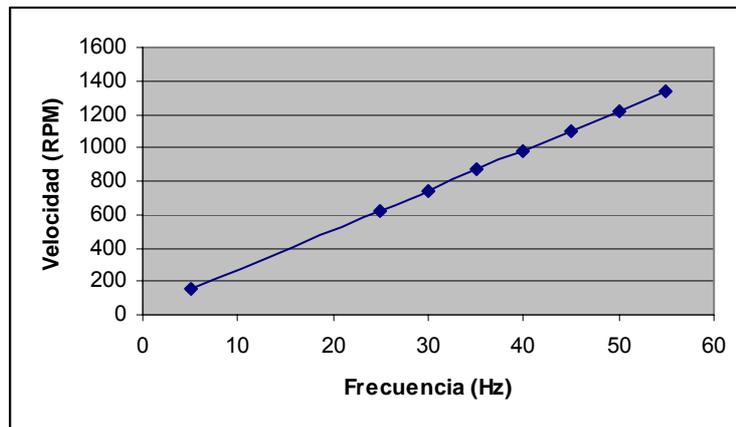
## RESULTADOS

### Formas de onda

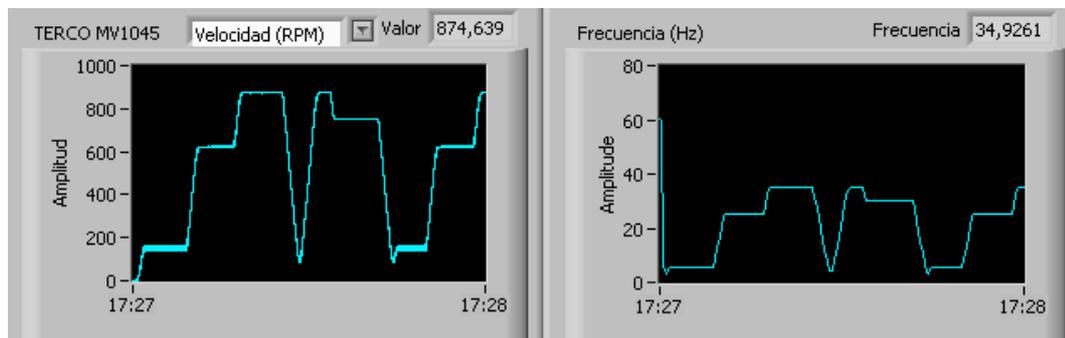


## Curva Frecuencia vs. Velocidad

Frecuencia	Velocidad
Hz	RPM
5	160
25	620
30	740
35	870
40	980
45	1100
50	1220
55	1340



## Secuencia automática



### **B.3. Variadores de frecuencia: Manejo del equipo Danfoss FC 302**

#### **Objetivos**

- Analizar las formas de onda de voltaje y corriente del variador de frecuencia Danfoss FC 302.
- Obtener las curvas torque, frecuencia y velocidad
- Conocer los parámetros básicos de operación del variador Danfoss FC 302.

#### **Equipos**

- Panel de trabajo JAIVER
- Computador
- Freno de corrientes de Eddy TERCO MV1045
- Motor de inducción jaula de ardilla TERCO MV 1009

#### **PROCEDIMIENTO**

Encender los breakers principal y de la fuente, y luego presionar el botón MAIN ON, el selector de encendido de los equipos debe estar en la posición OFF. Esperar a que el led RUN del PLC se encienda.

Conectar el estator del motor jaula de ardilla en delta.

### **Parametrización**

Observar los datos de placa del motor jaula de ardilla y compararlos con los ajustes rápidos presionando el botón QUICK MENU del variador Danfoss, usando las teclas ▲ ▼ para desplazarse y OK para entrar.

Anotar el valor de los parámetros.

### **Formas de onda de voltaje y corriente**

1. Conectar el motor jaula de ardilla a los terminales UVW 3 del panel, respetando el orden de las fases.
2. Colocar el selector DANFOSS en posición derecha, seleccionar ATS. Luego el selector de encendido a la posición ON. Presionar el botón Auto On del variador.
3. Ejecutar el programa JAIVER, seleccionar la onda Voltaje de Salida DANFOSS. Para borrar los resultados anteriores dar clic derecho en el gráfico y escoger Clear Chart. Incrementar la frecuencia de muestreo a 8000 Hz.
4. Arrancar el motor presionando el botón MA1, para detenerlo se presiona el botón PA1 y para realizar inversión de giro el botón PA2. Utilizar el potenciómetro DANFOSS para variar la frecuencia de salida.
5. Setear la frecuencia de salida a 50 Hz, observar las formas de onda del voltaje de salida, corriente de entrada y corriente de salida, también las curvas de corriente de arranque y los armónicos del voltaje de salida
6. Obtener un gráfico de las forma de onda presionando el botón STOP

### Curva Frecuencia vs. Velocidad

1. Presionar el botón Hand On, incrementar la frecuencia mediante las teclas de navegación.
2. Construir una tabla Frecuencia de salida del variador vs. Velocidad medida por el equipo TERCO MV 1045, incrementando la frecuencia en pasos de 5 Hz, de 10 a 45 Hz.

Frecuencia	Velocidad
10	
15...	
45	

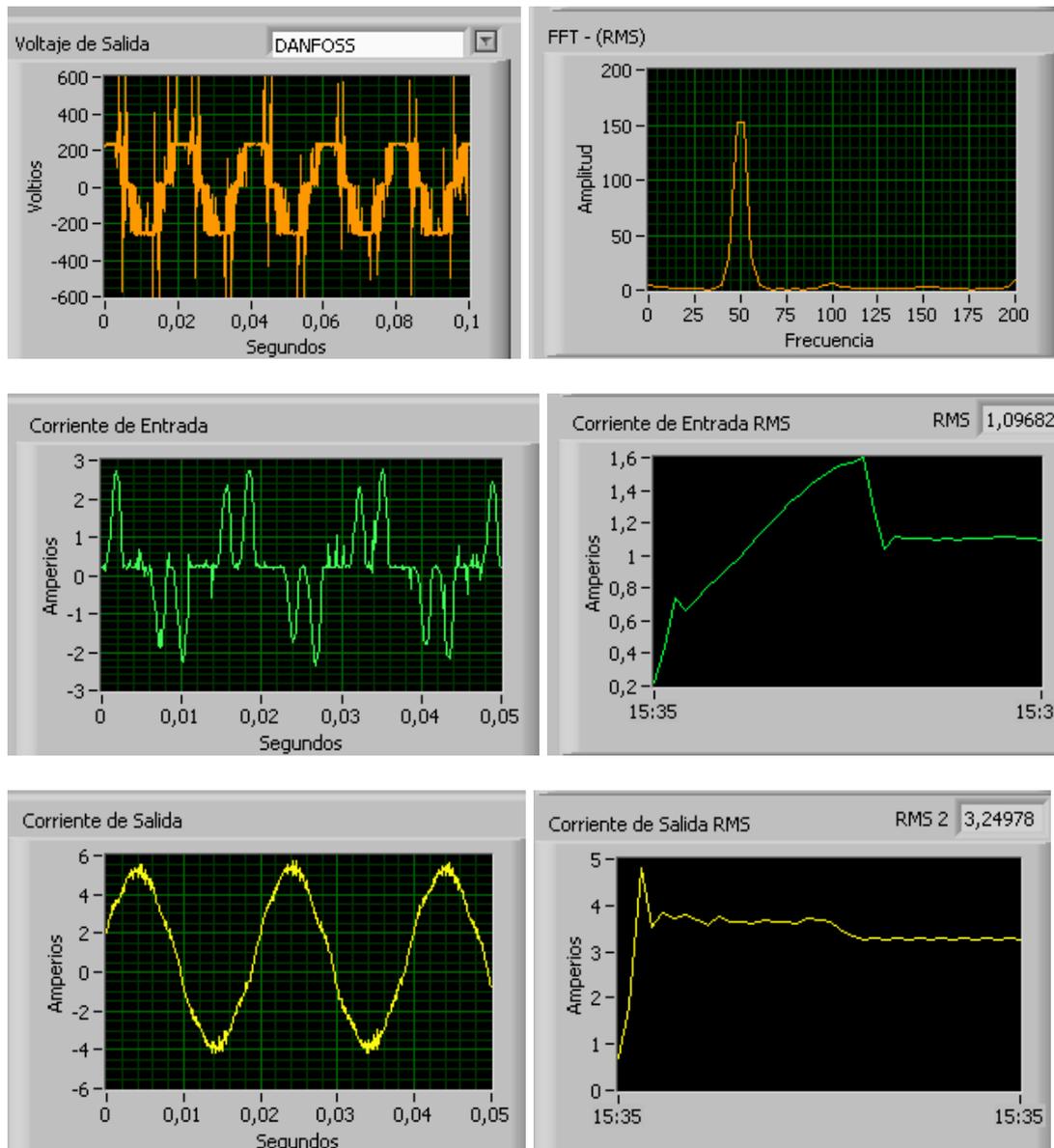
3. Elaborar el gráfico Frecuencia vs. Velocidad con los resultados obtenidos.

### Secuencia automática

1. Presionar el botón MAIN MENU, seleccionar 13-\*\* Lógica Inteligente
2. Escoger Si en Ajustes SLC > Modo Controlador SL
3. Ingresar a 13-5\* Estados, anotar cada evento y acción del 1 al 15.
4. Presionar el botón Auto On, colocar el potenciómetro DANFOSS en la posición MIN y luego dar marcha con MA1. Se puede observar los estados presionando el botón Status del variador.
5. Ejecutar el programa JAIVER, cambiar la frecuencia de muestreo a 5000 Hz, observar las curvas de frecuencia y velocidad. Obtener la curva de frecuencia y compararla con la secuencia de estados del variador.

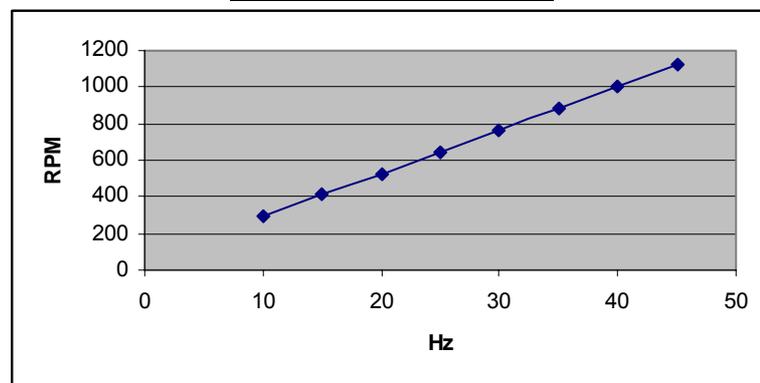
## RESULTADOS

### Formas de onda



### Curva Frecuencia vs. Velocidad

Frecuencia	Velocidad
Hz	RPM
10	300
15	410
20	520
25	640
30	760
35	880
40	1000
45	1120



### Control de Lógica Inteligente

