



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“DOTACIÓN Y APLICACIÓN DE UN MÓDULO CON  
VARIADOR DE VELOCIDAD PARA SIMULACIÓN DE  
CONTROL DE ARRANQUE Y VELOCIDAD DEL MOTOR  
DE UNA GRÚA PARA EL LABORATORIO DE CONTROL  
INDUSTRIAL”**

**XAVIER ORLANDO GAGUANCELA VARGAS  
GEOCONDA GABRIELA SÁEZ LAYEDRA**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2011**

**Espoch**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Octubre, 24 de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**XAVIER ORLANDO GAGUANCELA VARGAS  
GEOCONDA GABRIELA SÁEZ LAYEDRA**

---

Titulada:

**“DOTACIÓN Y APLICACIÓN DE UN MÓDULO CON VARIADOR DE  
VELOCIDAD PARA SIMULACIÓN DE CONTROL DE ARRANQUE Y  
VELOCIDAD DEL MOTOR DE UNA GRÚA PARA EL LABORATORIO DE  
CONTROL INDUSTRIAL”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

Ing. Geovanny Novillo A.

---

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco Santillán  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. César Astadillo  
ASESOR DE TESIS

**Espoch**

---

## **CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** XAVIER ORLANDO GAGUANCELA VARGAS

GEOCONDA GABRIELA SÁEZ LAYEDRA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DOTACIÓN Y APLICACIÓN DE UN MÓDULO CON VARIADOR DE VELOCIDAD PARA SIMULACIÓN DE CONTROL DE ARRANQUE Y VELOCIDAD DEL MOTOR DE UNA GRÚA PARA EL LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL”

**Fecha de Exanimación:** Octubre 24 de 2011.

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
ING. CARLOS SANTILLÁN M. (Presidente Trib. Defensa)			
ING. MARCO SANTILLÁN (Director de Tesis)			
ING. CÉSAR ASTUDILLO (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

---

**RECOMENDACIONES:**

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f) Xavier Orlando Gaguancela Vargas

---

f) Geoconda Gabriela Sáez Layedra

## **AGRADECIMIENTO**

Hago llegar un profundo agradecimiento primero a mi señor Jesucristo por darme la fortaleza y la constancia para cumplir mis objetivos propuestos, a mis padres por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo, a la Facultad de Mecánica y especialmente a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, que mediante sus autoridades y docentes me brindaron una sólida formación universitaria y lograron que culmine con éxito una más de mis etapas académicas.

**Xavier Orlando Gaguancela Vargas**

Este trabajo constituye la culminación de una etapa de mi vida que me abre las puertas hacia nuevos horizontes, que no hubiese podido alcanzar sin el apoyo de mi familia.

Quiero agradecer especialmente a mis padres, Manuel y Mariana que nunca dejaron de apoyarme durante estos largos años de estudio, también a mi hermano Alex y a mis hermanas Alexandra, Yessica y Lorena. Gracias por su amor y apoyo incondicional.

Especial mención merece el Ing. Marco Santillán y el Ing. César Astudillo quienes dirigieron el trabajo realizado y, que gracias a sus consejos y conocimientos este proyecto pudo llegar aún exitoso final.

A Rodrigo por sus consejos y directrices en cada momento, por su ánimo, apoyo y comprensión. Gracias por formar parte de mi vida.

Finalmente quisiera agradecer la colaboración de todos quienes contribuyeron para el desarrollo de la tesis y que siempre estuvieron presentes cuando se necesitó su ayuda.

**Geoconda Gabriela Sáez Layedra**

## **DEDICATORIA**

El momento en que el ser humano culmina una meta, es cuando se detiene a hacer un recuento de todas las ayudas recibidas, de las voces de aliento, de las expresiones de amor y comprensión; es por eso que dedico éste triunfo estudiantil a Dios por guiar mis pasos y ayudarme a superar los obstáculos que se me presentaron a lo largo del camino; a mis queridos padres quienes con su infinita adhesión me han brindado todo su apoyo sin escatimar sacrificio alguno; en general a toda mi familia que de una u otra manera contribuyeron para el logro de mi carrera y por último quiero dedicar este logro a todos nuestros amigos testigos de nuestros triunfos y fracasos.

**Xavier Orlando Gaguancela Vargas**

A mis padres y hermanos con mucho amor y respeto todo mi esfuerzo y dedicación impregnado en este documento.

**Geoconda Gabriela Sáez Layedra**

## TABLA DE CONTENIDOS

### CAPÍTULO PÁGINA

#### **1. GENERALIDADES**

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2

#### **2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

2.1	El motor Asíncrono.....	3
2.1.1	Principio de funcionamiento de los motores asíncronos.....	4
2.1.2	Características eléctricas principales.....	5
2.1.3	Consecuencias de la variación de tensión o frecuencia sobre un motor Asíncrono.....	5
2.1.4	Sistemas de arranque de los motores trifásicos asíncronos.....	6
2.1.4.1	Arranques del motor de inducción de rotor bobinado.....	7
2.1.4.2	Arranques del motor de inducción jaula de ardilla.....	7
2.2	Variador de velocidad.....	12
2.2.1	Ventajas y desventajas de los variadores de velocidad.....	12
2.2.2	Composición del variador de velocidad.....	12
2.2.3	Aplicaciones de los variadores de velocidad.....	16
2.2.4	Funciones de los variadores de velocidad.....	18
2.2.5	Principales tipos de variadores de velocidad.....	18

#### **3. APLICACIÓN DEL MÓDULO DE VARIADOR DE VELOCIDAD**

3.1	Presentación del módulo con variador de velocidad ATV 312HO75M3...	20
3.2	Diagrama eléctrico y elementos del módulo didáctico.....	22
3.2.1	Selector.....	22
3.2.2	Luz pilotos.....	23
3.2.3	Guarda-motor Telemecanique.....	23

3.2.4	Pulsador de seta “paro de emergencia”.....	24
3.2.5	Potenciómetro.....	24
3.2.6	Transformadores, amperímetro y conmutador de 3 posiciones.....	24
3.2.7	Contactores.....	25
3.3	Guía de explotación del variador de velocidad Altivar 312HO75M3.....	25
3.3.1	Cableado.....	26
3.3.2	Funciones básicas.....	28
3.3.3	Funciones de aplicación de las entradas y salidas configurables.....	29
3.3.4	Configuración de fábrica.....	35
3.3.5	Programación.....	37
3.3.5.1	Funciones del visualizador y las teclas.....	37
3.3.5.2	Acceso a los menús.....	38
3.3.5.3	Acceso a los parámetros.....	39
3.3.5.4	Menú de asignación de las entradas y salidas.....	39
3.3.5.5	Menú accionamiento [CONTROL MOTOR].....	43
3.3.5.6	Menú [AJUSTES].....	47
3.3.5.7	Menú [SUPERVISIÓN].....	51
3.4	Pruebas de funcionamiento y arranque de los motores asíncronos con y sin variador.....	53
3.4.1	Arranque directo.....	53
3.4.2	Arranque estrella-triángulo.....	55
3.4.3	Arranque con variador de velocidad.....	55
3.4.3.1	Arranque y regulación del motor jaula de ardilla con el variador de velocidad ATV312HO75M3.....	55
3.4.3.2	Arranque y regulación del motor de rotor bobinado con el variador de velocidad ATV312HO75M3.....	56
3.4.3.3	Parada controlada por inyección de CC en el motor jaula de ardilla con el variador de velocidad ATV312HO75M3.....	57
3.4.3.4	Aplicación de aproximación en el motor jaula de ardilla con el variador de velocidad ATV312HO75M3.....	57
3.5	Elaboración del manual de mantenimiento del módulo.....	57
3.5.1	Mantenimiento y manipulación del Altivar 32.....	57
3.5.2	Fallos. Causas. Soluciones.....	58



3.5.2.1	El variador no arranca y no muestra ningún fallo.....	58
3.5.2.2	Fallos no rearmables automáticamente.....	59
3.5.2.3	Fallos rearmables con la función de rearmado automático una vez eliminada la causa.....	60
3.5.2.4	En caso de no funcionamiento sin visualización de fallo.....	61
3.6	Elaboración del manual de prácticas de laboratorio.....	62
3.6.1	PRÁCTICA N° 01.....	62
3.6.2	PRÁCTICA N° 02.....	66
3.6.3	PRÁCTICA N° 03.....	69
3.6.4	PRÁCTICA N° 04.....	71
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
4.1	Conclusiones.....	74
4.2	Recomendaciones.....	75

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS  
BIBLIOGRAFÍA  
LINKOGRAFÍA  
ANEXOS

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
3.1 Funciones de los bornes de potencia.....	26
3.2 Funciones de los bornes de control.....	27
3.3 Tabla de compatibilidad de las funciones.....	35
3.4 Tabal de configuración de fábrica.....	36
3.5 Tabla Menú [ENTRADAS/SALIDAS] (I-O-).....	40
3.6 Tabla Menú [CONTROL MOTOR] (drC-).....	44
3.7 Tabla Menú [AJUSTES] (Set-).....	47
3.8 Tabla Menú [SUPERVISIÓN] (SUP-).....	51
3.9 Datos de placa del motor de inducción jaula de ardilla.....	52
3.10 Datos de placa del motor de inducción de rotor bobinado.....	52
3.11 Resultados del arranque directo del motor de inducción de jaula de ardilla.....	53
3.12 Resultados del arranque directo del motor de inducción de rotor bobinado.....	53
3.13 Resultados del arranque delta con motor de inducción jaula de ardilla.....	54
3.14 Resultados del arranque con variador del motor de inducción de jaula de ardilla .....	55
3.15 Resultados del arranque con variador del motor de inducción de rotor bobinado.....	55
3.16 Fallos no rearmables automáticamente.....	58
3.17 Fallos rearmables con la función de re arranque automático una vez eliminada la causa.....	59
3.18 En caso de no funcionamiento sin visualización de fallo.....	60
3.19 Resultados del arranque del motor jaula de ardilla con el variador de velocidad ATV312HO75M3.....	64
3.20 Resultados del arranque del motor de rotor bobinado con el variador de velocidad ATV312HO75M3.....	67

## LISTA DE FIGURAS

### FIGURA PÁGINA

2.1	Motor Asíncrono.....	3
2.2	Funcionamiento del motor Asíncrono.....	5
2.3	Arranque por resistencias en el rotor.....	7
2.4	Circuito de potencia y mando del arranque directo.....	8
2.5	Circuito de potencia y mando para el arranque estrella-triángulo.....	9
2.6	Estructura general de un variador de velocidad.....	13
2.7	Componentes de potencia.....	14
2.8	Símbolos de los principales tipos de variadores.....	19
3.1	Vista frontal del módulo didáctico con la caja cerrada.....	20
3.2	Vista frontal del módulo didáctico con la caja abierta.....	20
3.3	Vista L.I del módulo didáctico con la caja abierta.....	21
3.4	Vista inferior del módulo didáctico con la caja cerrada.....	21
3.5	Módulo en funcionamiento.....	21
3.6	Diagrama eléctrico del módulo didáctico con variador ATV312HO75M3.....	22
3.7	Selector de 3 posiciones.....	22
3.8	Pilotos luminosos.....	23
3.9	Guarda-motor Telemecanique.....	23
3.10	Pulsador de seta.....	24
3.11	Potenciómetro.....	24
3.12	Transformador, amperímetro y conmutador.....	24
3.13	Contactores.....	25
3.14	Variador ATV312HO75M3.....	26
3.15	Esquema de cableado del ATV312.....	28
3.16	Curvas de protección térmica del motor.....	29
3.17	Curvas de protección térmica del variador.....	29
3.18	Esquema de cableado en mando 2 hilos.....	30
3.19	Esquema de cableado en mando 3 hilos.....	30
3.20	Esquema de velocidades preseleccionadas.....	31

3.21	Ejemplo de funcionamiento en marcha paso a paso.....	32
3.22	Esquema de conexión para conmutación de consigna.....	33
3.23	Esquema de conexión para regulador PI.....	34
3.24	Descripción del IHM.....	37
3.25	Diagrama de acceso a los menús.....	38
3.26	Diagrama de acceso a los parámetros.....	39
3.27	Diagrama de acceso a los parámetros de entradas y salidas.....	39
3.28	Diagrama de acceso al menú de accionamiento.....	43
3.29	Diagrama de acceso al menú de ajustes.....	46
3.30	Diagrama de acceso al menú de supervisión.....	50
3.31	Diagrama de conexión del motor jaula de ardilla.....	63
3.32	Diagrama de conexión del motor de rotor bobinado.....	66
3.33	Diagrama de conexión del motor de inducción jaula de ardilla.....	70
3.34	Diagrama de conexión del motor de inducción jaula de ardilla.....	72

## LISTA DE ABREVIACIONES

A	Amperio
ACC	Rampa Aceleración
AIC	Entrada analógica de tensión
bFr	Frecuencia estándar del motor
CA	Corriente alterna
CC	Corriente continua
COM	Comunicación
COS $\varphi$	Factor de potencia
CtL	Control
DEC	Rampa desaceleración
dCI	Asignación inyección DC
drC	Control Motor
EEF	Fallo interno
FLO	Forzado Local
FLt	Gestión de Fallos
Fr1	Canal Ref. 1
Frs	Frecuencia Nominal del Motor
FrH	Referencia frecuencia
FSt	Parada rápida
FUn	Funciones Aplicación
GTO	GTO Gate Turn off Thyristor
HSP	Velocidad máxima
Hz	Hertzios
InF	Fallo interno
I-0-	Entradas-Salidas
JOG	Marcha paso a paso
JGF	Frecuencia JOG
Khz	Kilo-hertz
Kw	Kilo-vatios
LED	Diodo luminiscente
LBF-PLG	Libras fuerza pulgadas

LI	Entrada Lógica
LCr	Intensidad de motor
LFr	Ref. Frec. Consola
LSP	Velocidad mínima
mA	Miliamperios
nSt	Parada rueda libre
nsP	Velocidad Nominal del Motor
nCr	Intensidad Nominal del Motor
ObF	Sobretensión en funcionamiento o en desaceleración
OPF	Perdida fase motor
OCF	Sobreintensidad
OHF	Sobrecarga del variador
OLF	Sobrecarga del motor
OPr	Potencia salida motor
OPL	Perdida fase de motor
OSF	Sobretensión
PHF	Fallo de fase de la red en carga
rdy	Variador Listo
rEF	Referencia Velocidad
rrS	Asig. Marcha Atrás
rFr	Frecuencia de salida
RI	Asignación R1
RPM	Revoluciones por minuto
SCF	Cortocircuito del motor
SdCI	Nivel Int. DC auto. 1
SEt	Ajustes
SFr	Frecuencia de corte
SOF	Sobrevelocidad
Stt	Tipo de parada
StC	Modos de parada
SUP	Supervisión
tCC	Control 2/3 hilos
tnF	Error de autoajuste

tHr	Estado térmico motor
USF	Subtensión
ULn	Tensión de red
Uns	Tensión Nominal Motor
V	Voltios
W	Watts

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO 1:** Pruebas de buen funcionamiento
- ANEXO 2:** Normativa para instalaciones interiores de motores
- ANEXO 3:** Precauciones de montaje y de instalación
- ANEXO 4:** Bornes de potencia
- ANEXO 5:** Bornero de control
- ANEXO 6:** Compatibilidad electromagnética (CEM)
- ANEXO 7:** Elección de un variador guía de elección del Altivar 312
- ANEXO 8:** Construcción final del módulo de variador de velocidad



## RESUMEN

Se ha adquirido y utilizado un módulo con variador de frecuencia para el control de velocidad de motores asincrónicos para el laboratorio de Control Industrial, que permite el control de velocidad en motores trifásicos. Con este equipo se pretende familiarizar e instruir a los estudiantes en el uso del variador mediante el desarrollo de prácticas y pruebas del módulo.

Este documento y el módulo al que acompaña se refieren exclusiva y directamente al mando, protección y control de velocidad de motores asíncronos de jaula de ardilla y esto centrado en el variador ATV312HO75M3 del distribuidor Schneider, que actúa directamente sobre el motor.

El variador de velocidad ATV312HO75M3 permite al motor su aceleración y desaceleración progresivamente además de adaptar su velocidad a las condiciones de explotación de forma muy precisa y sencilla.

En el motor asincrónico jaula de ardilla, se emplean variadores de tipo convertidor de frecuencia que hace que su velocidad sea prácticamente insensible a perturbaciones, por tal razón se realiza este documento donde se muestra que se puede controlar su marcha hacia adelante y hacia atrás (mando 2 hilos/3 hilos), su parada mediante el frenado por inyección de CC, conmutación de rampas, velocidades preseleccionadas, marcha paso a paso (JOG), esta última permite simular el funcionamiento del puente grúa, práctica principal del documento.

Se recomienda tomar en cuenta normas de seguridad del Altivar, debido al trabajo con tensiones elevadas y leer su guía de explotación antes de ponerlo en tensión.

## SUMMARY

A module with frequency variation device has been acquired and used for the Speed control of asynchronous motors for the industrial Control Lab which permits the Speed control in three-phased motors. With this equipment it is intended to familiarize and instruct the students in the use of the variation device through the development of practices and testing of the module.

This document together with the module refer exclusively and directly to the command, protection and Speed control of asynchronous motor of squirrel cage or this is centered in the variation device ATV312HO75M3 of the Schneider distributor which acts directly on the motor.

The speed variation device ATV312HO75M3 permits the motor its acceleration and slowing down progressively besides adapting its Speed to operation conditions very accurately and simply.

In the squirrel cage asynchronous motor variation devices of the frequency converter type which makes the Speed be practically insensible to disturbances, are used; for this reason this document is carried out where it is shown that it is possible to control its drive forward and backward (two-thread/ three-thread command) its stop through CC injection braking, ramp commutation, preselected Speed and step-to step drive (JOG); the latter permits to simulate the functioning of the crane bridge, main practice of the document.

It is recommended to take into account security norms of the Altivar because of the work with elevated tensions and read the operation guide before putting it into tension.

## **CAPÍTULO I**

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

Los variadores de velocidad para motores asíncronos trifásicos aumentan día a día las prestaciones de los motores asíncronos utilizados a velocidad variable. Tradicionalmente, las aplicaciones que requerían prestaciones de accionamiento de alto nivel recurrían a soluciones basadas en motores de corriente continua. En la actualidad, las técnicas de Control Vectorial de Flujo (CVF) permiten utilizar igualmente motores asíncronos.

El CVF amplía el rango de funcionamiento de los motores asíncronos hacia velocidades muy bajas. Si el motor dispone de un captador de posición y, eventualmente, de una ventilación forzada, el par nominal puede suministrarse incluso en el momento de la parada, con un par transitorio máximo igual a 2 o 3 veces el par nominal, dependiendo del tipo de motor. Asimismo, la velocidad máxima suele alcanzar el doble de la velocidad nominal, o más si la mecánica del motor lo permite.

Tomando en cuenta estos antecedentes se ha visto conveniente implementar un nuevo módulo con variador de velocidad para el control de arranque y velocidad de trabajo de motores que son ideales para una variedad de aplicaciones en las industrias, con esto se logrará actualizar conocimiento científico y tecnológico en el desarrollo integral de los estudiantes.

#### **1.2 Justificación**

La Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo actualmente cuenta con un laboratorio de Control Industrial, sabiendo que el desarrollo de la tecnología avanza a pasos agigantados, surge la necesidad de ir renovando y actualizando los diferentes equipos y materiales utilizados en este laboratorio con un módulo de variador de velocidad para el control de velocidad de motores trifásicos que permita al estudiante de la Facultad de Mecánica y sus diversas escuelas satisfacer los requerimientos del sector productivo de nuestro país que se encuentra en vías de desarrollo.

El variador de velocidad de motores trifásicos es un dispositivo para el control de velocidad de un motor eléctrico de inducción trifásica permitirá a los estudiantes una formación teórica - práctica con guías de laboratorio, las mismas que sirven para realizar las diferentes pruebas y monitoreo de los parámetros de funcionamiento de este equipo electrónico, el cual formará parte activa durante la preparación de los estudiantes, logrando un mejoramiento continuo y fomentando la investigación.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Dotar y aplicar un módulo con variador de velocidad para simulación de control de arranque y velocidad de un motor para el laboratorio de Control Industrial.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

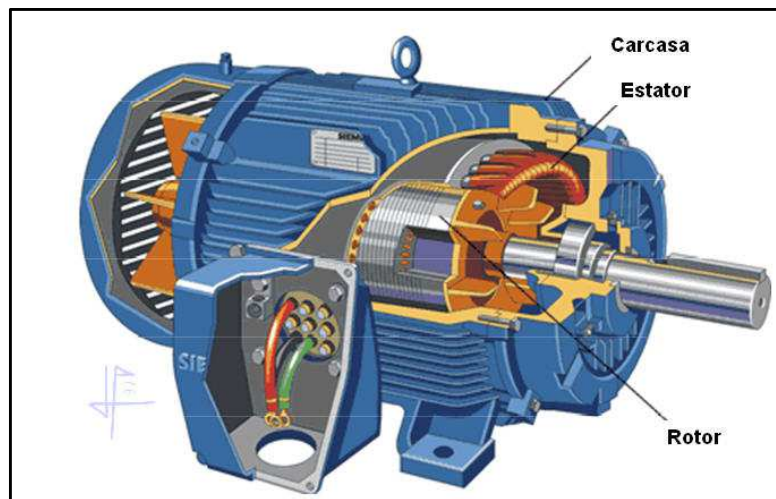
- Investigar las principales aplicaciones de los variadores de frecuencia o velocidad en la industria.
- Realizar los distintos tipos de arranque del motor de inducción y determinar las ventajas del arranque con variador respecto a los demás métodos.
- Indicar de una manera práctica y sencilla el control de velocidad de los motores asíncronos.
- Realizar pruebas y verificar el buen funcionamiento del módulo didáctico.
- Desarrollar guías de prácticas de laboratorio con la finalidad de comprender y familiarizarse con el control de velocidad del motor asíncrono controlado por este módulo.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1 El motor Asíncrono

Los motores asíncronos, alimentados en corriente alterna trifásica, mueven la gran mayoría de las máquinas: tornos, fresadoras, limadoras, etc.; en aparatos de elevación y transporte: grúas, montacargas, etc. y en cualquier otra aplicación donde se requiera un motor económico, robusto, con facilidad de instalación y mantenimiento, pero sin regulación de velocidad. Actualmente, la electrónica de potencia y de control han resuelto este problema y han hecho aún más universal el uso del motor. [1]

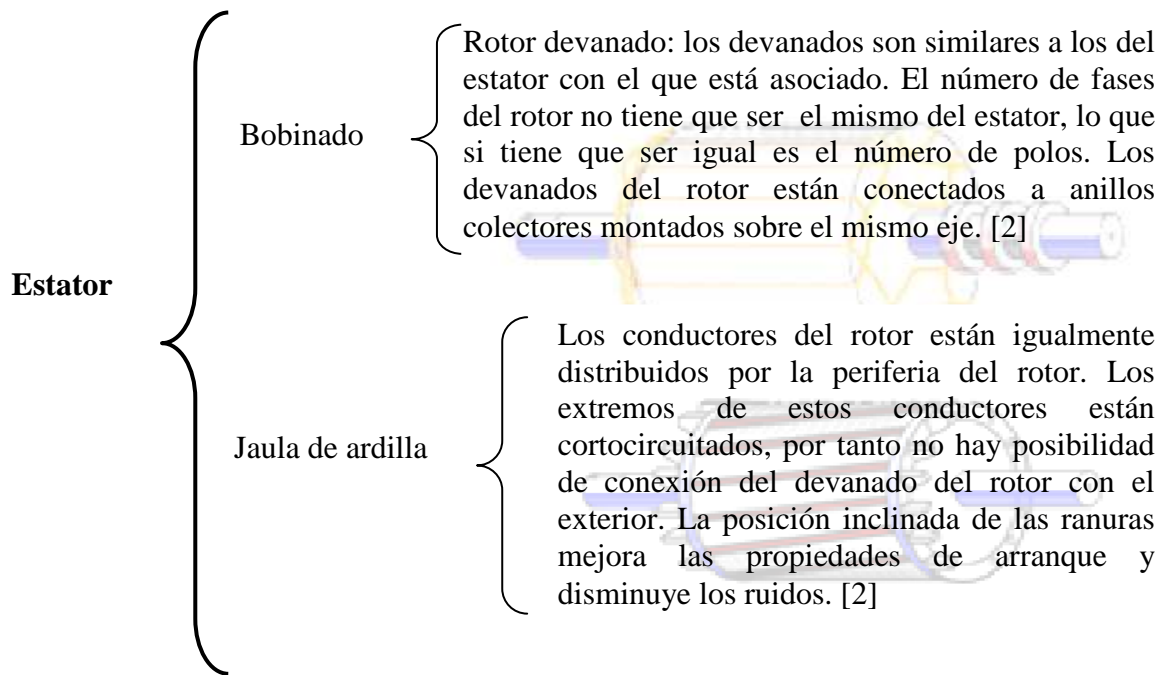


**Figura 2.1:** Motor Asíncrono

Dependiendo del tipo de inducido o rotor tenemos dos tipos de motores asíncronos trifásicos:

- Motor asíncrono de rotor bobinado
- Motor asíncrono tipo jaula de ardilla

<b>Estator</b>	{	Devanado trifásico distribuido en ranuras a $120^\circ$	{	Tienen tres devanados en el estator. Estos devanados están desfasados, siendo el número de pares de polos de la máquina. [2]
----------------	---	---	---	--



### 2.1.1 Principio de funcionamiento de los motores asíncronos

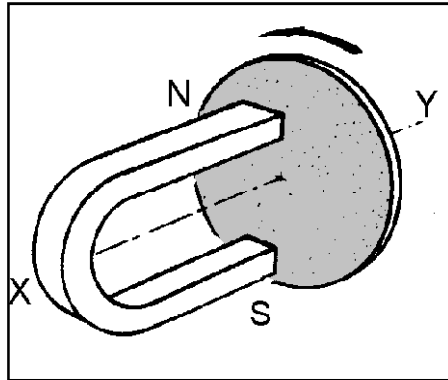
El principio de funcionamiento de los motores asíncronos está basado en la producción de un campo magnético giratorio.

Consideremos un imán permanente NS y un disco de cobre que puedan girar libremente alrededor de un mismo eje XY. Cuando el imán, movido por un artificio cualquiera, gira, el campo magnético producido gira igualmente y barre el disco. Este disco, conductor pero no ferromagnético, es recorrido ahora por corrientes inducidas debidas a la variación de campo a la que está sometido. Estas corrientes inducidas en el disco crean a su vez un campo inducido.

Este campo tiende a seguir al campo giratorio creado por el imán, dando un par motor suficiente para vencer el par resistente de su propio rozamiento y provocar la rotación del disco.

El sentido de rotación, indicado por la ley de Lenz, tiende a oponerse a la variación del campo magnético que ha dado origen a las corrientes. El disco es pues movido en el sentido del campo giratorio a una velocidad ligeramente inferior a la de éste deslizamiento.

Como la velocidad del disco giratorio es inferior a la del campo giratorio, este tipo de motor se llama «asíncrono». [3]



**Figura 2.2:** Funcionamiento del motor Asíncrono

### **2.1.2 Características eléctricas principales**

- Potencia, P (en kW),
- Tensión nominal, U (en V),
- Frecuencia, f (en Hz),
- Intensidad de corriente, I (en A),
- Velocidad de giro nominal, n (en r.p.m.),
- Rendimiento,  $\eta$  (adimensional),
- Factor de potencia,  $\cos\phi$  (adimensional). [3]

### **2.1.3. Consecuencias de la variación de tensión o frecuencia sobre un motor asíncrono**

#### **Aumento o disminución de la tensión**

**Velocidad.** La variación de tensión no modifica la velocidad de rotación del campo giratorio inductor. Pero, en un motor con carga, un aumento de la tensión conlleva una disminución del deslizamiento y como consecuencia de la velocidad del motor. Este fenómeno está limitado por la saturación de la máquina. Por el contrario, si la tensión de alimentación disminuye, el motor pierde velocidad.

**Par.** El par motor es directamente proporcional al cuadrado de la tensión. Por tanto, aumenta cuando la tensión es más elevada e inversamente disminuye considerablemente cuando baja la tensión. Si un motor se ha calculado demasiado justo, puede no arrancar o pararse, con el riesgo de autodestrucción, si la disminución de tensión se mantiene.

**Intensidad de arranque.** Varía proporcionalmente a la tensión de alimentación. Sí ésta aumenta, la intensidad absorbida en el instante del arranque aumenta. Por el contrario, si la

tensión disminuye, la intensidad de arranque disminuye. La intensidad en régimen permanente varía de forma análoga.

$$n = \frac{60(f)}{p} \quad \text{Donde: } n=\text{velocidad en rpm.}$$

f=frecuencia 60 Hz

n= número de polos

### **Aumento o disminución de frecuencia**

**Velocidad.** En un motor asíncrono, como hemos visto anteriormente, la velocidad de sincronismo es proporcional a la frecuencia.

Esta propiedad se utiliza frecuentemente para hacer funcionar a grandes velocidades los motores especialmente diseñados para una alimentación de, por ejemplo, 400 Hz, (aparatos de laboratorio o quirúrgicos, etc.).

**Par.** A tensión constante el par es inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia. Si ésta aumenta, el par desarrollado por el motor disminuye considerablemente. A la inversa, si la frecuencia decrece, el par crece.

**Intensidad de arranque.** A tensión constante, la intensidad de arranque varía en sentido inverso a la frecuencia. En régimen permanente la intensidad es la misma. Estas variaciones de par y de corriente son generalmente molestas. En la práctica, para evitarlas, se aconseja variar la tensión de alimentación proporcionalmente a la frecuencia. [1]

#### **2.1.4 Sistemas de arranque de los motores trifásicos asíncronos**

Motor con rotor devanado:

- Arranque intercalando resistencia en el devanado del rotor
- Arrancadores electrónicos

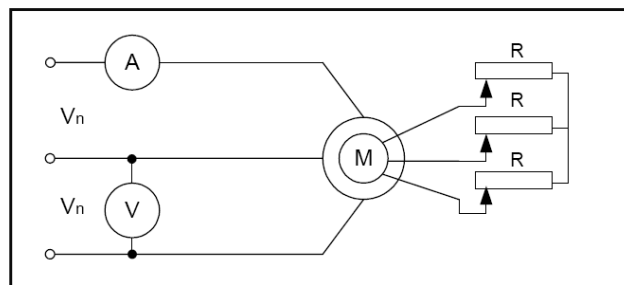
Motor con rotor jaula de ardilla:

- Arranque directo de motores de poca potencia
- Arranque estrella - triángulo (también se conoce como estrella - delta)
- Arranque por autotransformador
- Arranque intercalando resistencias o reactancias en el estator
- Arrancadores electrónicos. [4]



### **2.1.4.1 Arranques del motor de inducción de rotor bobinado**

**Arranque intercalando resistencia en el devanado del rotor.-** Se realiza intercalando resistencias en el rotor a través de los anillos rozantes. El incremento de resistencia del rotor permite limitar la corriente de arranque e incrementar el par de arranque. A medida que el motor adquiere velocidad se va reduciendo el valor de las resistencias externas hasta que quedan anuladas.



**Figura 2.3:** Arranque por resistencias en el rotor

**Arranque con variador de velocidad.-** Se realizan basándose en tiristores que forman contactores estáticos. Se configura con un convertidor alterna/continua y un convertidor continua/alterna de velocidad variable entre 0 Hz y la frecuencia de red.

El variador de frecuencia permite la variación de velocidad total desde 0 rpm a la velocidad nominal del motor a par constante. Su rendimiento es alto y permite un factor de potencia aproximadamente de 1. Permite la ausencia de sobreintensidades por transitorios.

Hace innecesario elementos de protección del motor. A velocidades bajas hay que tener en cuenta que la refrigeración del motor depende de la velocidad del fluido. [6]

### **2.1.4.2 Arranques del motor de inducción jaula de ardilla**

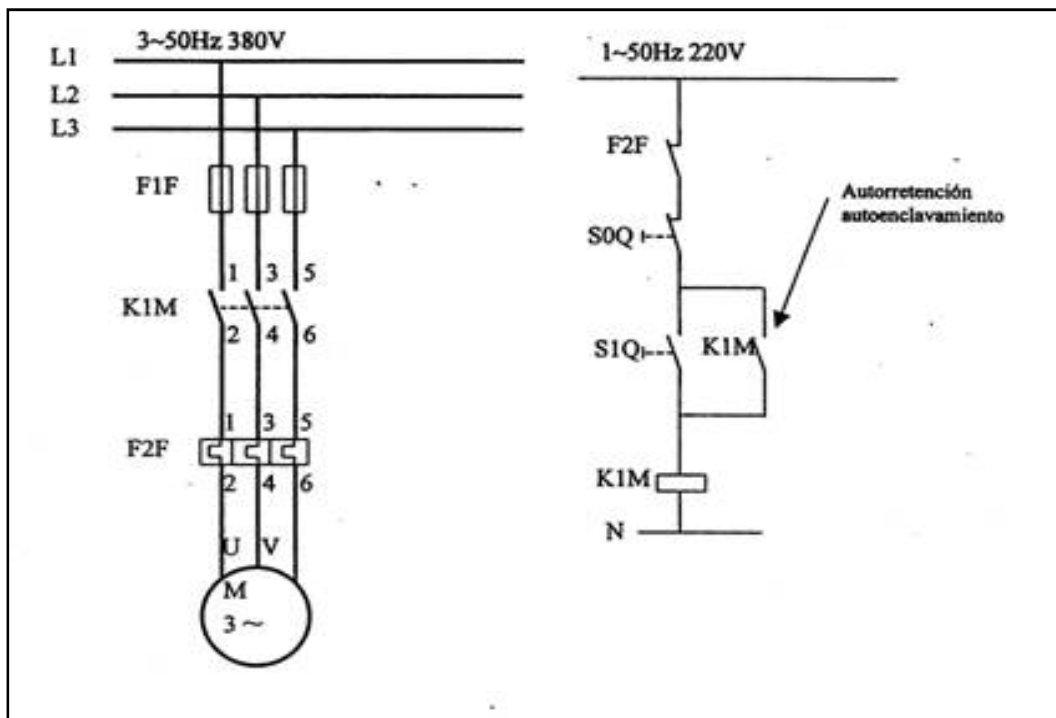
Al conectar un motor trifásico de jaula, éste absorbe una gran intensidad de la red y puede, sobre todo si la sección de la línea de alimentación es insuficiente, provocar una caída de tensión susceptible que afectará a otros abonados o a otros receptores de la misma instalación.

Para evitar y limitar estos inconvenientes, la normativa obliga a usar sistemas de arranque con los que se limite la corriente de arranque protegiendo así el motor y la integridad de los receptores. (ver anexo 1).

**Arranque Directo.-** El arranque directo consiste en conectar el motor directamente a la red en un único tiempo. El motor arranca con sus características naturales.

### Características

- Corriente de arranque porcentual: 100%
- Corriente de arranque: 4 a 8  $I_{NOMINAL}$
- Par inicial de arranque porcentual: 100%
- Par inicial de arranque: 0,6 a 1,5  $C_{NOMINAL}$
- Mando: Todo o nada
- Ventajas:
  - Arrancador simple
  - Económico
  - Par de arranque importante
- Inconvenientes:
  - Punta de corriente muy importante
  - Arranque brutal
- Tiempos de arranque: 2 a 3 segundos
- Aplicaciones habituales: Pequeñas máquinas aunque arranquen a plena carga. [6]

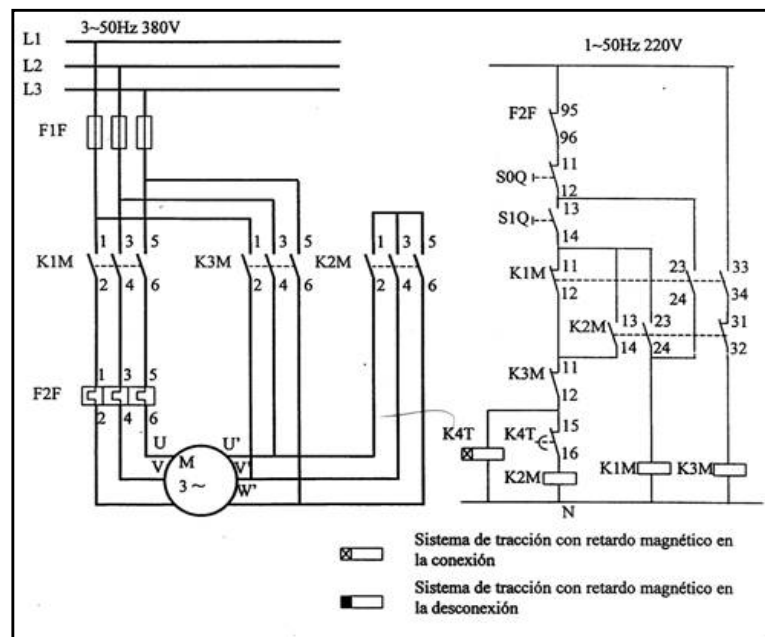


**Figura 2.4:** Circuito de potencia y mando del arranque directo

**Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos de jaula.** Consiste en conectar las bobinas del motor primero en estrella y después en triángulo.

### Características

- Corriente de arranque porcentual: 33% respecto al arranque directo
- Corriente de arranque: 1,3 a 2,6  $I_{NOMINAL}$
- Par inicial de arranque porcentual: 33% respecto al arranque directo
- Par inicial de arranque: 0,2 a 0,5  $C_{NOMINAL}$
- Mando: Todo o nada
- Ventajas:
  - Arrancador económico
  - Buena relación par/corriente
- Inconvenientes:
  - Par de arranque débil
  - Sin posibilidad de ajuste
  - Corte de alimentación en el cambio de acoplamiento y fenómenos transitorios
  - Motor de 6 bornes
- Tiempos de arranque: 3 a 7 segundos
- Aplicaciones habituales: Máquinas de arranque en vacío, ventiladores y bombas centrífugas de poca potencia. [6]



**Figura 2.5:** Circuito de potencia y mando para el arranque estrella-triángulo

**Arranque con resistencias estáticas.-** Consiste en arrancar el motor bajo tensión reducida mediante la inserción de resistencias en serie con los devanados. Estabilizada la velocidad, las resistencias se eliminan y el motor se acopla directamente a la red.

### **Características**

- Corriente de arranque porcentual: 70% respecto al arranque directo
- Corriente de arranque:  $4,5 I_{\text{NOMINAL}}$
- Par inicial de arranque porcentual: 50% respecto al arranque directo
- Par inicial de arranque:  $0,6$  a  $0,85 C_{\text{NOMINAL}}$
- Mando: 1 posición fija
- Ventajas:
  - Posibilidad de ajuste de los valores en el arranque
  - Sin corte de alimentación durante el arranque
  - Fuerte reducción de las puntas de corriente transitorias
- Inconvenientes:
  - Débil reducción de la punta de arranque
  - Necesidad de resistencias voluminosas
- Tiempos de arranque: 7 a 12 segundos
- Aplicaciones habituales: Máquinas de elevada inercia sin problemas especiales de par ni de corriente en el arranque.[4]

**Arranque con Autotransformador.-** Consiste en alimentar el motor a una tensión reducida mediante un autotransformador, que se pone fuera de servicio cuando termina el arranque.

### **Características**

- Corriente de arranque porcentual: 40/65/80% respecto al arranque directo
- Corriente de arranque:  $1,7$  a  $4 I_{\text{NOMINAL}}$
- Par inicial de arranque porcentual: 40/65/80% respecto al arranque directo
- Par inicial de arranque:  $0,4$  a  $0,85 C_{\text{NOMINAL}}$
- Mando: 3 posiciones fijas
- Ventajas:
  - Buena relación par/corriente
  - Posibilidad de los ajustes de los valores en el arranque

- Sin corte de alimentación en el arranque
- Inconvenientes:
  - Necesidad de un autotransformador costoso
  - Implica riesgos en redes con perturbaciones
- Tiempos de arranque: 7 a 12 segundos
- Aplicaciones habituales: Máquinas de elevada potencia o inercia, en casos en los que la reducción de la corriente sea un criterio importante.

**Arranque con Variador de velocidad.-** Se realizan basándose en tiristores que forman contactores estáticos. Se configura con un convertidor alterna/continua y un convertidor continua/alterna de velocidad variable entre 0 Hz y la frecuencia de red.

El variador de frecuencia permite la variación de velocidad total desde 0 rpm a la velocidad nominal del motor a par constante. Su rendimiento es alto, y permite un factor de potencia aproximadamente de 1. Permite la ausencia de sobrentensidades por transitorios. Hace innecesario elementos de protección del motor. A velocidades bajas hay que tener en cuenta que la refrigeración del motor depende de la velocidad del fluido.

### **Características**

- Corriente de arranque porcentual: Regulable de 25 a 75% (potenciómetro) respecto al arranque directo
- Corriente de arranque: Regulable
- Par inicial de arranque porcentual: Regulable de 10 a 70% respecto al arranque directo
- Par inicial de arranque: Regulable de 0,1 a 0,7  $C_{NOMINAL}$
- Mando: Progresivo
- Ventajas:
  - Regulable durante la puesta en servicio
  - Dimensiones reducidas
  - Adaptable a cualquier ciclo
- Inconvenientes:
  - Limitación en el par y la corriente de arranque.
- Tiempos de arranque: Regulable de 1 a 60 segundos
- Aplicaciones habituales: Bombas, ventiladores, compresores, transportadores, grúas, envasadoras, etc. [5]

## **2.2 Variador de velocidad**

El variador de velocidad para motores asincrónicos trifásicos (VSD, por sus siglas en inglés Variable Speed Drive), llamado también "inverters", utilizando un término técnico inglés, son dispositivos automatizados de control para poder controlar la velocidad en los motores asincrónicos.

Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua también puede ser designada como variador de velocidad. [7]

### **2.2.1 Ventajas y Desventajas de los variadores de velocidad**

#### **Ventajas**

- No tienen elementos móviles, ni contactos, como en el caso de los contactores.
- Permite arranques suaves, sin transiciones o saltos.
- Posibilidad de ajustar en tiempo la rampa de aceleración del motor.
- Ahorrar energía cuando el motor funciona parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia.
- Detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida del equipo.
- Mejor rendimiento del motor.
- El equipo no tiene limitación en cuanto al número de arranques, como sucede con la vida de los contactos.

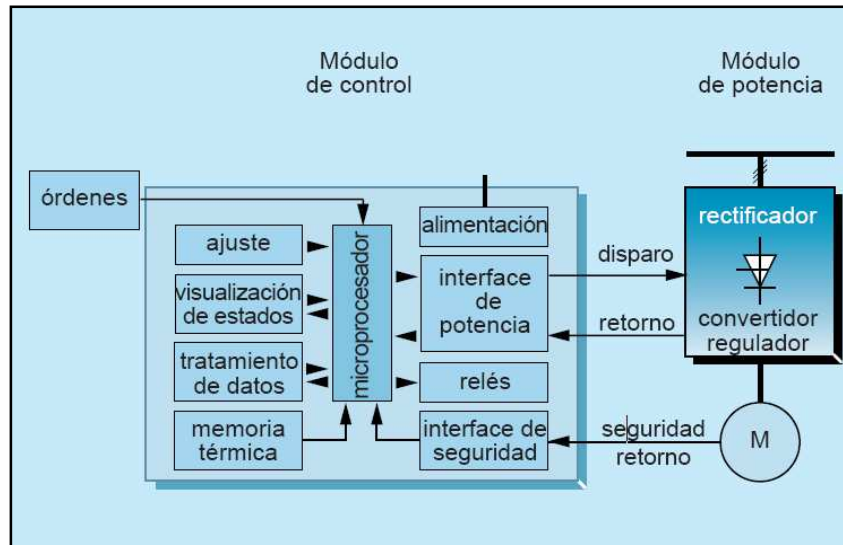
#### **Desventajas**

- Limitación de la corriente de arranque
- Limitación en el par de arranque. [7]

### **2.2.2 Composición del variador de velocidad**

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

- Un módulo de control, que gestiona el funcionamiento del aparato,
- Un módulo de potencia, que suministra energía eléctrica al motor.



**Figura 2.6:** Estructura general de un variador de velocidad

**El módulo de control.-** Todas las funciones de los variadores y arrancadores modernos se controlan por medio de un microprocesador que utiliza los ajustes, las órdenes transmitidas por un operador o por una unidad de tratamiento y los resultados de las medidas de velocidad, corriente, etc. En base a estos datos, el microprocesador gestiona el funcionamiento de los componentes de potencia, las rampas de aceleración y desaceleración, el seguimiento de la velocidad, la limitación de corriente, la protección y la seguridad.

Según el tipo de producto, los ajustes (consignas de velocidad, rampas, limitación de corriente, etc.) se realizan por medio de potenciómetros, teclados, o desde autómatas o PC a través de un enlace serie.

Las órdenes (marcha, parado, frenado, etc.) pueden darse a través de interfaces de diálogo hombre/máquina, autómatas programables, PC, etc. Los parámetros de funcionamiento y los datos de alarmas y de fallos pueden visualizarse a través de pilotos, diodos luminosos, visualizadores de 7 segmentos o de cristal líquido, pantallas de vídeo, etc.

En muchos casos, es posible configurar los relés para obtener información de:

- Fallos (de la red, térmicos, del producto, de secuencia, sobrecarga, etc.),
- Control (umbral de velocidad, prealarma o final de arranque).

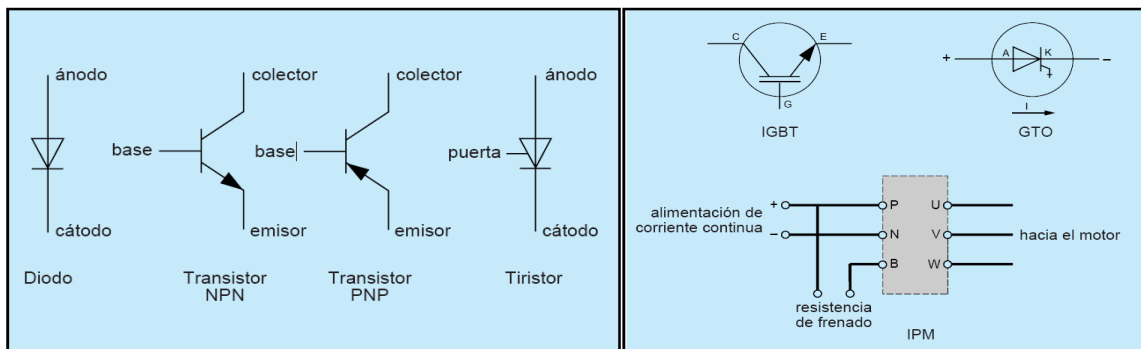
Una alimentación independiente suministra las tensiones necesarias para el conjunto de los circuitos de medida y de control.

**El módulo de potencia.-** Los elementos principales del módulo de potencia son:

- Los componentes de potencia,
- Los interfaces de tensión y/o de corriente,
- En aparatos de gran calibre, un conjunto de ventilación.

Los componentes de potencia son semiconductores que funcionan en modo “Todo o Nada” y, por tanto, son similares a los interruptores estáticos de dos estados: pasante y bloqueado.

Estos componentes, integrados en un módulo de potencia, forman un convertidor que alimenta un motor eléctrico con tensión y/o frecuencia variables a partir de la red de tensión y frecuencia fijas.



**Figura 2.7:** Componentes de potencia

### *Componentes de potencia*

- El diodo

El diodo es un semiconductor no controlado que consta de dos zonas, P (ánodo) y N (cátodo), y que sólo permite que la corriente fluya en un sentido, del ánodo al cátodo. El diodo es conductor cuando la tensión del ánodo es más positiva que la del cátodo, actuando como un interruptor cerrado. Cuando la tensión del ánodo es menos positiva que la del cátodo, el diodo bloquea la corriente y funciona como un interruptor abierto.

- El transistor

Normalmente, actúa como un amplificador. En este caso, el valor de la corriente controlada depende de la corriente de control que circula en la base. No obstante, también puede funcionar en modo “Todo o Nada”, como interruptor estático: abierto en ausencia de



corriente de base y cerrado en caso de saturación. Los circuitos de potencia de los variadores utilizan el segundo modo de funcionamiento.

•El tiristor

Es un semiconductor controlado que consta de cuatro capas alternas PNPN. Funciona como un interruptor estático cuyo cierre se controla mediante el envío de un impulso eléctrico a un electrodo de control denominado puerta. El cierre (o disparo) sólo es posible si la tensión del ánodo es más positiva que la del cátodo.

•El IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

Es un tipo de transistor particular que se controla bajo tensión con muy poca energía, lo que explica la ausencia de relación entre la energía necesaria para el control y la corriente conmutada. Dada la alta velocidad de conmutación, el semiconductor debe soportar las presiones propias de una  $\frac{dV}{dt}$  considerable. Para minimizar dichas presiones, se utilizan inductancias y circuitos de ayuda a la conmutación compuestos por resistencias, condensadores y diodos.

•El GTO (Gate Turn off Thyristor)

Es un tipo de tiristor particular cuya extinción se controla por medio de un impulso negativo. La energía necesaria para ello depende de la corriente conmutada.

•El IPM (Intelligent Power Module)

Es un puente ondulator con transistores de potencia IGBT que integra su propio control de vías. El IPM reúne en la misma caja:

- 7 componentes IGBT, 6 de ellos para el puente ondulator y 1 para el frenado,
- los circuitos de control de los IGBT,
- 7 diodos de potencia de rueda libre,
- protecciones contra cortocircuitos, sobreintensidades y excesos de temperatura.

En sí en el variador se presentan las siguientes etapas:

**Etapas Rectificadora.** Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

**Etapa intermedia.** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.

**Inversor.** Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por: sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, etc.

**Etapa de control.** Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc. El Inversor convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables.

Los IGBT envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor. [9]

### **2.2.3 Aplicaciones de los variadores de velocidad**

Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

**Transportadoras.** Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc.

**Bombas y ventiladores centrífugos.** Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.

**Bombas de desplazamiento positivo.** Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.

**Ascensores y elevadores.** Para arranque y parada suaves manteniendo la cupla del motor constante, y diferentes velocidades para aplicaciones distintas.

**Extrusoras.** Se obtiene una gran variación de velocidades y control total de la cupla del motor.

**Centrífugas.** Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.

**Prensas mecánicas y balancines.** Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.

**Máquinas textiles.** Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo random para conseguir telas especiales.

**Compresores de aire.** Se obtienen arranques suaves con máxima cupla y menor consumo de energía en el arranque.

**Pozos petroleros.** Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.

**Otras aplicaciones.** Elevadores de cangilones, transportadores helicoidales, continuos de papel, máquinas herramientas, máquinas para soldadura, pantógrafos, máquinas para vidrios, fulones de curtiembres, secaderos de tabaco, clasificadoras de frutas, conformadoras de cables, trefiladoras de caños, laminadoras, mezcladoras, trefiladoras de perfiles de aluminio, cable, etc.

Trituradoras de minerales, trapiches de caña de azúcar, balanceadoras, molinos harineros, hornos giratorios de cemento, hornos de industrias alimenticias, puentes grúa, bancos de prueba, secadores industriales, tapadoras de envases, norias para frigoríficos, agitadores, cardadoras, dosificadoras, dispersores, reactores, pailas, lavadoras industriales, ilustradoras, molinos rotativos, pulidoras, fresas, bobinadoras y desbobinadoras, arenadoras, separadores, vibradores, cribas, locomotoras, vehículos eléctricos, escaleras mecánicas, aire acondicionado, portones automáticos, plataformas móviles, tornillos sinfín, válvulas rotativas, calandras, tejedoras, chipeadoras, extractores, posicionadores, etc. [7]

#### 2.2.4 Funciones de los variadores de velocidad

Las principales funciones son:

- Arranque y regulación de velocidad, frenado de desaceleración y frenado de parada,
- Ahorro de energía,
- Regulador PI (caudal, presión...),
- Protección del motor y del variador,
- Velocidades preseleccionadas, marcha paso a paso (JOG), mando 2 hilos/3 hilos,
- Conmutación de rampas, conmutación de referencias,
- Recuperación automática con selección de velocidad (recuperación al vuelo),
- Limitación automática del tiempo de marcha a pequeña velocidad,
- Visualización de la velocidad en "unidades cliente", etc. [8]

#### 2.2.5 Principales tipos de variadores de velocidad

Los variadores son convertidores de energía encargados de modular la energía eléctrica que recibe el motor. Los tipos de variadores más habituales son:

**Rectificador controlado.-** Suministra corriente continua a partir de una red alterna monofásica o trifásica y controla el valor medio de la tensión.

La variación de dicha tensión se obtiene mediante la modificación del ángulo de retardo en el momento del cebado de los semiconductores de potencia.

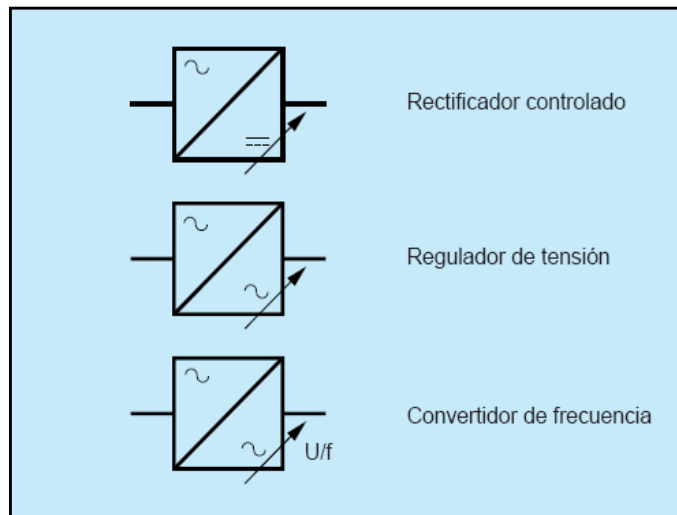
Este tipo de variador se utiliza para alimentar motores de corriente continua, generalmente de excitación separada.

**Convertidor de frecuencia.-** Suministra tensión alterna a partir de una red alterna monofásica o trifásica de frecuencia fija, con valor eficaz y frecuencia variables según una ley  $\frac{U}{f}$  constante. Se utiliza como variador de velocidad para motores asíncronos de jaula.

**Regulador de tensión.-** Suministra corriente alterna a partir de una red alterna monofásica o trifásica, con la misma frecuencia fija que la red y controlando el valor eficaz de la tensión. La variación de dicha tensión se obtiene mediante la modificación del ángulo de retardo en el momento del cebado de los semiconductores de potencia. Generalmente, se

utiliza como arrancador progresivo para motores asíncronos de jaula estándar, siempre que no requieran un par de arranque elevado.

Así mismo, puede utilizarse como variador de velocidad para motores asíncronos de resistencias rotatóricas o de anillos. [9]



**Figura 2.8:** Símbolos de los principales tipos de variadores

## CAPÍTULO III

### 3. APLICACIÓN DEL MÓDULO CON VARIADOR DE VELOCIDAD

Todos los ejemplos desarrollados con este módulo son de tipo pedagógico y por ello pueden, en algún caso, no ser fiel reflejo de la realidad. En ningún caso debe ser empleado en aplicaciones industriales, pero si son susceptibles de evolución en cuanto a sus características de presentación, de funcionamiento o de utilización.

#### 3.1 Presentación del módulo con variador de velocidad ATV 312HO75M3

El módulo didáctico con variador de velocidad ATV312HO75M3 está constituido de tal forma que facilita el aprendizaje del tema en disertación, así como también este se acopla a los módulos del laboratorio de Control Industrial de la Facultad de Mecánica. , como se puede apreciar en las Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5.



**Figura 3.1:** Vista frontal del módulo didáctico con la caja cerrada



**Figura 3.2:** Vista frontal del módulo didáctico con la caja abierta



**Figura 3.3:** Vista L.I del módulo didáctico con la caja abierta



**Figura 3.4:** Vista inferior del módulo didáctico con la caja cerrada



**Figura 3.5:** Módulo en funcionamiento

### 3.2 Diagrama eléctrico y elementos del módulo didáctico

A continuación se presenta el diagrama eléctrico del módulo para el control de motores asíncronos que está conformado por los siguientes elementos:

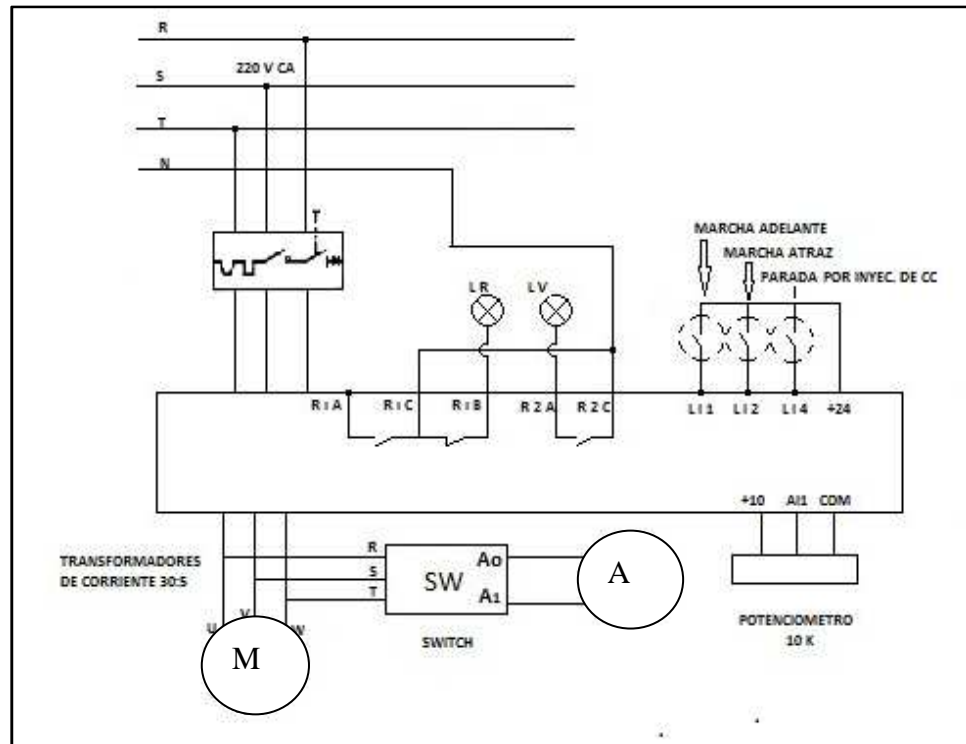
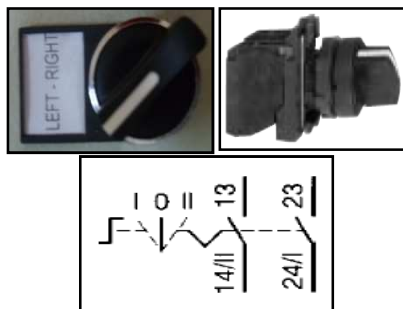


Figura 3.6: Diagrama eléctrico del módulo didáctico con variador ATV312HO75M3

#### 3.2.1 Selector

El selector nos permite tres posiciones mantenidas con retorno automático a cero, en el módulo el selector permite elegir el sentido de giro del motor derecha (RIGHT) o izquierda (LEFT) según la necesidad, mientras la posición intermedia nos permite detener el motor.



#### Selectores XB5-AD33

Posiciones	Contactos	Dispositivo de
3 posiciones	<<NA+ NA>>	Maneta corta

Figura 3.7: Selector de 3 posiciones



### 3.2.2 Luz pilotos

Las luces pilotos, aseguran con unas dimensiones reducidas las funciones de mando y señalización en el caso del variador la luz verde señala el rdy que está listo para iniciar, mientras la luz roja indica que no hay tensión en el variador o si este presenta una falla durante el funcionamiento.



#### **Pilotos tipo XB2-B, con embellecedor metálico cromado**

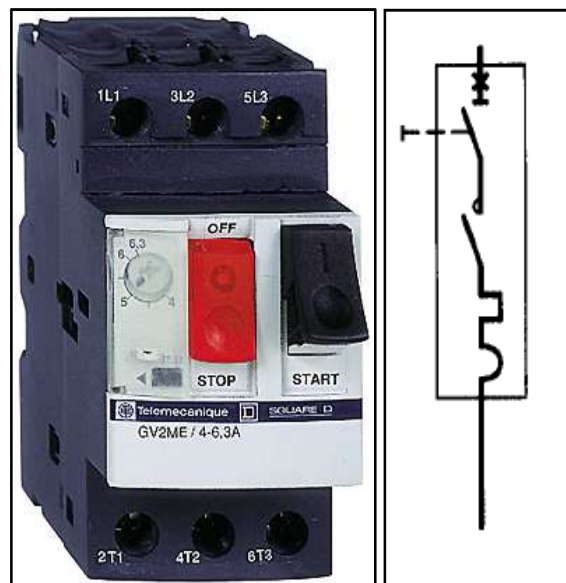
Alimentación	Tensión	Color
Con transformador	220-240V	Verde
1.2 VA, 50 Hz		Rojo
Lámpara BA9s, 6V		

**Figura 3.8:** Pilotos luminosos

### 3.2.3 Guarda-motor Telemecanique

El guarda-motor tiene tres funciones: mando manual, protección contra cortocircuitos y protección contra sobrecargas.

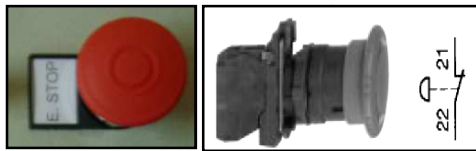
Además de eso tiene un poder de corte elevado protegiendo al motor inmediatamente.



**Figura 3.9:** Guarda-motor Telemecanique

### 3.2.4 Pulsador de seta “paro de emergencia”

El pulsador de emergencia permitirá la intervención rápida para quitar la energía y detener el arranque del motor si se detecta alguna anomalía.



#### **Pulsadores de seta “Paro de emergencia”**

Contacto	Color
<<NC>>	Rojo

**Figura 3.10:** Pulsador de seta

### 3.2.5 Potenciómetro

El potenciómetro es una resistencia variable que controlará la velocidad del motor, mediante la frecuencia que se visualizará en el variador. Además de controlar los picos de corriente de arranque del motor con respecto a la corriente nominal variando de 25 a 70%.



**Figura 3.11:** Potenciómetro

### 3.2.6 Transformadores, amperímetro y conmutador de 3 posiciones

Los transformadores de corriente cuyo primario esté adaptado a la corriente nominal y cuyo secundario dependerá de las características del amperímetro.



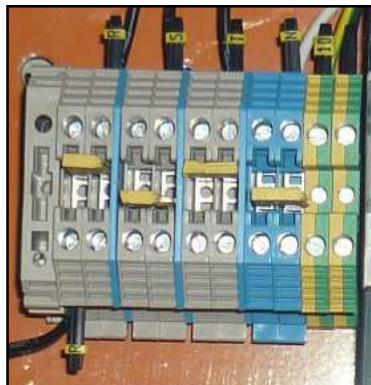
**Figura 3.12:** Transformador, amperímetro y conmutador

A través de un conmutador, el amperímetro se conecta sucesivamente a cada fase y controla la corriente que la atraviesa. Y en cada posición del conmutador S3: el amperímetro se conecta a un transformador de corriente, los otros dos transformadores de corriente quedan cortocircuitados.

### **3.2.7 Contactores**

Incluyen dos contactos auxiliares estáticos: un contacto de realimentación y un contacto compatible con las entradas de autómatas programables. Los componentes de potencia y los contactos auxiliares pasan al estado pasante con la misma señal de mando.

Existe una versión con dos sentidos de marcha que permite invertir el sentido de giro del motor permutando las fases 1y 2 (la fase 3 no se puede conmutar). El inversor incluye un enclavamiento interno que impide controlar simultáneamente los dos sentidos de marcha.



**Figura 3.13:** Contactores

### **3.3 Guía de explotación del variador de velocidad Altivar 312HO75M3**

El variador Altivar 312 es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos 200...600 V de 0,18 a 15 kW. Es resistente, de dimensiones reducidas y de fácil instalación.

Sus funciones integradas están especialmente adaptadas para responder a las aplicaciones de máquinas industriales sencillas.

La consideración de las limitaciones de instalación y utilización del producto desde su concepción permite proponer una solución económica y fiable a los constructores de máquinas sencillas y a los instaladores.

Con sus diferentes tarjetas de comunicación disponibles de forma opcional, el variador Altivar 312 se integra a la perfección en las principales arquitecturas de automatismo.

El Altivar 312 corresponde una gran familia, que presenta una guía de elección de acuerdo a las características eléctricas, rango de tensión de alimentación para redes, comunicación, y las funciones a emplear, todo esto influirán en la elección del variador.





**Figura 3.14:** Variador ATV312HO75M3

### 3.3.1 Cableado

A continuación se incluye una selección de información de la «Guía de Explotación» del Altivar 312 de Schneider Electric España, se resumió concretamente lo más importante de la información a utilizar dentro de la programación y la puesta en tensión del variador de acuerdo a las especificaciones del motor.

#### **Funciones de los bornes de potencia:**

**Tabla 3.1:** FUNCIONES DE LOS BORNES DE POTENCIA

Bornes	Función	Para Altivar ATV312HO75M3
	Borne de tierra del Altivar	Cualquier calibre
R/L <sub>1</sub> – S/L <sub>2</sub> – T/L <sub>3</sub>	Alimentación eléctrica	Cualquier calibre
U-V-W	Salidas del motor	Cualquier calibre
	Borne de tierra del Altivar	U90M2, D12M2, U90N4, D12N4, D16N4, D18N4.

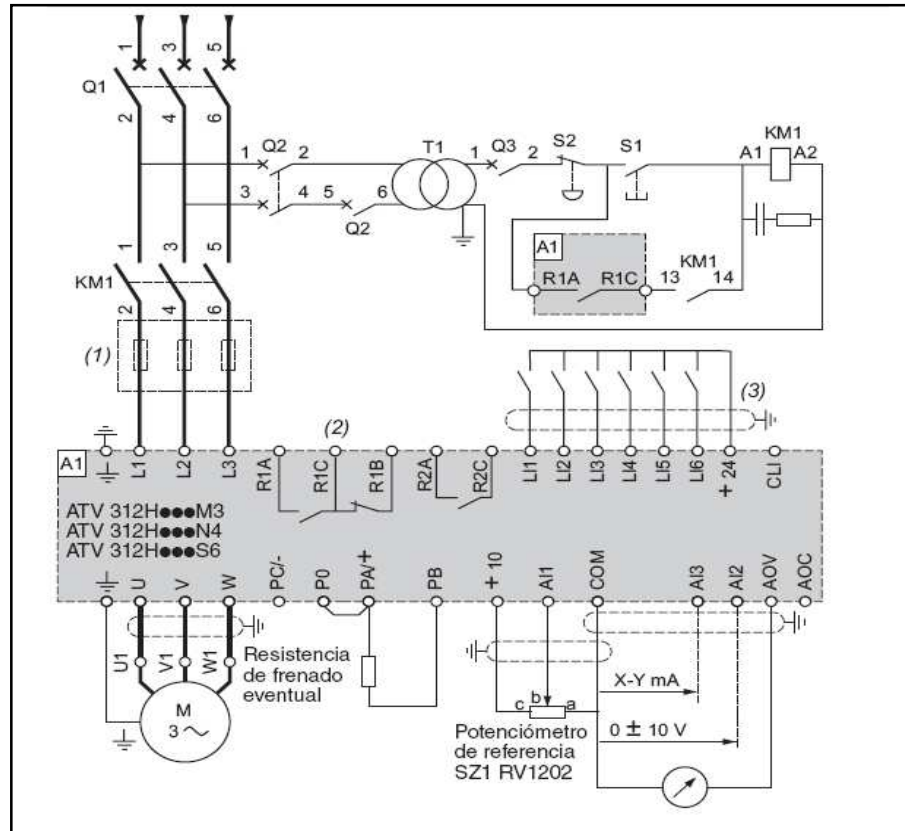
### Funciones de los bornes de control:

**Tabla 3.2: FUNCIONES DE LOS BORNES DE CONTROL**

Borne	Función	Características eléctricas
R1A R1B R1C	Contacto "NANC" de punto común (R1C) del relé de fallo R1	Poder de conmutación mín.: •10 Ma para 5 V --- Poder de conmutación máx. en carga inductiva ( $\cos\phi=0.4$ y $L/R=7\text{ms}$ : •1.5 A para 250 V ~ y 30 V ---
R2A R2C	Contacto de cierre del relé programable R2	
COM	Común de las entradas/salidas	
AI1	Entrada analógica en tensión	Entrada analógica 0 + 10 (tensión máxima para evitar destrucción 30 V/ tensión mínima para evitar la destrucción -0.6 V) • Impedancia 30 K $\Omega$ • Resolución 0.01 V, convertidor 10 bits • Precisión $\pm 4.3\%$ y linealidad $\pm 0.2\%$ del valor máximo • Tiempo de adquisición 5 ms máximo
+ 10	Alimentación para potenciómetro de consigna de 1 a 10 K $\Omega$	+ 10 V (+ 8% -0), 10 mA máx., protegida contra cortocircuitos y sobrecargas
AI2 AIC	Entrada analógica de tensión o entrada analógica en corriente AI2 y AIC puede ser asignadas. Utilizar una u otra, pero no las dos.	Entrada analógica 0 + 10 V, impedancia 30 K $\Omega$ o Entrada analógica X-Y mA (X e Y pueden programarse entre 0 y 20 mA) impedancia 250 $\Omega$ Resolución, precisión y tiempo de adquisición de AI2 y AIC=AI1
LI1 LI2 LI3 LI4	Entradas lógicas	Entradas lógicas programables •Alimentación + 24 V (máximo 30 V) •Impedancia 3.5 K $\Omega$ •Estado 0 si < 5 V, ESTADO 1 si > 11 V •Tiempo de adquisición 9 ms. máximo
+ 24	Alimentación de las entradas lógicas	+24 V protegida contra cortocircuitos y sobrecargas, mín. 19 V, máx., 30 V. Consumo má. disponible cliente 100 mA

### Esquema de conexión para el preajuste de fábrica:

Referencias del diagrama: (1) Inductancia de línea (1 fase o 3 fases). (2) Contactos del relé de fallo. Permite indicar a distancia el estado del variador. (3) La conexión del común de las entradas lógicas depende de la posición del conmutador.



**Figura 3.15:** Esquema de cableado del ATV312

### 3.3.2 Funciones Básicas

#### **Relés de fallo, desenclavamiento**

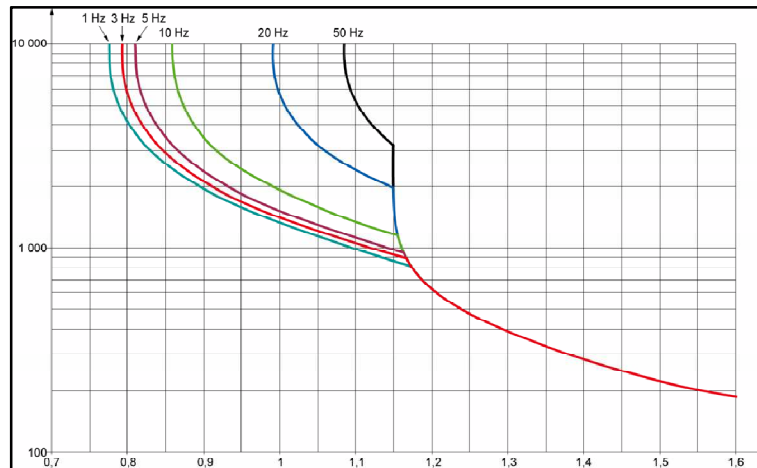
El relé de fallo se alimenta cuando el variador está en tensión y no presenta ningún fallo. Incluye un contacto “NA” y un contacto “NC” de punto común.

El desenclavamiento del variador después de un fallo se realiza por una de las acciones siguientes:

- Al quitar tensión y cuando se apaga el LED y nueva puesta en tensión del variador,
- Por una entrada lógica que se asigna a la función “puesta a cero de los fallos”,
- Por la función “rearranque automático” si ésta está configurada.

#### **Protección térmica del motor**

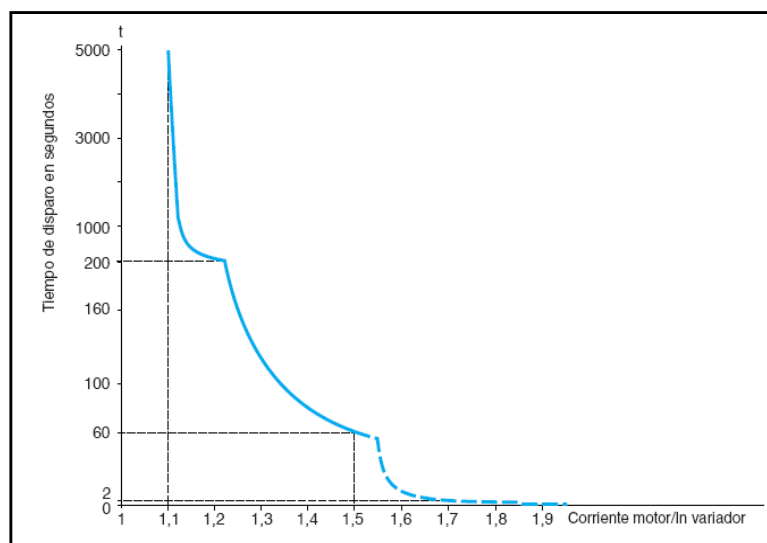
La protección térmica indirecta del motor se realiza calculando permanentemente su calentamiento teórico. La protección térmica se puede ajustar de 0,2 a 1,5 veces la corriente nominal del variador.



**Figura 3.16:** Curvas de protección térmica del motor

### Protección térmica del variador

La protección térmica del variador está garantizada por sonda PTC fijada en el radiador o integrada en el módulo de potencia en caso de ventilación defectuosa o de temperatura ambiente excesiva. Provoca el enclavamiento del variador por fallo.



**Figura 3.17:** Curvas de protección térmica del variador

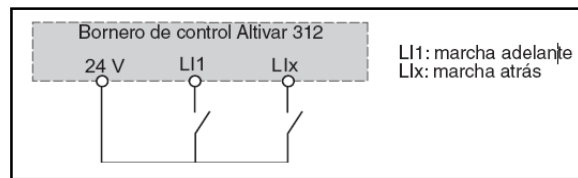
### 3.3.3 Funciones de aplicación de las entradas y salidas configurables

#### Control 2 hilos

Permite controlar el sentido de marcha por contacto de posición mantenida. Validación por 1 ó 2 entradas lógicas (1 ó 2 sentidos de marcha). Función dedicada a todas las aplicaciones de 1 ó 2 sentidos de marcha.

Son posibles 3 modos de funcionamiento:

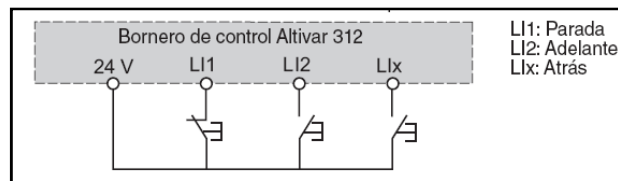
- Detección del estado de las entradas lógicas,
- Detección de un cambio de estado de las entradas lógicas,
- Detección del estado de las entradas lógicas con marcha adelante prioritaria sobre la marcha atrás.



**Figura 3.18:** Esquema de cableado en mando 2 hilos

### Control 3 hilos

Permite controlar el sentido de marcha y de parada por contactos de impulsos. Validación por 2 ó 3 entradas lógicas (1 ó 2 sentidos de marcha). Función dedicada a todas las aplicaciones de 1 ó 2 sentidos de marcha.



**Figura 3.19:** Esquema de cableado en mando 3 hilos

### Conmutación de rampa

Permite conmutar 2 tiempos de rampa en aceleración y desaceleración, ajustables por separado.

La conmutación de rampa se puede validar mediante:

- Una entrada lógica,
- Un umbral de frecuencia,
- La combinación de la entrada lógica y del umbral de frecuencia.

Función destinada:

- A la manutención con arranque y acoplamiento suaves,
- A las máquinas con corrección de velocidad rápida en régimen establecido.

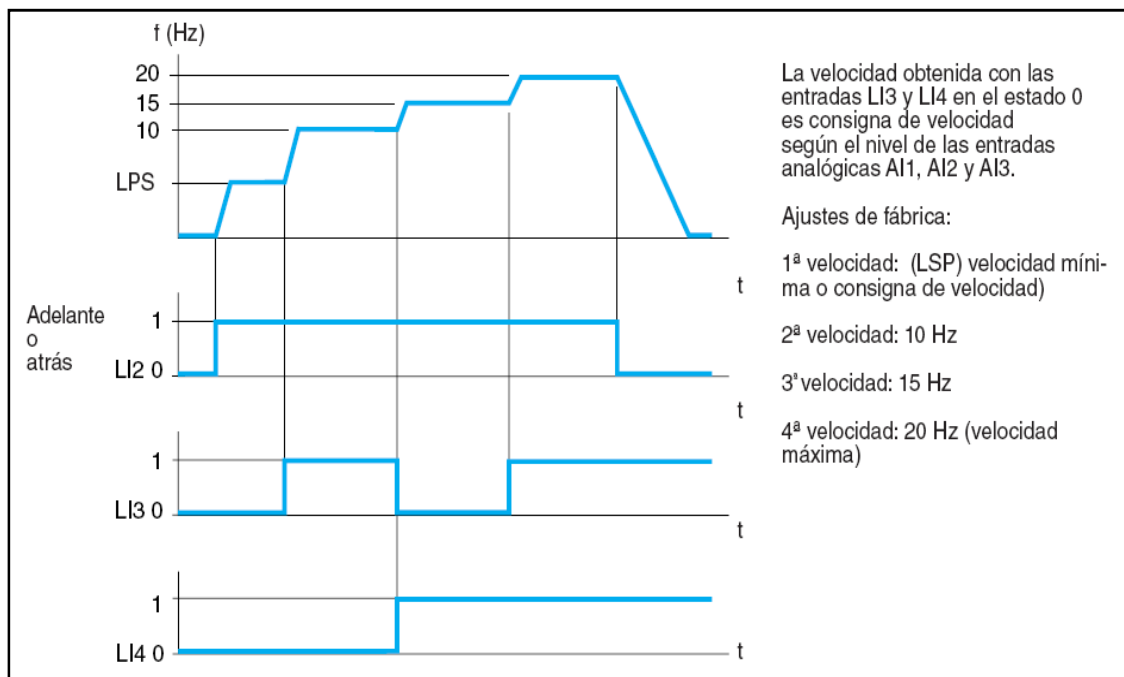


Ejemplo de conmutación por la entrada lógica LI4 que se puede emplear en el control de frenado por inyección de CC y en el control de marcha paso a paso JOG.

### Velocidades preseleccionadas

Permite conmutar consignas de velocidad ajustadas de fábrica. Elección entre 2, 4, 8 ó 16 velocidades preseleccionadas. Validación por 1, 2, 3 ó 4 entradas lógicas. Las velocidades ajustadas de fábrica se pueden ajustar por paso de 0,1 Hz de 0 Hz a 500 HH.

Función destinada a la manutención y a las máquinas de varias velocidades de funcionamiento.



**Figura 3.20:** Esquema de velocidades preseleccionadas

### Parada en rueda libre

Permite parar el motor por el par resistente si la alimentación del motor se corta la parada en rueda libre se obtiene:

- Por una orden de parada normal configurada en parada de rueda libre (cuando desaparece una orden de marcha o aparece una orden de parada),
- Mediante validación de una entrada lógica.

### Parada rápida

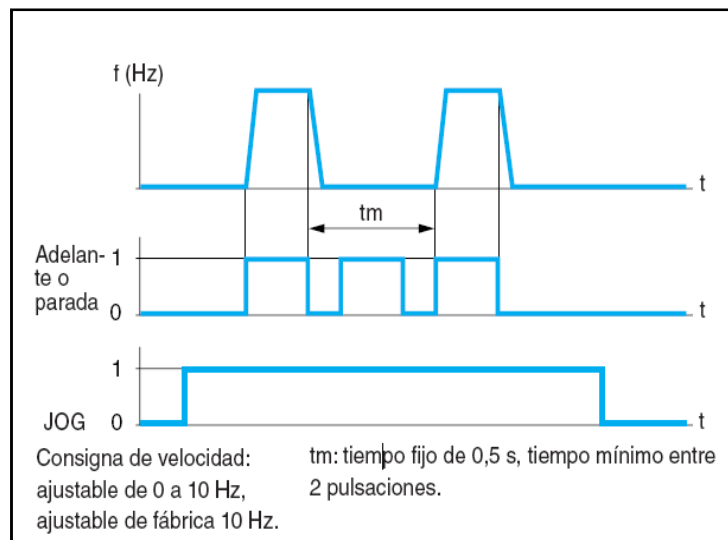
Permite la parada frenada con un tiempo de rampa de desaceleración (dividido por 2 a 10) aceptable por el conjunto de variador y motor sin enclavamiento por fallo de frenado excesivo.

- Mediante parada normal configurada en parada rápida (cuando desaparece una orden de marcha
- O aparece una orden de parada),
- Mediante validación de una entrada lógica.

### Marcha paso a paso (JOG)

Permite la marcha por impulsos con tiempos de rampa mínimos (0,1 s), consigna de velocidad limitada y tiempo mínimo entre 2 impulsos. Validación mediante 1 entrada lógica e impulsos emitidos por el control del sentido de marcha.

Función destinada a las máquinas con inicio en marcha manual (ejemplo: avance progresivo de la mecánica en una operación de mantenimiento).



**Figura 3.21:** Ejemplo de funcionamiento en marcha paso a paso

### Parada por inyección de corriente continua

Permite frenar a baja velocidad los ventiladores de fuerte inercia o mantener un par en la parada en el caso de ventiladores situados en un flujo de aire. La parada por inyección de corriente continua se obtiene:

- Mediante parada normal configurada en parada por inyección de corriente continua (cuando desaparece una orden de marcha o aparece una orden de parada),
- Mediante validación de una entrada lógica.

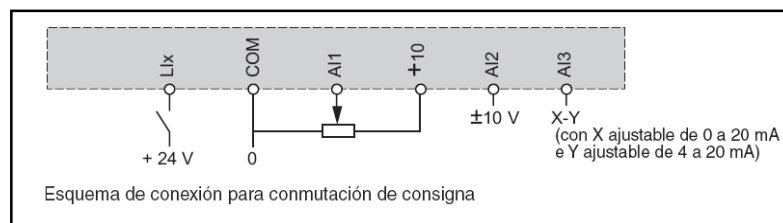
La corriente continua y el tiempo de frenado en la parada se pueden ajustar.

### Conmutación de consigna

La conmutación entre 2 consignas de velocidad se puede validar mediante:

- Una entrada lógica,
- Un bit en una palabra de control Modbus o CANopen.

La consigna 1 está activa si la entrada lógica (o el bit de la palabra de control) está en el nivel 0, la consigna 2 está activa si la entrada lógica (o el bit de la palabra de control) está en el nivel 1. La conmutación de consigna puede realizarse con el motor en marcha.



**Figura 3.22:** Esquema de conexión para conmutación de consigna

### Regulador PI

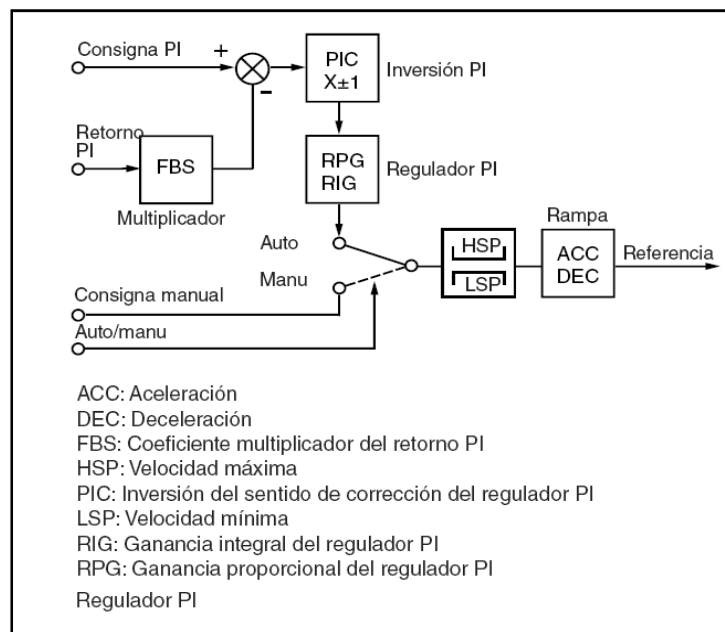
Permite regular de forma sencilla un caudal o una presión con sensor que proporcione una señal de retorno adaptada al variador. Función destinada a las aplicaciones de bombeo y ventilación.

- Consigna PI:
  - Consigna interna del regulador ajustable de 0 a 100,
  - Consigna de regulación elegida entre todos los tipos de consigna de regulación,
  - Consignas PI preseleccionadas
- 2 ó 4 consignas PI preseleccionadas ajustables de 0 a 100 requieren utilizar respectivamente 1 ó 2 entradas lógicas.
- Consigna manual:
  - consigna de velocidad elegida entre todos los tipos de consigna de velocidad posibles.

- Retorno PI:
  - Entrada analógica AI1, AI2 o AI3.
- Auto/Menú:
  - Entrada lógica LI, para conmutación de la marcha en consigna de velocidad (Menú) o regulación PI (Auto).

Durante el funcionamiento en modo automático, es posible adaptar el retorno de proceso, efectuar una corrección de PI inverso, ajustar las ganancias proporcional e integral y aplicar una rampa (tiempo = ACC - DEC) de establecimiento de la acción del PI en el arranque y en la parada. La velocidad del motor está limitada entre LSP y HSP.

Nota: la función PI es incompatible con las funciones “velocidades preseleccionadas” y “paso a paso” (JOG). La consigna PI también se puede transmitir en línea a través del enlace serieRS485 Modbus o a través del bus CANopen.



**Figura 3.23:** Esquema de conexión para regulador PI

### Tabla de compatibilidad de las funciones

#### Entradas y salidas configurables

- Las funciones que no aparecen en el cuadro no presentan incompatibilidad alguna.
- Las funciones de parada tienen prioridad sobre las órdenes de marcha.
- La elección de las funciones está limitada:

- Por el número de entradas y salidas del variador,
- Por la incompatibilidad de algunas funciones entre sí.

•Las consignas de velocidad por orden lógica tienen prioridad sobre las consignas analógicas, esta tabla permitirá establecer la prioridad de las funciones del variador, para evitar su incompatibilidad.

**Tabla 3.3:** TABLA DE COMPATIBILIDAD DE LAS FUNCIONES

	Frenado por inyección de corriente continua	Entrada sumatoria	Regulador PI	Conmutación de referencias	Parada en “rueda libre”	Parada rápida	Marcha paso a paso	Velocidades preseleccionadas
Frenado por inyección de corriente continua					↑			
Entrada sumatoria			●	●				
Regulador PI		●					●	●
Conmutación de referencias		●						●
Parada en “rueda libre”	←					←		
Parada rápida					↑			
Marcha paso a paso			●					←
Velocidades preseleccionadas			●	●			↑	

●	Funciones incompatibles
□	Funciones compatibles
□	No tiene objeto

Funciones prioritarias (funciones que no pueden estar activas al mismo tiempo)

← ↑	La punta de la flecha indica que una función tiene prioridad sobre la otra
-----	--

### 3.3.4 Configuración de Fábrica

El Altivar 312 se entrega preajustado de fábrica para las condiciones de uso habituales:

- Visualización: variador listo [Listo] (rdY) con el motor parado y frecuencia del motor en marcha,

- Las entradas lógicas LI5 y LI6, entrada analógica AI3, salida analógica AOC y relé R2 no están asignados,
- Modo de parada en caso de que se detecte un fallo: rueda libre.

Verifique que los valores anteriores sean compatibles con la aplicación. Si es necesario, el variador se puede utilizar sin modificar los ajustes.

(1) Si desea un preajuste mínimo del variador, seleccione la macro-configuración [Macroconfiguración] (CFG) = [Marcha Paro] (StS) después [Restaurar config.] (FCS) = [Config. CFG] (InI).

**Tabla 3.4:** TABLA DE CONFIGURACIÓN DE FÁBRICA

<b>Cod.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
bFr	[Frecuencia estándar del motor]	[60 Hz IEC]
tCC	[Control 2/3 hilos]	[Control 2 hilos] (2C): control 2 hilos
UFt	[U/f mot 1 selecc 1]	[SVC](n): control vectorial del flujo sin captador para aplicaciones de par constante
ACC DEC	[rampa aceleración] [rampa desaceleración]	3,00 segundos
LSP	[velocidad mínima]	0 Hz
HSP	[velocidad máxima]	60 Hz
ItH	[I térmica del motor]	Corriente nominal del motor (el valor depende del calibre del variador)
SdC I	[nivelInt. DC auto. 1]	0.7 x corriente nominal del variador, para 0.5 segundos
SFr	[frecuencia de corte]	4 KHz
rrS	[asig. Marcha atrás]	[LI2](LI2): entrada lógica LI2
PS2	[2 vel. Preselecc.]	[LI3](LI3): entrada lógica LI3
PS4	[4 vel. Preselecc.]	[LI4](LI4): entrada lógica LI4
FrI	[CANAL REF. 1]	[AI1](AI1): entrada analógica AI1
SA2	[Ref. sumatoria 2]	[AI2](AI2): entrada analógica AI2
Rl	[asignación R1]	[Sin fallo](FLt): variador en fallo (el contacto se abre cuando se detecta un fallo o cuando el variador está en tensión)
brA	[Adapt. Rampa dec.]	[si](YES): función activa (adaptación automática de la rampa de desaceleración )
Atr	[Rearranque auto.]	[No](no): función inactiva
Stt	[tipo de parada]	[paro rampa](rMP): en rampa
CFG	[Macroconfiguración]	[Config. de fábrica](Std)(1)

La macro-configuración [Marcha Paro] (StS) es idéntica a la configuración de fábrica, excepto por la asignación de las entradas y salidas:

- Entradas lógicas:- LI1, LI2 (2 sentidos de marcha): control 2 hilos en la transición, LI1 = marcha adelante, LI2 = marcha atrás.
  - LI3 a LI6: inactivas (no asignadas).
- Entradas analógicas:
  - AI1: consigna de velocidad de 0 a 10 V.
  - AI2, AI3: inactiva (no asignada).
- Relé R1: el contacto se abre en caso de que se detecte un fallo (o si el variador está sin tensión).
- Relé R2: inactivo (no asignado).
- Salida analógica AOC: De 0 a 20 mA, inactiva (no asignada).

### 3.3.5 Programación

#### 3.3.5.1 Funciones del visualizador y las teclas

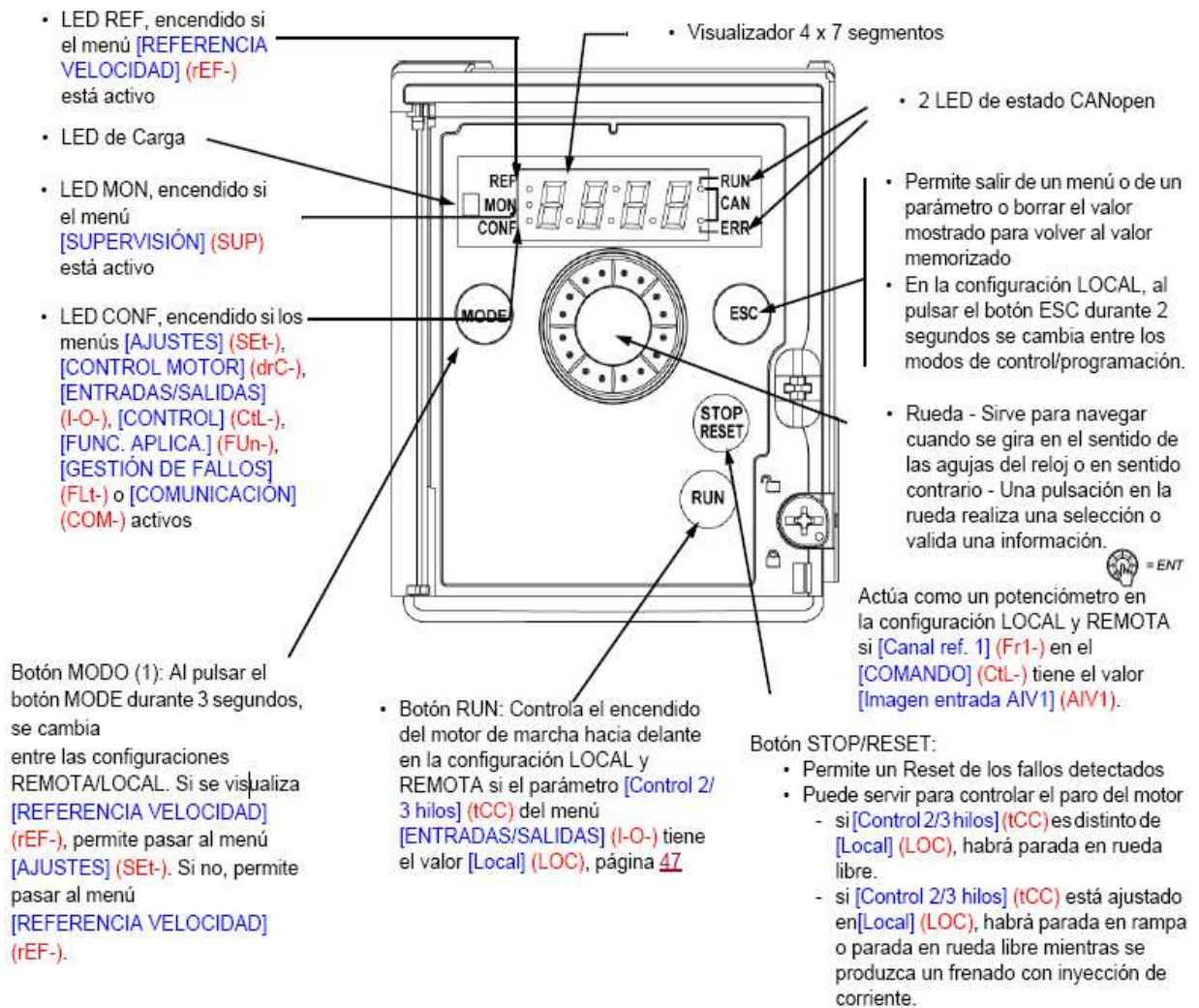


Figura 3.24: Descripción del IHM

Nota 1: En la configuración LOCAL, los tres LED REF, MON y CONF parpadean simultáneamente en el modo de programación y lucen alternativamente en el modo de control.

Visualización normal si no hay código de fallo y no es la primera puesta en tensión:

- 43.0: Visualización del parámetro seleccionado en el menú [SUPERVISIÓN] (SUP-) (por defecto: frecuencia del motor).

En caso de limitación de corriente, el parámetro visualizado parpadea. En este caso, si un terminal gráfico ATV61/ATV71 está conectado al variador, se visualizará CLI en la parte superior izquierda.

- InIt: Secuencia de inicialización.
- rdY : Variador listo
- dCb: Frenado por inyección de corriente continua en curso
- nSt: Parada en rueda libre
- FSt: Parada rápida

En caso de que se detecte un fallo, se visualizará el nombre del fallo detectado.

### 3.3.5.2 Acceso a los menús

1ª puesta en tensión después de los ajustes de fábrica

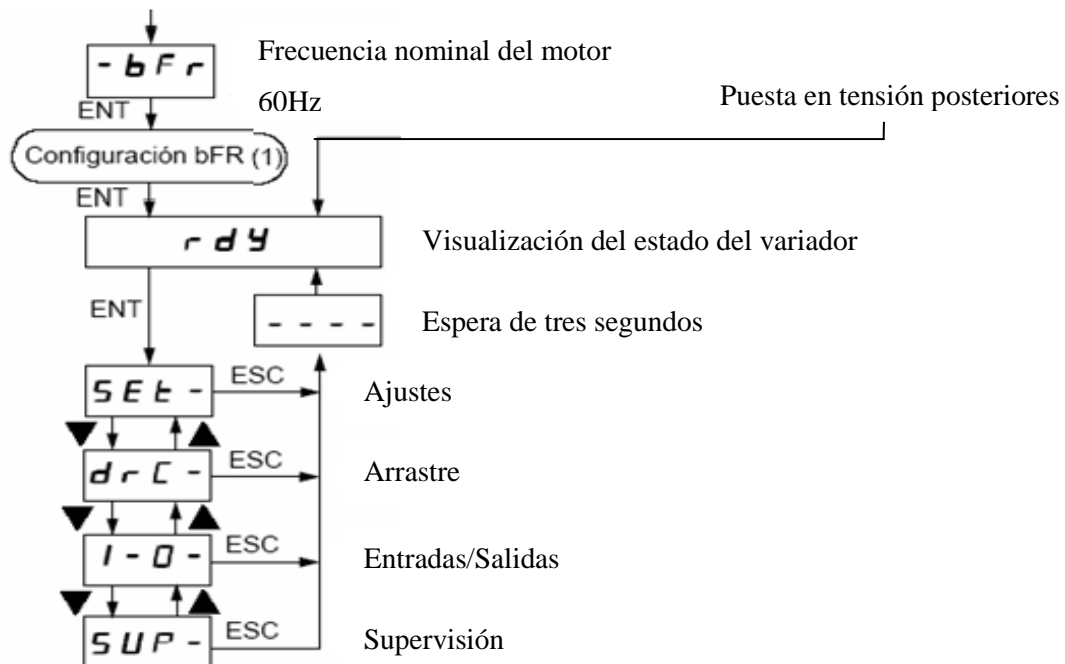
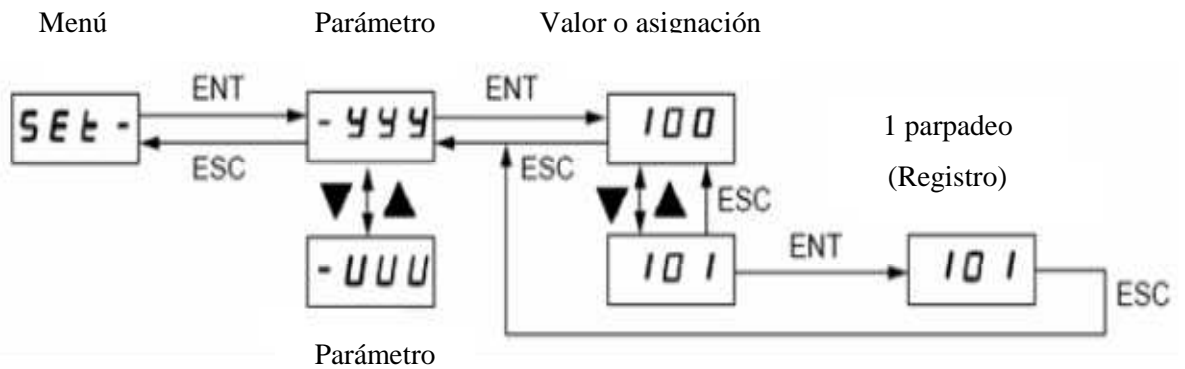


Figura 3.25: Diagrama de acceso a los menús



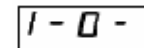
Configure bFr durante la primera puesta en tensión utilizando el mismo procedimiento para los demás parámetros, según lo descrito, tenga cuidado ya que bFr no podrá volver a modificarse a menos que se restablezca el reajuste de fábrica.

**3.3.5.3 Acceso a los parámetros**



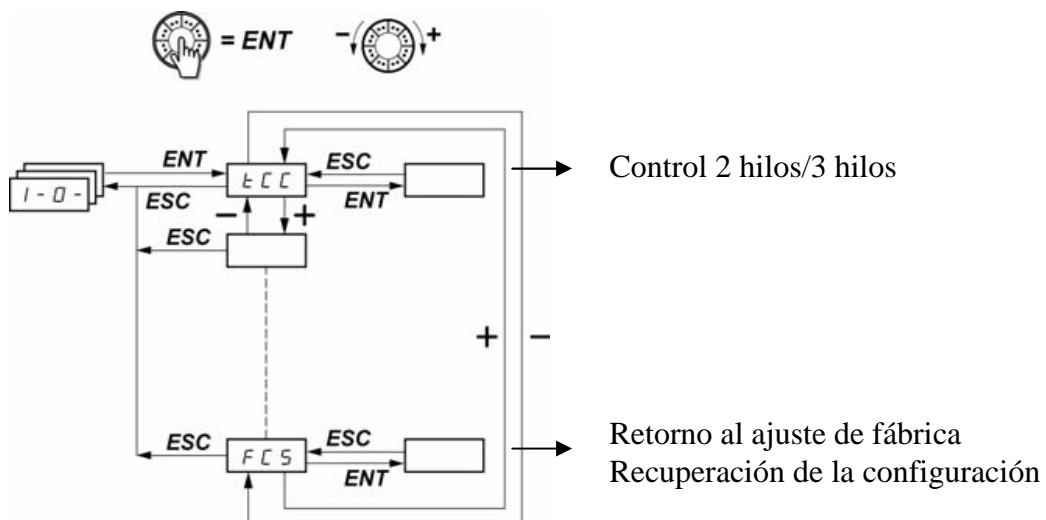
**Figura 3.26:** Diagrama de acceso a los parámetros

**3.3.5.4 Menú de asignación de las entradas y salidas**



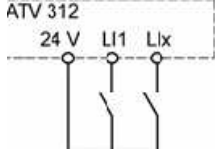
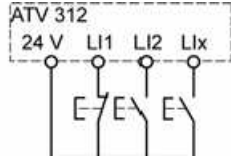

Los parámetros sólo pueden modificarse con el variador en parada, o sin orden de marcha. En el terminal remoto opcional ATV312, este menú es accesible en la posición del conmutador.

Las funciones están definidas en la aplicación de entradas y salidas configurables. En la tabla se describen los submenús y sus parámetros, para una programación adecuada del variador lea previamente cada parámetro a modificar y verifique el menú al que pertenece.



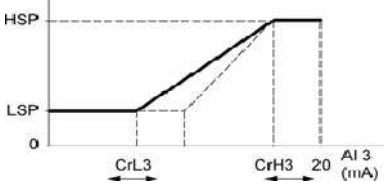
**Figura 3.27:** Diagrama de acceso a los parámetros de entradas y salidas

**Tabla 3.5:** TABLA Menú [ENTRADAS/SALIDAS] (I-O-)

Cód.	Asignación	Ajuste de fábrica
-tCC	<p>Configuración del control bornero: control 2 hilos o 3 hilos 2C=2 hilos, 3C=3 hilos, OPT= presencia de la opción local.</p> <p>Control 2 hilos: el estado abierto o cerrado de la entrada controla la marcha o la parada. Ejemplo de cableado: LI1: marcha adelante LIx: marcha atrás</p>  <p>Control 3 hilos (mando por impulsos): un pulso "adelante" o "atrás" es suficiente para controlar el arranque; un pulso de "parada" es suficiente para controlar la parada. Ejemplo de cableado: LI1: parada LI2: adelante LIx: atrás</p>  <p> Cambiar la asignación de tCC implica volver a los ajustes de fábrica de las entradas lógicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•tCC=2C:LI1: Sentido "adelante", no reasignable</li> <li>LI2:rrS(sentido "atrás")</li> <li>LI3:PS2</li> <li>LI4:PS4</li> <li>•tCC=3C:LI1: Stop, no reasignable</li> <li>LI2: For (sentido "adelante"), no reasignable</li> <li>LI3:rrS (sentido "atrás")</li> <li>LI4:JOG</li> <li>•tCC=OPT:LI1: no, no reasignable</li> <li>LI2:PS2</li> <li>LI3:PS4</li> <li>LI4:PS8</li> </ul>	2C
-LCC	<p>Parámetro accesible únicamente con la opción terminal remoto: no – YES</p> <p>Permite validar la orden dada al variador mediante los botones STOP/RESET, RUN y FWD/REV del terminal. La consigna de velocidad se obtiene a través del parámetro LFr del menú Set. Sólo las órdenes de parada en "rueda libre", parada rápida y parada por inyección permanecen activas a través del bornero. Si la conexión variador/terminal se corta, el variador se bloque indicando SLF.</p>	no

(1) Cuando se asigna esta función, aparecen los ajustes que deben modificarse en el menú SEt.

## Menú [ENTRADAS/SALIDAS] (I-O-) (CONTINUACIÓN)

-CrL -CrH	<p>Valor mínimo en la entrada AIC, ajustable entre 0 y 20 mA.</p> <p>Valor máximo en la entrada AIC, ajustable entre 0 y 20 mA.</p> <p>Estos dos parámetros permiten configurar la entrada a 0-20 mA, 4-20mA, 20-4 Ma, etc.</p> <p>Frecuencia</p>  <p>Si la entrada utilizada es AI2, los parámetros permanecen proporcionalmente activos: 4 mA→2V 20 mA→10V</p> <p>Para una entrada de 0-10 V, configure CrL a 0 y CrH a 20. Estos parámetros deben ajustarse cuando está activada la función PI.</p>	4 mA 20 mA
-LI2 -LI3 -LI4	<p>Entradas lógicas:</p> <p>no: no asignada</p> <p>rrS: sentido de rotación inverso (2 sentidos de marcha)</p> <p>rP2: conmutación de rampa(1)</p> <p>JOG: marcha paso a paso (1)</p> <p>PS2, PS4, PS8: Velocidades preseleccionadas</p> <p>nSt: parada en “rueda libre”. Función activa siempre que la entrada esté sin tensión.</p> <p>dCl: frenado por inyección de corriente continua IdC, limitada a 0.5 ItH a los 5 segundos si la orden se mantiene.</p> <p>FSt: parada rápida. Función activa siempre que la entrada esté sin tensión.</p> <p>FLO: forzado local.</p> <p>rSt: reinicialización de fallo</p> <p>rFC: conmutación de referencias cuando la entrada está desconectada, la referencia de velocidad es AIC/AI2 o aquella elaborada por la función PI si está asignada y cuando la entrada se encuentra conectada, la referencia de velocidad es AO1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Si tCC=3C,LI2=For(sentido adelante), no reassignable</li> <li>•Cualquier función sigue estando presente independientemente de que ya está asignada a otra entrada, sin embargo no es posible su asignación nuevamente.</li> <li>•la configuración de 4 u 8 velocidades preseleccionadas debe realizarse en el siguiente orden de asignación: PS2, luego PS4 y por último PS8.</li> </ul> <p>La anulación debe realizarse en el sentido inverso.</p>	RrS PS2 PS4

(1) Cuando se asigna esta función, aparecen los ajustes que deben modificarse en el menú SEt.

## Menú [ENTRADAS/SALIDAS] (I-O-) (CONTINUACIÓN)

-AO	Salida analógica no: no asignada OCr: corriente motor. 20mA corresponde a dos veces la intensidad nominal del variador. rFr: frecuencia motor, 20mA corresponde a la frecuencia máx. tFr. OLO: par motor, 20 mA corresponde a dos veces el par nominal del motor. OPr: potencia generada por el variador, 20mA corresponde a dos veces la potencia nominal del variador.	rFr
-AOt	Salida analógica 0: configuración a 0-20mA 4: configuración a 4-20mA	0
-AIC	Entrada analógica AIC/AI2 no: no asignada SAI: sumatoria con AI1 PII: retorno del regulador PI interno, siendo la referencia PI el parámetro de ajuste programable en rPI (1) PIA: retorno del regulador PI externo, estando la referencia PI asignada automáticamente a la señal presente en AI1 (1) •SAI no es asignable cuando una entrada lógica está asignada a rFC (conmutación de referencias) •PII y PIA no son asignables cuando una entrada lógica está asignada a JOG o PS2 •Cuando una entrada lógica LIx está asignada a rFC (conmutación de referencias) y AIC está asignada a PII o a PIA, la referencia de velocidad se toma sobre AI1 si LIx=1, y en la salida de PI si LIx=0.	SAI
-r2	Relé 2 no: no asignada FtA: umbral de frecuencia alcanzado. El contacto se cierra si la frecuencia del motor es mayor o igual al umbral ajustado por Ftd (1) CtA: umbral de corriente alcanzado. El contacto se cierra si la frecuencia del motor es mayor o igual al umbral ajustado por Ctd (1) SrA: Consigna alcanzada. El contacto se cierra si la frecuencia del motor es mayor o igual a la consigna. tSA: umbral térmico alcanzado. El contacto se cierra si el estado térmico del motor es mayor o igual al umbral ajustado por ttd (1).	SrA
-Add	Dirección del variador cuando se controla a través de su enlace serie. Regulable de 1 a 31.	1
-bdr	Velocidad de transmisión del enlace serie: 9.6=96000 bits/s ó 19.2=19200 bits/s 19200 bits/s es la velocidad de transmisión para la utilización de la opción terminal remoto. La modificación de este parámetro solo es válida después de apagar y volver a encender el variador.	19.2

(1) Cuando se asigna esta función, aparecen los ajustes que deben modificarse en el menú SEt.

### 3.3.5.5 Menú Accionamiento [CONTROL MOTOR] d r C -

Excepto los parámetros Frt, SFr, nrd y SdS, que pueden asignarse en funcionamiento, el resto de los parámetros sólo pueden modificarse con el variador parado y bloqueado caso contrario puede provocar daños materiales.

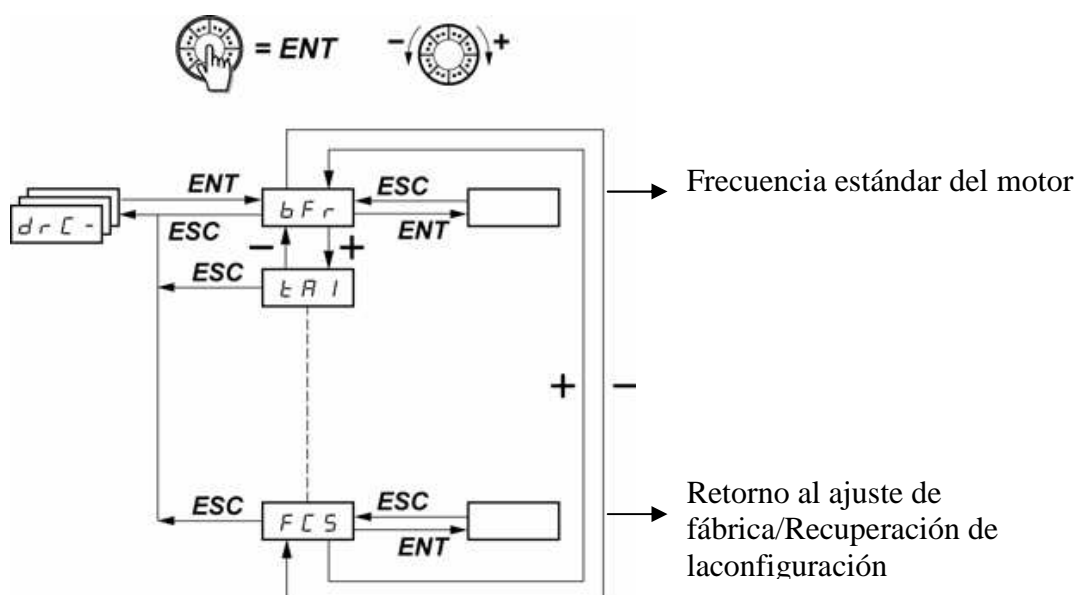
Para optimizar el rendimiento del accionamiento:

- Introduzca los valores que aparecen en la placa de características
- Ejecute un autoajuste (en un motor asíncrono estándar)

Procedimiento:

- Asegúrese de que el motor está frío.
- Desconecte los cables del terminal del motor.
- Mida la resistencia entre 2 de los bornes del motor (U. V. W.) sin modificar su acoplamiento.
- Verifique los parámetros de control del motor en el variador antes de poner en tensión al variador.
- Entre la mitad del valor medido, con la rueda de navegación.

Si no ingresa los datos correctos de placa del motor en cada parámetro, se produce un error que no le permitirá arrancar el motor.




**Figura 3.28:** Diagrama de acceso al menú de accionamiento

**Tabla 3.6:** TABLA Menú [CONTROL MOTOR] (drC-)

Cód.	Asignación	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
-bFr	Frecuencia estándar del motor Este parámetro modifica los preajustes velocidad máxima (HSP). 50 Hz IEC 60Hz NEMA		60 Hz
-Uns	Tensión nominal del motor Este parámetro aparece en la placa del motor.		208 V
-FrS	Frecuencia nominal del motor aparece en la placa de características de este. <b>Nota:</b> La relación $\frac{[Tensión\ Nom.Motor](Uns)(en\ voltios)}{[Frec.nom.motor](FrS)(en\ Hz)}$ no debe sobrepasar 7 como máximo.		60 Hz
-nCr	Intensidad nominal del motor Configura en la placa.	0.25 a 1.5 In (1)	Según el calibre del variador
-nSP	Velocidad nominal del motor. 0 a 9999 rpm y luego a 3276 Krpm Si la placa de características no indica la velocidad nominal, sino la de sincronismo y el deslizamiento en Hz o en %, la velocidad nominal debe calcularse de la siguiente forma: •velocidad nominal= $\frac{velocidad\ de\ sincronismo}{100 - deslizamiento\ en\ \%} \times 100$ •velocidad nominal= $\frac{velocidad\ de\ sincronismo}{50 - deslizamiento\ en\ \%} \times 50$ (motores 50 Hz) •velocidad nominal= $\frac{velocidad\ de\ sincronismo}{60 - deslizamiento\ en\ \%} \times 60$ (motores 60 Hz)	0 a FtA	Según calibre del variador
-COS	Motor 1 Cos fi Coseno phi que configura en la placa del motor.	0.5 a 1	Según el calibre del variador
-rSC	Resistencia estator fría [NO] (nO): función inactiva Para las aplicaciones que no precisan alto rendimiento o que no toleran el autoajuste automático (paso de corriente en el motor) en cada puesta en tensión. v [Inicio] (InIt): Activa la función. Para mejorar el rendimiento a baja velocidad sea cual sea el estado térmico del motor. v Valor de resistencia del estator en frío, en mΩ.		No
-tUn	Autoajuste No manipule el motor durante el ajuste. Los parámet. anteriores deben configurarse correctamente		No
tUS	Estado autoajuste Únicamente informativo no puede modificarse		No realizada


(1) Parámetro ajustable en funcionamiento.

## Menú [CONTROL MOTOR] (drC-) (CONTINUACIÓN)

-UFt	<p>Elección del tipo de ley tensión/frecuencia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L: par constante para motores en paralelo o motores especiales</li> <li>• P: par variable: aplicaciones en bombas y ventiladores</li> <li>• n: control vectorial del flujo sin captador para aplicaciones de par constante.</li> <li>• nLd: ahorro energético para aplicaciones de par variable o par constante sin necesidad de dinámica importante.</li> </ul>	L-P-n-nLd	n
-brA	<p>La activación de esta función permite la adaptación automática de la rampa de desaceleración, si se ha ajustado a un valor muy bajo, habida cuenta de la inercia de la carga.</p> <p>no: función inactiva          YES: función activa. La adaptación de la rampa de desaceleración depende de los ajuste de DEC y de la ganancia de FLG.</p> <p>La función es incompatible con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• un posicionamiento sobre la rampa</li> <li>• la aplicación de una resistencia de frenado</li> </ul>	no-YES	YES
-Frt (1)	<p>Frecuencia de conmutación de rampa</p> <p>Cuando la frecuencia de salida aumenta por encima de Frt, los tiempos de rampa que se toman en consideración son AC2 y dE2. Si Frt=0, la función no está activa.</p> <p>Este parámetro no aparece cuando se ha asignado una entrada lógica a la función de conmutación de la rampa.</p>	0 a HSP	0Hz
-Atr	<p>Rearranque automático después del bloqueo por fallo, siempre que éste haya desaparecido y las demás condiciones de funcionamiento lo permitan.</p> <p>El re arranque se efectúa mediante una serie de intentos automáticos, separados por tiempo de espera crecientes: 1 s, 5 s, 10 s, y luego 1 min., para los siguientes.</p> <p>Si el arranque no se produce a los 6 minutos el proceso se abandona y el variador permanece bloqueado hasta que se apague y vuelva a ponerse en tensión manualmente.</p> <p>Los fallos que autorizará esta función son:          OHF, OLF, USF, ObF, OSF.PHF, OPF, y SLF.</p> <p>El relé de seguridad del variador permanece activado si la función también esta activada.</p> <p>Esta función solo puede utilizarse con control 2 hilos (tCC=2C).</p> <p> <b>Asegúrese que el re arranque no provoque riesgos humanos ni materiales.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• -no: función inactiva</li> <li>• YES: función activa</li> <li>• USF: función activa únicamente para el fallo UDF</li> </ul>	no-YES-USF	YES

(1) Parámetro ajustable en funcionamiento.

## Menú [CONTROL MOTOR] (drC-) (CONTINUACIÓN)

-SFr (1)	Frecuencia de corte La frecuencia de corte se puede ajustar para reducir el ruido de corte del motor, por encima de 4 KHz debe desclasificarse la corriente de salida del variador. • Hasta 12 KHz desclasificación del 1.25% por KHz, es decir, 12KHz 10% Por encima de 12 KHz: desclasificación del 10% + 3.3% por KHz, es decir a 15KHz 19.9%.	2 a 15Hz	4.0
-nrd (1)	Esta función modula la frecuencia de corte de forma aleatoria con el fin de reducir el ruido del motor. no: función inactiva. YES: función activa.	no-YES	YES
- OPL	Permite validar el fallo de pérdida de fase del motor. no: función inactiva YES: función activa (detección de la ausencia de fase del motor) • OAC: Activación de la función que gestiona la presencia de un contactor aguas abajo.	no-YES- OAC	YES
-IPL	Permite validar el fallo de pérdida de fase de la red. no: función inactiva. YES: función activa Los modelos ATV28HU09N2, U29M2, y U41M2 no admiten este parámetro para red monofásica. La detección solo tiene lugar si el motor esta en carga (alrededor de 0.7 veces la potencia nominal).	no-YES	YES
-StP	Parada controlada tras un corte de red. Controla la parada del motor durante un corte de red, según una rampa ajustable mediante FLG, en función de la dureza de la parada. no: función inactiva YES: función activa	no-YES	no
-FLr	Permite validar el rearranque sin golpes (recuperación de vuelo) después de: •corte de red o simplemente apagado • Reinicialización de fallo o rearranque automático • Parada en “rueda libre” o parada por inyección CC por entrada lógica no: función inactiva YES: función activa	no-YES	no
-drn	Permite reducir el umbral de activación del fallo USF para que el aparato funcione aunque la red presente caídas de tensión del 40%. no: función inactiva YES: función activa  •Es indispensable utilizar una inductancia de línea •El rendimiento del variador sólo puede garantizarse en este modo cuando funciona con subtensión.	no-YES	no
-FC S	Retorno a los ajustes de fábrica (excepto ajuste de LCC) no: no YES: Si; el mensaje que se visualizará a continuación será Inlt y luego bFr.	no-YES	no

(1) Parámetro ajustable en funcionamiento.



## Menú [CONTROL MOTOR] (drC-) (CONTINUACIÓN)

-SdS (1)	Factor de escala del parámetro de visualización Spd (menú -SUP) que permite visualizar un valor proporcional a la frecuencia de salida, la velocidad de la máquina o la velocidad del motor. Por ejemplo: Motor 4 polos, 1500rpm a 50Hz: •SdS=30 •SPd=1500 a 50 Hz	1 a 200	30
-------------	--	---------	----

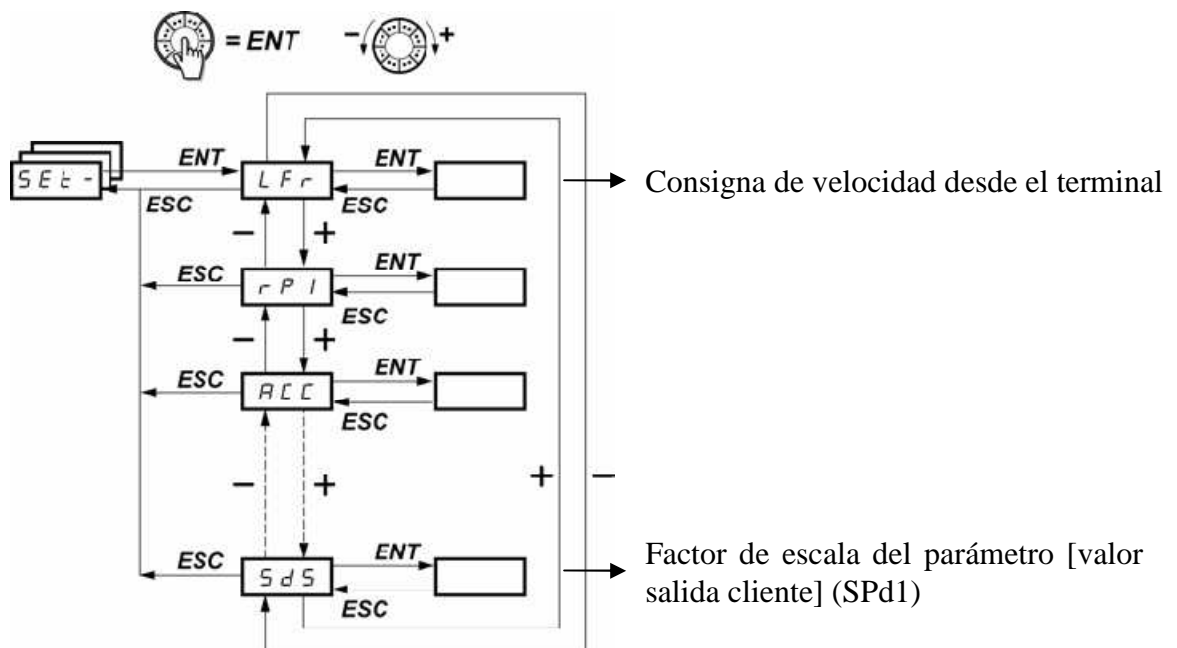
(1) Parámetro ajustable en funcionamiento.

### 3.3.5.6 Menú [AJUSTES] S E t -

Es posible modificar los parámetros de ajuste con el variador parado o en funcionamiento.

Asegúrese de que los cambios durante el funcionamiento no comportan riesgo. De todas formas es preferible efectuarlos cuando el variador está parado.

Estos parámetros sólo aparecen si la función correspondiente se ha seleccionado en otro menú. Cuando son accesibles y ajustables desde el menú de configuración de la función correspondiente, para una programación más cómoda, sus descripciones se incluyen en los menús siguientes.



**Figura 3.29:** Diagrama de acceso al menú de ajustes

**Tabla 3.7:** TABLA Menú [AJUSTES] (SEt-)

Cód.	Asignación	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
-LFr (2)	Consigna de velocidad desde el terminal. Este parámetro aparece con la opción terminal remoto si se ha validado la orden del variador desde el terminal: parámetro LCC del menú I-O-.	LSP a HSP	
-rPI (2)	Referencia interna PI Este parámetro aparece si se ha asignado la entrada analógica AIC/AI2 a la función PI interna (AIC=PII). El rango de ajuste rPI es un porcentaje de AI max (valor interno de la referencia de frecuencia). AI max depende de la tensión aplicada a AI2 o de la corriente de entrada en AIC y de los ajustes de los parámetros CrL y CrH del menú I-O.  Para definir rPI: $rPI=100 \frac{(AIC \times FbS) - CrL}{CrH - CrL} \quad \text{con } (AIC \times FbS) \leq 10$ Ejemplo :regulación de proceso con 10 mA de retorno en la entrada AIC configurada en 4 mA – 20 mA $rPI=100 \frac{10-4}{20-4} = 37.5$	0.0 a 100.0%	0.0
-rOt	Sentido de marcha. Este parámetro aparece en presencia de la opción “control local”. Define el sentido de la marcha: •adelante: For •atrás: rrS	For-rrS	For
-ACC -dEC	Tiempos de rampas de aceleración y desaceleración. Definidos para pasar de 0 a la frecuencia nominal bFr. Asegúrese de que el valor de DEC no es demasiado bajo con respecto a la carga que se va a detener.	0.0 a 3600s 0.0 a 3600s	3 s 3 s
-AC2 -dE2 (2)	2º tiempo de la rampa de aceleración 2º tiempo de la rampa de desaceleración Es posible acceder a estos parámetros si el umbral de conmutación de la rampa (parámetro Frt del menú drC) es distinto de 0 Hz Ó si una entrada lógica está asignada a la conmutación de la rampa.	1.0 a 3600s 0.0 a 3600s	5 s 5 s
-HSP	Máxima velocidad: asegúrese de que este ajuste es adecuado para el motor y la aplicación.	LSP a tFr	bFr

(1) In corresponde a la intensidad nominal del variador que se indica en el catálogo y en la etiqueta descriptiva del variador.

(2) Estos parámetros aparecen si se han configurado las funciones correspondientes en los menús drC- o I-O-.

## Menú [AJUSTES] (SEt-) (CONTINUACIÓN)

-LSP	Mínima velocidad	0 a HSP	0 Hz
-ItH	Corriente utilizada para la protección térmica del motor. Ajuste ItH a la intensidad nominal que figura en la placa de características de motor. Para eliminar la protección térmica, incremente el valor al máximo (se visualiza ntH).	0.20 a 1.15In (1)	In (1)
-UFr	Permite optimizar el par a velocidad muy baja. Asegúrese de que el valor de UFr no es demasiado elevado con respecto a la saturación del motor que es superior en caliente.	0 a 100%	20
-SLP	Permite ajustar la compensación de deslizamiento en torno al valor fijado por la velocidad nominal del motor. Este parámetro solo aparece si el parámetro UFr=n en el menú drC.	0.0 a 5.0 Hz	Según el calibre del variador
-FLG	La ganancia del bucle de frecuencia interviene principalmente cuando brA=YES y durante la desaceleración. Consejos prácticos: •máquinas de inercia fuerte: reduzca progresivamente el valor en el caso de activaciones en fallos de sobretensión en desaceleración (OBF) •máquinas de ciclos rápidos o inercia baja: aumente progresivamente la ganancia FLG para optimizar la continuidad de la rampa de desaceleración (dEC) en el límite de la desconexión en fallos de sobretensión y desaceleración (OBF). Un exceso de ganancia puede provocar inestabilidad en el funcionamiento.	0 a 100%	33
-IdC	Intensidad de la corriente de frenado por inyección de corriente continua. A los 5 segundos, la corriente de inyección queda limitada a 0.5 Ith si está ajustada a un valor superior.	0.1 ItH a In(1)	0.7 In (1)
-tdC	Tiempo de frenado por inyección de corriente continua a la parada. Si se aumenta hasta 25.5 s, se visualiza "Cont" y la inyección de corriente pasa a ser permanente a la parada.	0 a 25.4 s Cont.	0.5 s
-JPF	Frecuencia oculta: impide el funcionamiento prolongado en una zona de frecuencias de 2 Hz alrededor de JPF. Esta función permite eliminar las velocidades críticas que comporten resonancia. El ajuste a 0 desactiva la función.	0 a HSP	0 Hz

(1) In corresponde a la intensidad nominal del variador que se indica en el catálogo y en la etiqueta descriptiva del variador.

(2) Estos parámetros aparecen si se han configurado las funciones correspondientes en los menús drC- o I-O-.

## Menú [AJUSTES] (SEt-) (CONTINUACIÓN)

-JOG (1)	Frecuencia de funcionamiento en marcha paso a paso	0 a 10 Hz	10 Hz
-rPG (1)	Ganancia proporcional del regulador PI, Aporta rendimiento dinámico durante las evoluciones rápidas de retorno PI.	0.01 a 100/s	1
rIG (1)	Ganancia integral del regulador PI, Aporta precisión estática durante las evoluciones rápidas de retorno PI.	0.01 a 100/s	1/s
-FbS (1)	Coefficiente multiplicador del retorno a PI	0.1 a 100	1
-PIC (1)	Inversión del sentido de corrección del regulador PI: no: normal, YES: inverso	no-YES	no
-SP2 (2)	2ª velocidad preseleccionada	LSP a HSP	10 Hz
-SP3 (2)	3ª velocidad preseleccionada	LSP a HSP	15 Hz
-SP4 (2)	4ª velocidad preseleccionada	LSP a HSP	20 Hz
-SP5 (2)	5ª velocidad preseleccionada	LSP a HSP	25 Hz
-SP6 (2)	6ª velocidad preseleccionada	LSP a HSP	30 Hz
-SP7 (2)	7ª velocidad preseleccionada	LSP a HSP	35 Hz
-Ftd (2)	Umbral de frecuencia del motor por encima del cual el contacto del relé R2=FtA se cierra	0 a HSP	bFr
-Ctd (2)	Umbral de corriente por encima del cual el contacto del relé R2=CtA se cierra	0.1 In a 1.5 In (1)	1.5 In (1)
-ttt (2)	Umbral del estado térmico del motor por encima del cual el contacto del relé R2=tSA se cierra	1 a 118%	100%
-tLS	Tiempo de funcionamiento a mínima velocidad. Después de estar funcionando en LSP durante el tiempo establecido, la parada del motor se genera automáticamente. El motor reanuda si la referencia de frecuencia es superior a LSP y si hay una orden de marcha activa. Atención: el valor 0 corresponde a un tiempo limitado de funcionamiento.	0 a 25.5 s	0 (sin límite de tiempo)

(1) In corresponde a la intensidad nominal del variador que se indica en el catálogo y en la etiqueta descriptiva del variador.

(2) Estos parámetros aparecen si se han configurado las funciones correspondientes en los menús drC- o I-O-.

### 3.3.5.7 Menú [SUPERVISIÓN] SUP -

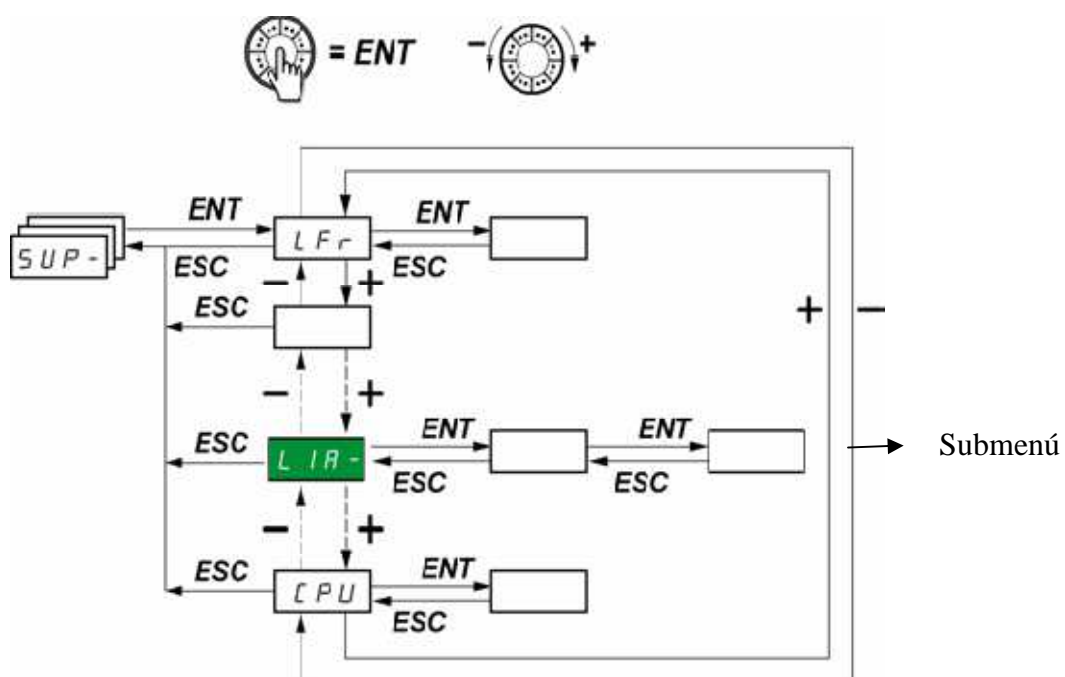
Los parámetros son accesibles en marcha o en paro. En el terminal remoto opcional, este menú es accesible en cualquier posición del conmutador.

Ciertas funciones incluyen numerosos parámetros. Para facilitar la programación y evitar un tedioso desfile de parámetros, estas funciones se han agrupado en submenús.

Cuando el variador está en marcha, el valor mostrado corresponde al de uno de los parámetros de supervisión. Por defecto, el valor asignado es la frecuencia de salida aplicada al motor (parámetro [Frecuencia de salida] (rFr)).


Durante la visualización del valor del nuevo parámetro de supervisión deseado, es necesario pulsar una segunda vez la rueda "ENT" de forma continuada (2 segundos) para validar el cambio de parámetro y memorizarlo. Desde ese momento, será el valor de ese parámetro el que se visualizará en marcha (incluso tras una desconexión de tensión). Si no se confirma la nueva selección pulsando por segunda vez la tecla "ENT" de forma continuada, se volverá al parámetro anterior después de la desconexión.

Nota: Después de un apagado o de un corte de red, el parámetro que se visualiza es el estado del variador ([Listo] (rdY) por ejemplo). El parámetro seleccionado se muestra después de una orden de marcha.



**Figura 3.30:** Diagrama de acceso al menú de supervisión

**Tabla 3.8:** TABLA Menú [SUPERVISIÓN] (SUP-)

<b>Cód.</b>	<b>Asignación</b>	<b>Unidad</b>
-FrH	Se visualiza la referencia de frecuencia	Hz
-rFr	Se visualiza la frecuencia de salida aplicada al motor	Hz
-SPd	Se visualiza el valor calculado por el variador (rFrXSdS)	---
-LCr	Se visualiza la corriente del motor	A
-OPr	Se visualiza la potencia generada por el motor y estimada por el variador.	%
-Uln	Se visualiza la tensión de red	V
-tHr	Se visualiza el estado térmico del motor. El 100% corresponde al estado térmico nominal. Por encima del 118%, el variador se desconecta en fallo OLF (sobrecarga del motor)	%
tHd	Se visualiza el estado térmico del variador.  El 100% corresponde al estado térmico nominal. Por encima del 118%, el variador se desconecta en fallo OHF (sobrecalentamiento del variador).  Puede volver a activarse por debajo del 70%.	%
-LFt	Se consulta el último fallo aparecido. Si no hay ningún fallo el display indica: noF.	---
-CPU	Versión del software del variador	---
-COd	Código de acceso: 0 a 9999. El valor 0 (ajuste de fábrica) no impide ninguna acción, pero cualquier otro valor bloquea el acceso a los menús SEt-, drC- e I-O-.  Si se desea bloquear el acceso, hay que incrementar el código utilizando (▲▼) y a continuación registrarlo pulsando (ENT).   <b>•No olvide apuntar el código, ya que una vez registrado no vuelve aparecer visualizado.</b>  Para acceder a los menús en un variador bloqueado con un código, hay que incrementar dicho código utilizando(▲▼) y luego validarlo pulsando (ENT):  •al seleccionar un código de acceso válido, este parpadea, pudiéndose a continuación configurar el código 0 para acceder a los menús. •al seleccionar un código de acceso inválido, el variador regresa a la pantalla inicial (rdY).	
----	Visualización del estado del variador: la fase de funcionamiento del motor o un posible fallo.  •Init: secuencia de inicialización •rdY: Variador listo •43.0: Visualización de la consigna de frecuencia •dcb: Frenado por inyección de corriente continua en curso. •rtrY: Rearranque automático en curso •nSt: Orden de parada “en rueda libre” •FSt: Orden de parada rápida •mEmO: Parámetro de memorización	

### 3.4 Pruebas de funcionamiento y arranque de los motores asíncronos con y sin variador.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron pruebas de funcionamiento del módulo para obtener al final mayor rendimiento, mayor rapidez en el control y mejor calidad de transmisión.

Para todas las pruebas realizadas se utilizaron criterios que el módulo debe cumplir; amigable, didáctico en su operación y confiable en los resultados.

Inicialmente para que el módulo sea considerado didáctico debe ser lo más ilustrativo posible y de fácil manipulación, para que de esta manera pueda ser de ayuda para los estudiantes.

Por otra parte debe ser confiable para poder aclarar dudas que las clases teóricas pudieran generar. Luego de todas estas evaluaciones se realizan los distintos métodos de arranque del motor asíncrono obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 3.9:** DATOS DE PLACA DEL MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA

<b>Datos de placa del motor</b>	
Velocidad Nominal	1800 RPM
Intensidad Nominal	1.2 A
Potencia	175 W
Frecuencia	60Hz

**Tabla 3.10:** DATOS DE PLACA DEL MOTOR DE INDUCCIÓN DE ROTOR BOBINADO

<b>Datos de placa del motor</b>	
Velocidad Nominal	1800 RPM
Intensidad Nominal	1.3 A
Potencia	175 W
Frecuencia	60Hz

#### 3.4.1 Arranque Directo

Los resultados obtenidos en las pruebas con el motor de inducción jaula de ardilla y de rotor bobinado, durante el arranque directo se resumen a continuación, para luego establecer las ventajas y desventajas con respecto al arranque con variador de velocidad.

**Tabla 3.11: RESULTADOS DEL ARRANQUE DIRECTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA**

<b>Tabla de Resultados</b>				
PAR (lbf.plg)	I <sub>1</sub> Régimen (A)	I <sub>2</sub> Régimen (A)	I <sub>3</sub> Régimen (A)	Velocidad (RPM)
0	0.82	0.82	0.81	1788
2	0.89	0.9	0.75	1771
4	0.95	0.97	0.8	1748
6	1.05	1.05	0.9	1727
8	1.15	1.14	1	1711
10	1.25	1.24	1.1	1682
12	1.4	1.4	1.2	1656

Intensidad de arranque en vacío (0 lbf.plg) = 0.9 A

Intensidad de arranque a plena carga (28 lbf.plg) = 4.4 A

Como se puede observar la corriente en el momento del arranque con carga se tiene un pico de corriente que alcanza 3.6 veces la corriente nominal, por lo que se requiere tener un método para disminuir la misma al momento de arrancar el motor.

Si se observa la corriente de régimen se puede apreciar que esta va incrementándose a medida que la carga aumenta, mientras ocurre lo inverso con la velocidad.

**Tabla 3.12: RESULTADOS DEL ARRANQUE DIRECTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN DE ROTOR BOBINADO**

<b>Tabla de Resultados</b>				
PAR (lbf.plg)	I <sub>1</sub> Régimen (A)	I <sub>2</sub> Régimen (A)	I <sub>3</sub> Régimen (A)	Velocidad (RPM)
0	0.16	0.16	0.16	1769
2	0.24	0.25	0.23	1711
4	0.34	0.36	0.34	1660
6	0.47	0.5	0.5	1622
8	1	1.2	1.1	1579
10	1.25	1.35	1.3	1546
12	1.55	1.7	1.65	1490

Intensidad de arranque en vacío (0 lbf.plg) = 0.9 A

Intensidad de arranque a plena carga (28 lbf.plg) = 5.1 A

La corriente de régimen se incrementa a medida que la carga aumenta, y la velocidad disminuye.



Como se puede observar en el momento del arranque con carga se tiene una corriente elevada con respecto a la corriente nominal del motor, por lo que se requiere otro método para disminuir la misma al momento de arrancar el motor.

### 3.4.2 Arranque estrella-triángulo

Los resultados obtenidos en las pruebas con el motor jaula de ardilla durante el arranque estrella-triángulo se resume de la siguiente manera:

**Tabla 3.13:** RESULTADOS DEL ARRANQUE DELTA CON MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA

<b>Tabla de Resultados</b>				
PAR (lbf.plg)	I <sub>1</sub> Régimen (A)	I <sub>2</sub> Régimen (A)	I <sub>3</sub> Régimen (A)	Velocidad (RPM)
0	0.8	0.9	0.8	1787
2	0.85	0.9	0.8	1770
4	0.9	0.95	0.85	1670
6	1	1	0.9	1678
8	1.1	1.1	1	1702
10	1.2	1.2	1.1	1662
12	1.3	1.35	1.3	1653

Intensidad de arranque en vacío (0 lbf.plg) = 0.9 A

Intensidad de arranque a plena carga (28 lbf.plg) = 4.8 A

En este método de arranque disminuye el pico de corriente con respecto al arranque directo, pero con la corriente de régimen y la velocidad ocurre lo mismo.

### 3.4.3 Arranque con variador de velocidad

#### 3.4.3.1 Arranque y regulación del motor jaula de ardilla con el variador de velocidad ATV312HO75M3

Estos resultados se obtienen cuando el variador se fija a 60 Hz, pero estos valores de corriente en el momento del arranque son regulables según las necesidades entre un 25 y 75% mediante el potenciómetro.

Este método permite tener una corriente de régimen y una velocidad aproximadamente constantes aún con incremento de carga en el motor jaula de ardilla.

**Tabla 3.14: RESULTADOS DEL ARRANQUE CON VARIADOR DEL MOTOR DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA**

<b>Tabla de Resultados</b>				
PAR (lbf.plg)	F 60 Hz			
	I <sub>1</sub> Régimen (A)	I <sub>2</sub> Régimen (A)	I <sub>3</sub> Régimen (A)	Velocidad (RPM)
0	2.3	2.2	2.2	1797
2	2.35	2.2	2.35	1790
4	2.35	2.2	2.35	1783
6	2.36	2.22	2.36	1773
8	2.25	2.15	2.15	1768
10	2.35	2.15	2.20	1746
12	2.35	2.18	2.21	1732

Intensidad de arranque en vacío (0 lbf.plg) = 0.9 A

Intensidad de arranque a plena carga (28 lbf.plg) = 4.5 A

### **3.4.3.2 Arranque y regulación del motor de rotor bobinado con el variador de velocidad ATV312HO75M3**

**Tabla 3.15: RESULTADOS DEL ARRANQUE CON VARIADOR DEL MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR BOBINADO**

<b>Tabla de Resultados</b>				
PAR (lbf.plg)	F 60 Hz			
	I <sub>1</sub> Régimen (A)	I <sub>2</sub> Régimen (A)	I <sub>3</sub> Régimen (A)	Velocidad (RPM)
0	0.11	0.11	0.1	1749
2	0.2	0.2	0.11	1746
4	0.6	0.55	0.5	1729
6	0.85	0.9	0.85	1721
8	1.12	1.2	1.1	1726
10	1.8	1.8	1.9	1699
12	2.5	2.6	2.5	1637

Intensidad de arranque en vacío (0 lbf.plg) = 1.1 A

Intensidad de arranque a plena carga (28 lbf.plg) = 6.5

En el caso del motor de rotor bobinado la corriente de régimen y la velocidad van decreciendo poco a poco con respecto al arranque directo de este motor.

Mientras la corriente arranque es regulable mediante el potenciómetro, desde 25 a 70% de la corriente nominal del motor.

### **3.4.3.3 Parada controlada por inyección de CC en el motor jaula de ardilla con el variador de velocidad ATV312HO75M3**

En esta prueba se realizó el frenado por inyección de CC al motor, tiempo que fue controlado por el interruptor de botón, este no debe ser presionado demasiado tiempo ya que se estaría dando corriente de CC al motor parado incrementando su temperatura, y se procedió a medir la corriente de frenado en el motor.  $I_{\text{FRENO}} = 0.7 \text{ A}$ , este tipo de aplicación nos permite obtener una parada rápida y precisa del motor.

### **3.4.3.4 Aplicación de aproximación en el motor jaula de ardilla con el variador de velocidad ATV312HO75M3**

Esta práctica se realizó con el objeto de comprobar la entrada lógica de aproximación JOGGING (marcha paso a paso), es decir una marcha lenta sin causar daños al motor y de igual manera solo existe un leve decrecimiento en la corriente, esto permite alcanzar una velocidad suave y precisa de la máquina para aplicaciones como en bandas transportadoras, molinos, grúas, etc.

## **3.5 Elaboración del manual de mantenimiento del módulo**

Para tener un adecuado y óptimo funcionamiento del módulo debe realizarse un correcto mantenimiento considerando las siguientes recomendaciones:

- Verificar el voltaje de alimentación, que sea el adecuado.
- Revisar que los potenciómetros y demás componentes se encuentren calibrados.
- Se debe realizar una limpieza periódica teniendo cuidado de no desconectar o deteriorar cualquier circuito. La limpieza es muy importante pues la presencia de polvo puede interferir en las líneas.
- Verificar que todas las conexiones del módulo se encuentren bien aseguradas, que no existan cables flojos, pues la vibración del módulo por la variación de la velocidad puede producir estos eventos, con esto se podrá evitar corto circuitos y el mal funcionamiento del mismo.

### **3.5.1 Mantenimiento y manipulación del Altivar 32**

El Altivar 312 no necesita mantenimiento preventivo. No obstante, es aconsejable realizar las siguientes recomendaciones.

- Verificar el estado y los aprietes de las conexiones
- Asegurarse de que la temperatura cercana al aparato se mantiene a un nivel aceptable y que la ventilación es adecuada (vida media de los ventiladores: 3 a 5 años dependiendo de las condiciones de explotación)

### **Asistencia a la manipulación**

Si detecta anomalías en la puesta al servicio o durante la explotación, compruebe en primer lugar que las recomendaciones relativas a las condiciones ambientales, el montaje y las conexiones se han respetado.

El primer fallo que se detecta queda grabado en la memoria y aparece en la pantalla: el variador se bloquea y el relé de contacto R1 se dispara.

### **Eliminación de fallos**

- Corte la alimentación si se trata de un fallo no rearmable.
- Espere que se apague por completo el LED y el display.
- Busque la causa del fallo y elimínela.
- Restablezca la alimentación: al hacerlo, se borra el fallo en caso de que haya desaparecido.

Cuando el fallo es rearmable, el variador vuelve arrancar automáticamente, una vez desaparecido el fallo, siempre que esta función haya sido programada.

### **Menú Supervisión**

Permite preveer y encontrar las causas de fallos mediante la visualización del estado del variador y de valores actuales.

## **3.5.2 Fallos. Causas. Soluciones**

### **3.5.2.1 El variador no arranca y no muestra ningún fallo**

Al asignar las funciones “parada rápida” o “parada en rueda libre”, el variador no arranca si las entradas lógicas correspondientes no están en tensión. En estos casos, el display muestra el mensaje “nSt” cuando está en “parada en rueda libre” y “FSt” cuando está en “parada rápida”. Esta situación es normal, ya que dichas funciones se activan en el momento del rearme con el objetivo de conseguir la mayor seguridad en la parada en caso de que se corte el cable.

Cuando se produce una puesta en tensión o una reinicialización de fallo bien manual, bien tras una orden de parada, el variador alimenta al motor una vez que se han reiniciado los órdenes “adelante”, “atrás” y “parada por inyección de corriente continua”. Por defecto el display muestra el mensaje “rdY”, pero el variador no arranca.

Si la función de arranque automático está configurada, dichas órdenes se implementan sin necesidad de una puesta a cero previa.

### 3.5.2.2 Fallos no rearmables automáticamente

**Tabla 3.16: FALLOS NO REARMABLES AUTOMÁTICAMENTE**

<b>Fallo</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
-OCF sobreintensidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rampa demasiado corta</li> <li>- Inercia o carga demasiado fuertes</li> <li>- Bloqueo mecánico</li> <li>- Cortocircuito de fase del motor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compruebe los ajustes</li> <li>- Verifique el dimensionamiento del motor, el variador y la carga</li> <li>- Verifique el estado de la mecánica</li> <li>- Verifique los cables de conexión del variador al motor</li> </ul>
-SCF cortocircuito del motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cortocircuito o puesta a tierra en la salida del variador</li> <li>- Corriente de fuga importante a tierra en la salida del variador en el caso de varios motores en paralelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verifique los cables de conexión del variador al motor y el aislamiento del motor</li> <li>- Ajuste la frecuencia de corte</li> <li>- Ajuste las inductancias del motor</li> </ul>
-InF Fallo interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo interno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verifique las condiciones ambientales (compatibilidad electromagnética)</li> <li>- Compruebe que la posible opción “control local” ha sido conectada o desconectada en tensión</li> <li>- Envíe el variador para su comprobación o reparación</li> </ul>
-tnF Error de autoajuste	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motor especial o motor de potencia no adaptada al variador</li> <li>- Motor sin interconexión al variador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilice la ley L o la ley P</li> <li>- Compruebe la presencia del motor durante el autoajuste</li> <li>- En caso de utilizar un contactor aguas abajo, ciérrelo durante el autoajuste</li> </ul>
-EEF Fallo interno (EEPROM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo interno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envíe el variador para su comprobación o reparación</li> <li>- Medio ambiente contaminado respete las condiciones de explotación y de mantenimiento preventivo</li> </ul>

Debe suprimirse la causa del fallo antes del rearme apagando y volviendo a encender el variador.

### 3.5.2.3 Fallos rearmables con la función de rearmado automático una vez eliminada la causa

Estos fallos detectados también son rearmables por apagado y encendido o mediante entrada lógica (parámetro [Borrado fallos] (rSF)).

**Tabla 3.17: FALLOS REARMABLES CON LA FUNCIÓN DE REARRANQUE AUTOMÁTICO UNA VEZ ELIMINADA LA CAUSA**

<b>Fallo</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
-OHF Sobrecarga del variador	- $I^2t$ demasiado elevada: >1.85 In var - 2s >1.50 In var - 60s - temperatura del variador demasiado elevada	- Compruebe la carga del motor - Compruebe la ventilación del variador y las condiciones ambientales. Espere que se enfríe para volver arrancarlo
-OLF Sobrecarga del motor	-Disparo por $I^2t$ motor demasiado elevado	- Verifique el ajuste de la protección térmica del motor y compruebe la carga del motor. Espere que se enfríe para volver arrancarlo
-OSF sobretensión	- Tensión de red demasiado elevada - red perturbada	- Verifique la tensión de red
-USF Subtensión	- Red demasiado débil - Bajada de tensión temporal - Resistencia de carga deteriorada	- Verifique la tensión y el parámetro tensión - Rearme el aparato - Envíe el variador para su comprobación o reparación
-ObF Sobretensión en funcionamiento o en desaceleración	- Frenado demasiado brusco o carga arrastrante - Tensión de red demasiado elevada - Red perturbada	- Aumente el tiempo de desaceleración - Adjunte una resistencia de frenado en caso necesario - Active la función brA si es compatible con la aplicación -Verifique la tensión de red
-PHF Fallo de fase de la red en carga	- Variador mal alimentado o fusión de un fusible - Interrupción fugitiva de una fase - Utilización de un variador trifásico en monofásico - Potencia del transformador de alimentación insuficiente - Ondulaciones en la red - Inestabilidad de la carga	- Verifique las conexiones de potencia y los fusibles - Rearme el aparato - Utilice una red trifásica - Compruebe la potencia del transformador de alimentación - Ajuste la ganancia del bucle de tensión UFr

-OPF Fallo de fase del motor	- Interrupción de una fase a la salida del variador - Contactor aguas abajo abierto - Motor sin cable o con potencia demasiado débil Inestabilidades instantáneas de la corriente del motor	- Verifique las conexiones del variador al motor - En caso de utilizar un contacto aguas abajo, fije los parámetros OPL a OAC -Prueba en motor de baja potencia o sin motor: con el ajuste de fábrica, se activa la detección de pérdida de fase del motor (OPL=YES). Para comprobar el variador en un entorno de prueba o de mantenimiento, y sin recurrir a un motor equivalente al calibre del variador, desactive la detección de fase del motor (OPL=no) - Optimice los ajustes del variador mediante Ith, UnS, UFr y autoajuste
-SLF Corte del enlace serie	- Mala conexión en la toma del variador - Desconexión de la comunicación en control local	-Verifique la conexión del enlace serie de la toma del variador - Restablezca la conexión

### 3.5.2.4 En caso de no funcionamiento sin visualización de fallo

Estos fallos se pueden inhibir y borrar a distancia por medio de una entrada lógica o de un bit de control (parámetro [Asig. Inhib. Fallos] (InH).

**Tabla 3.18:** EN CASO DE NO FUNCIONAMIENTO SIN VISUALIZACIÓN DE FALLO

<b>Fallo</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
Ningún código, LED apagado	- No hay alimentación	- Compruebe la alimentación del variador
-rdY LED rojo encendido	-Una entrada LI se ha asignado a “parada en rueda libre” o “parada rápida” y la entrada no se encuentra en tensión.	- Vuelva a conectar la entrada 24 V para invalidar la parada
-rdY o nSt No continuidad de la rampa de desaceleración	- Inercia importante o carga arrastrante	Vuelva los ajustes de dECYflg
-tnF Error de autoajuste	- Motor especial o motor de potencia no adaptada al variador - Motor sin interconexión al variador	- Utilice la ley L o la ley P - Compruebe la presencia del motor durante el autoajuste - En caso de utilizar un contactor aguas abajo, ciérrelo durante el autoajuste

### **3.6 Elaboración del manual de prácticas de laboratorio**

#### **3.6.1 PRÁCTICA N° 01**

**Tema:**

ARRANQUE Y REGULACIÓN DE VELOCIDAD DEL MOTOR JAULA DE ARDILLA  
CON EL VARIADOR ATV312HO75M3

**Objetivos:**

- Conocer los parámetros necesarios del ALTIVAR 312 para su puesta en marcha.
- Tomar en cuenta las normas de seguridad del ALTIVAR 312 antes y durante su arranque.
- Leer las prestaciones del ALTIVAR 312 y la Guía de Explotación. Ya que las prácticas que se describirán a continuación son parte de las muchas que pueden realizarse estudiando la Guía de Explotación.

**Conceptos básicos**

1.- El variador Altivar 312 es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos 200...600 V de 0,18 a 15 kW. Es resistente, de dimensión reducida y fácil de instalar. Sus funciones integradas están especialmente adaptadas para responder a las aplicaciones de máquinas industriales sencillas.

Después de desconectar la tensión del ALTIVAR, esperar un minuto antes de intervenir en el aparato. Este tiempo corresponde a la constante de tiempo de descarga de los condensadores.

En explotación, el motor puede pararse suprimiendo las órdenes de marcha o la consigna de velocidad, mientras que el variador queda bajo tensión. Si la seguridad del personal exige evitar cualquier re arranque intempestivo, este bloqueo electrónico es insuficiente: prever un corte del circuito de potencia.

2.- El variador comporta dispositivos de seguridad que pueden, en caso de fallo, ordenar la parada del variador y por lo tanto la parada del motor. Este motor puede también sufrir una parada por bloqueo mecánico. Finalmente, las variaciones de tensión, los cortes de alimentación en particular, pueden igualmente originar paradas.



Es importante por lo tanto que se conozca los posibles fallos que pueden ocurrir, para poder solucionarlos. Y es por eso que se detallan a continuación los más comunes. De producirse alguno de estos aparecerá en la pantalla sus símbolos mayor información en la guía de explotación.

OCF [SOBRECORRIENTE]

SCF [CORTOCIRCUITO DEL MOTOR]

SOF [SOBREVELOCIDAD]

OHF [SOBRECALENTAMIENTO DEL VARIADOR]

OPF [PÉRDIDA FASE MOTOR]

PHF [PÉRDIDA FASE DE LA RED]

OSF [SOBRETENSIÓN DE RED]

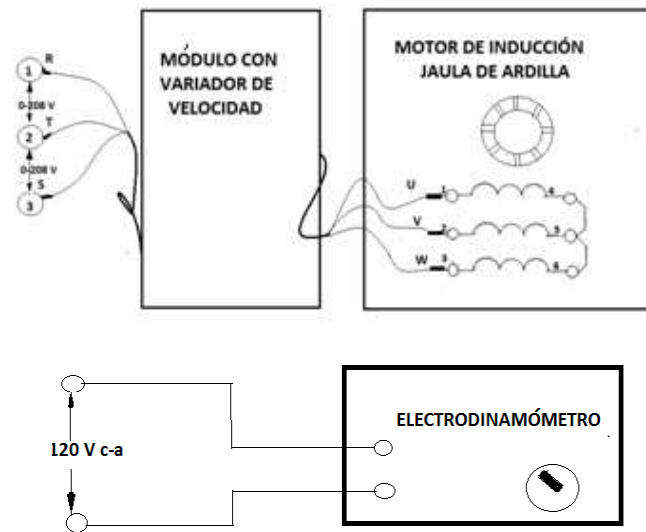
CFE [CONFIGURACIÓN INCORRECTA]

### **Equipos y Materiales**

- Fuente de alimentación 220 V CA.
- Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla EMS 8221.
- Módulo Didáctico con variador ATV312OH75M3.
- Módulo de electrodinamómetro EMS 8911.
- Tacómetro de mano.
- Cables de conexión.

### **Procedimiento**

1. Luego de haber leído la guía de explotación del ATV312OH75M3, conecte el circuito que se ilustra en la figura 3.31.
2. Conecte la fuente de alimentación, presione el pulsador de encendido en el guardamotor para alimentar con tensión al variador y aparecerá en el visualizador **rdy** que significa variador listo para funcionar.
3. Verifique la configuración del variador en el menú de control del motor **drC-**, si los datos de la placa del motor coinciden con la configuración puede arrancar el motor. Caso contrario continúe con los siguientes literales.



**Figura 3.31:** Diagrama de conexión del motor jaula de ardilla

4. Los parámetros solo se pueden modificar en parado (sin orden de marcha), para acceder a estos, seleccione **drC** girando la perilla del variador y presione por 2 segundos entonces aparecerán todos sus parámetros.

- **bFr** Frecuencia estándar del motor [60Hz NEMA]: Ajuste la frecuencia del motor con consigna máxima. Asegúrese de que este ajuste es adecuado para el motor y la aplicación.
- **Uns**: Tensión nominal del motor [208 V]: Aparece en la placa del motor. Cuando la tensión de línea sea inferior a la tensión nominal del motor, ajuste [Tensión Nom. Motor] (UnS) con el valor de la tensión de línea aplicada a los bornes del variador.
- **Frs**: Frecuencia nominal del motor [60 Hz]: Aparece en la placa del motor. Rango de 10 a 500 Hz.

Nota: La relación  $\frac{\text{Tensión Nom.Motor] (UnS) (en voltios)}}{[\text{Frec.nom.mot.}] (\text{FrS}) (en Hz)}$  no debe sobrepasar 7 como máximo para este tipo de variadores.

- **nCr**: Intensidad nominal del motor [1.2 A]: Aparece en la placa del motor. Rango de 0,25 a 1,5 In. In corresponde a la intensidad nominal del variador que se indica en la guía de instalación y en la placa de características del variador.
- **nSP**: Velocidad nominal del estator del motor [1800 RPM]: Aparece en la placa del motor, en este caso se calculo. Rango de 0 a 32760 rpm.
- **COS**: Cos fi del motor [0.92]: Coseno Phi que figura en la placa del motor. Rango de 0,5 a 1.

5. Una vez ajustados los parámetros anteriores, arrancar el motor dando una «orden de marcha» mediante el selector de S1 a right (sentido directo); S1 a left (sentido inverso), mida la corriente de arranque a 60 Hz, esta última se controla mediante el potenciómetro y se visualiza en la pantalla del variador.  $I_{\text{arranque en vacío}} = \dots\dots\dots$
6. Accionando el potenciómetro podremos comprobar la regulación de velocidad del motor. La velocidad de giro se puede visualizar en el parámetro «rFr».
7. Mida las tres corrientes de línea indicadas en el amperímetro, la velocidad del motor en vacío y anote en la tabla 3.20.
8. Reduzca el voltaje a cero, apague el variador con el pulsador en el guardamotor y desconecte la fuente de alimentación.
9. Acople el electrodinamómetro por medio de la banda, mueva la perilla de control del dinamómetro a su posición extrema haciéndola girar en sentido de las manecillas del reloj, ponga en tensión el motor durante 3 segundos y mida la corriente de arranque a plena carga a 60 Hz.  $I_{\text{arranque a plena carga a 60 Hz}} = \dots\dots\dots$
10. Repita el procedimiento 5, 6 y 7 para cada uno de los pares anotados en la tabla 3.20 y compare los resultados para sacar sus propias conclusiones.

**Tabla 3.19:** RESULTADOS DEL ARRANQUE DEL MOTOR JAULA DE ARDILLA CON EL VARIADOR DE VELOCIDAD ATV312HO75M3

<b>Resultados</b>				
PAR (lbf.plg)	Frecuencia máxima 60 Hz			
	I <sub>1</sub> Régimen (A)	I <sub>2</sub> Régimen (A)	I <sub>3</sub> Régimen (A)	Velocidad (RPM)
0				
3				
6				
9				

11. Finalmente pararemos el motor. Puede hacerse de diversas formas:
  - Disminuyendo la consigna analógica (con el potenciómetro). El motor disminuirá progresivamente de velocidad hasta «LSP» (mínima velocidad) para un valor de

consigna 0. (A la velocidad de 0.5 Hz se efectúa un frenado por corriente continuo automático).

- Eliminando la orden de marcha, pasando el selector a 0. El motor se parará en el tiempo establecido en el parámetro «dEC» del variador.

12. Desconecte la fuente de alimentación.

### 3.6.2 PRÁCTICA N° 02

**Tema:**

ARRANQUE Y REGULACIÓN DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE ROTOR BOBINADO  
CON EL VARIADOR ATV312HO75M3

**Objetivos:**

- Modificar la configuración del menú dCr para puesta en marcha del variador.
- Accionar un potenciómetro y disminuir progresivamente la velocidad de giro del eje de un motor hasta llegar a pararlo.
- Conocer aplicaciones del variador en la industria, y la manera en que influyen dentro de los procesos.

**Conceptos básicos**

1.- El variador de velocidad Altivar 312 está protegido a través de su electrónica contra los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra; garantiza por lo tanto la continuidad de servicio, así como la protección térmica del motor.

Para obtener una mejora del rendimiento del arrastre en precisión y del tiempo de respuesta, es necesario revisar los valores leídos en la placa de características del motor en el menú [CONTROL MOTOR] (drC-).

2.- En una cinta transportadora de productos alimenticios, un número determinado de operarios selecciona manualmente los productos en mal estado, para proceder a su retiro.

En un turno de trabajo el número de operarios es ocho y la velocidad de la cinta permite seleccionar correctamente los productos, pero en otro turno de trabajo el número de operarios es cuatro, con lo cual la velocidad de la cinta es excesivamente rápida y no da tiempo a seleccionar correctamente los productos caducos.

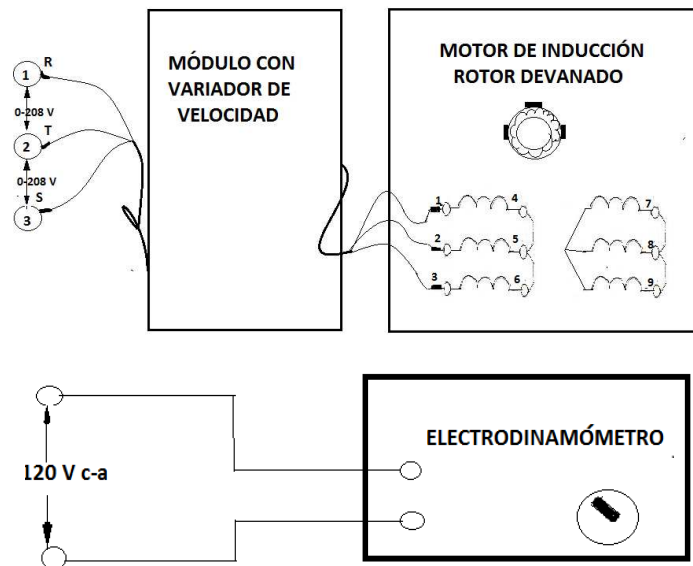
3.- Mediante un potenciómetro conectado a la entrada analógica del variador (AI1), regularemos la velocidad de la cinta. Con el puente a LI1 ó LI2, se da la orden de marcha y se selecciona sentido de giro a derechas o a izquierdas.

### Equipos y Materiales

- Fuente de alimentación 220 V CA.
- Módulo de motor de inducción de rotor devanado EMS 8231.
- Módulo Didáctico con variador ATV312OH75M3.
- Módulo de electrodinamómetro EMS 8911.
- Tacómetro de mano.
- Cables de conexión.

### Procedimiento

1. Sí es necesario leer la guía de explotación del ATV312OH75M3, conecte el circuito que se ilustra en la figura 3.32.



**Figura 3.32:** Diagrama de conexión del motor de rotor bobinado.

2. Conecte la fuente de alimentación, presione el pulsador de encendido en el guardamotor para alimentar con tensión al variador y aparecerá en el visualizador del variador **rdy** que significa está listo para funcionar.

3. Verifique la configuración del variador en el menú de control del motor **drC-**, si los datos de la placa del motor coinciden con la configuración puede arrancar el motor. Caso contrario continúe con los siguientes literales.
4. Los parámetros solo se pueden modificar en parado (sin orden de marcha), para acceder a estos, seleccione **drC** girando la perilla del variador y presione por 2 segundos entonces aparecerán todos sus parámetros.
  - **Bfr:** Frecuencia estándar del motor [60Hz NEMA]: Ajuste la frecuencia del motor con consigna máxima. Asegúrese de que este ajuste es adecuado para el motor y la aplicación.
  - **Uns:** Tensión nominal del motor [208 V]: Aparece en la placa del motor. Cuando la tensión de línea sea inferior a la tensión nominal del motor, ajuste [Tensión Nom. Motor] (UnS) con el valor de la tensión de línea aplicada a los bornes del variador.
  - **Frs:** Frecuencia nominal del motor [60 Hz]: Aparece en la placa del motor. Rango de 10 a 500 Hz.

Nota: La relación  $\frac{\text{Tensión Nom.Motor] (UnS) (en voltios)}}{[\text{Frec.nom.mot.}] (\text{FrS}) (\text{en Hz})}$  no debe sobrepasar 7 como máximo para este tipo de variadores.

  - **nCr:** Intensidad nominal del motor [1.3 A]: Aparece en la placa del motor. Rango de 0,25 a 1,5 In. In corresponde a la intensidad nominal del variador que se indica en la guía de instalación y en la placa de características del variador.
  - **nSP:** Velocidad nominal del motor calculada [1800 RPM]: Aparece en la placa del motor. Rango de 0 a 32760 rpm.
  - **COS:** Cos fi del motor [0.92]: Coseno Phi que figura en la placa del motor. Rango de 0,5 a 1.
5. Una vez ajustados los parámetros anteriores, arrancar el motor dando una «orden de marcha» mediante el selector de S1 a right (sentido directo); S1 a left (sentido inverso), mida la corriente de arranque a 60 Hz, esta última se controla mediante el potenciómetro y se visualiza en la pantalla del variador. **I arranque en vacío= .....**
6. Accionando el potenciómetro podremos comprobar la regulación de velocidad del motor. La velocidad de giro se puede visualizar en el parámetro «rFr».

7. Mida las tres corrientes de línea indicadas en el amperímetro, la velocidad del motor en vacío y anote en la tabla 3.21.
8. Reduzca el voltaje a cero, apague el variador con el pulsador en el guardamotor y desconecte la fuente de alimentación.
9. Acople el electrodinamómetro por medio de la banda, mueva la perilla de control del dinamómetro a su posición extrema haciéndola girar en sentido de las manecillas del reloj, ponga en tensión el motor durante 3 segundos y mida la corriente de arranque a plena carga a 60 Hz.  $I_{\text{arranque a plena carga a 60 Hz}} = \dots\dots\dots$
10. Repita el procedimiento 5, 6 y 7 para cada uno de los pares anotados en la tabla 3.20 y compare los resultados para sacar sus propias conclusiones.
11. Finalmente pararemos el motor. Puede hacerse de diversas formas:
  - Disminuyendo la consigna analógica (con el potenciómetro). El motor disminuirá progresivamente de velocidad hasta «LSP» (mínima velocidad) para un valor de consigna 0. (A la velocidad de 0.5 Hz se efectúa un frenado por corriente continuo automático).
  - Eliminando la orden de marcha, pasando el selector a 0. El motor se parará en el tiempo establecido en el parámetro «dEC» del variador.
12. Desconecte la fuente de alimentación.

**Tabla 3.20: RESULTADOS DEL ARRANQUE DEL MOTOR DE ROTOR BOBINADO CON EL VARIADOR DE VELOCIDAD ATV312HO75M3**

<b>Resultados</b>				
PAR (lbf.plg)	Frecuencia máxima 60 Hz			
	I <sub>1</sub> Régimen (A)	I <sub>2</sub> Régimen (A)	I <sub>3</sub> Régimen (A)	Velocidad (RPM)
0				
3				
6				
9				

### 3.6.3 PRÁCTICA N° 03

#### **Tema:**

PARADA CONTROLADA POR INYECCIÓN DE CC EN EL MOTOR JAULA DE  
ARDILLA CON EL VARIADOR DE VELOCIDAD ATV312HO75M3

#### **Objetivos:**

- Conseguir una parada rápida y precisa del motor.
- Conocer aplicaciones del variador en la industria, y la manera en que influyen dentro de los procesos.

#### **Conceptos básicos**

1.- En muchas ocasiones, máquinas de ciclos rápidos, procesos de paro de emergencia, etc. será necesario conseguir una parada rápida del motor y de la máquina que acciona.

En algunas aplicaciones reales la carga tiende, por su propia inercia, a «arrastrar el motor». En este caso la inyección de c.c. actúa como «freno magnético».

Permite gestionar el control de un freno electromagnético en sincronización con el arranque y la parada del motor para evitar sacudidas o desvíos, mediante la inyección de CC antes de la etapa inversora del variador hacia las bobinas del motor generando un freno magnético. La lógica de control de freno se gestiona con el variador. Función destinada a las aplicaciones de mantenimiento con movimientos equipados con frenos electromagnéticos (elevación) y a las máquinas que necesiten un control de freno de parking (máquinas con desequilibrio mecánico).

2.- Con el variador ATV312 disponemos de un par de frenado del 30% del par nominal. En caso de necesitar un par de frenado superior (hasta el 150% del par nominal) es necesaria la conexión de una resistencia de frenado adicional.

#### **Equipos y Materiales**

- Fuente de alimentación 220 V CA.
- Módulo de motor de inducción de rotor devanado EMS 8221.
- Módulo Didáctico con variador ATV312OH75M3.
- Tacómetro de mano.



- Cables de conexión.
- Interruptor de botón

### Procedimiento

1. Sí es necesario leer la guía de explotación del ATV312OH75M3, conecte el circuito que se ilustra en la figura 3.33.



**Figura 3.33:** Diagrama de conexión del motor de inducción jaula de ardilla.

2. Conecte la fuente de alimentación, presione el pulsador de encendido en el guardamotor para alimentar con corriente al variador y aparecerá en el visualizador del variador **rdy** que significa está listo para funcionar.
3. Verifique la configuración del variador en el menú de control del motor **drC-**, si los datos de la placa del motor coinciden con la configuración puede arrancar el motor. Caso contrario actualice todos los parámetros del menú drC.
4. Se parte del parámetro «FCS» del menú DrC.
5. Configurar la entrada lógica LI4 como «DCI»; para esto acceder al menú «I-O-»,entre y pulse rrS, busque el parámetro «LI4» y presione ENTER; luego acceder al menú «Fun» busque y pulse StC, entre y busque Stt presione ENTER y aparecerá «DCI»; pulse ENTER, vuelva a l inicio con ESC.
6. Arrancar el motor dando una «orden de marcha» pasando el selector de S1 a right (sentido directo); S1 a left (sentido inverso).
7. Con el valor de consigna a máximo (potenciómetro) hacer girar el motor a velocidad «HSP» (velocidad máxima configurada en el variador).

8. Pulsar el interruptor de botón S2. Vemos como el motor frena hasta 15 Hz. Notas:
- Pulsar el botón mucho más tiempo del necesario para frenar representa inyectar CC al motor parado, aumentando su temperatura pudiendo causar daños materiales.
  - No hay que excederse en los valores de corriente y tiempo al programar el paro por inyección de CC.
9. Reduzca el voltaje a cero, apague el variador con el pulsador en el guardamotor y desconecte la fuente de alimentación.

### 3.6.4 **PRÁCTICA N° 04**

#### **Tema:**

APLICACIÓN DE APROXIMACIÓN EN EL MOTOR JAULA DE ARDILLA CON EL  
VARIADOR DE VELOCIDAD ATV312HO75M3

#### **Objetivos:**

- Utilizar la aplicación de pulsos en una entrada lógica previamente asignada a la función «JOG» el variador hará girar al motor a la velocidad programada para esa función (10Hz por defecto) durante el tiempo que mantengamos el pulso en la entrada lógica.
- Conocer aplicaciones del variador en la industria, y la manera en que influyen dentro de los procesos.

#### **Conceptos básicos**

- 1.- En un molino triturador de áridos la boca de carga debe de colocarse cerca de la cinta transportadora para proceder a su carga. Una vez cargado se da orden de marcha y el molino rueda un cierto tiempo dependiendo del proceso. Finalizado éste, habrá que posicionar lentamente la boca de carga para proceder al vaciado.
- 2.- Otra aplicación típica se tiene en las grúas, que deben de coger, dejar y posicionar la carga con suavidad y precisión. Estos procesos de posicionamiento suelen hacerse mediante la función «JOG».
- 3.-El arranque suave consiste en un arranque sin variaciones evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.

## Equipos y Materiales

- Fuente de alimentación 220 V CA.
- Módulo de motor de inducción de rotor devanado EMS 8221.
- Módulo Didáctico con variador ATV312OH75M3.
- Tacómetro de mano.
- Cables de conexión.
- Pulsador

## Procedimiento

1. Si es necesario leer la guía de explotación del ATV312OH75M3, conecte el circuito que se ilustra en la figura 3.34.



**Figura 3.34:** Diagrama de conexión del motor de inducción jaula de ardilla.

2. Conecte la fuente de alimentación, presione el pulsador de encendido en el guardamotor para alimentar con corriente al variador y aparecerá en el visualizador del variador **rdy** que significa está listo para funcionar.
3. Verifique la configuración del variador en el menú de control del motor **drC-**, si los datos de la placa del motor coinciden con la configuración puede arrancar el motor. Caso contrario actualice todos los parámetros del menú drC.
4. Se parte del parámetro «FCS» del menú «DrC».
5. Configurar la entrada lógica LI4 como «JOG»; para esto acceda al menú «-I-O», entre y busque el parámetro LI4; entre y busque «JOG»; pulse enter, vuelva al inicio con «ESC».
6. Poner el potenciómetro a 0.

7. Arrancar el motor dando una «orden de marcha» pasando el selector de S1 a right (sentido directo); S1 a left (sentido inverso).
8. Mientras LI4 permanezca activa (selector en left) el variador suministrará una frecuencia de 10 Hz (ajustable por consola en el menú «SET», parámetro «JOG»). Nota: la desaceleración debe programarse, de manera que:
  - Bien el motor se detenga instantáneamente: mayor precisión, pero con parada más brusca,
  - o bien el motor se detenga suavemente, lo que aumenta la suavidad de la parada, pero resta precisión en el posicionamiento de la carga.
9. Reduzca el voltaje a cero, apague el variador con el pulsador en el guardamotor y desconecte la fuente de alimentación.

## CAPÍTULO IV

### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Se aplicó el módulo con variador de velocidad para simulación de arranque y control de velocidad de trabajo de una grúa en el laboratorio de Control Industrial.
- Nos permitió entender su composición, estructura, funcionamiento y programación en sus diferentes aplicaciones para llevar a cabo el control de la velocidad del variador Altivar ATV 312HO75M3.
- Se realizó la puesta en marcha del motor asíncrono jaula de ardilla y rotor bobinado con los distintos métodos de arranque
- Se comprobó que el arranque con variador permite variar la velocidad del motor sobre la operación acelerando hasta velocidades mayores de la nominal así como frenándola hasta velocidades cercanas a cero.
- Se elaboró una guía de laboratorio con el variador para arranque de los motores de inducción del laboratorio de Control Industrial.
- Se conoció sobre la diversa aplicación de los variadores de velocidad en todas las industrias como maquinaria textil, máquinas especiales, envasadoras, motores, bombas, ventiladores, manutención, etc.

## **4.2 Recomendaciones**

- Leer la guía de explotación del variador ALTIVAR antes de poner en tensión al variador, para evitar configuraciones erróneas en la programación.
- Esperar quince minutos para permitir que se descarguen los condensadores del bus de CC, debido a que todas las piezas incluidas las placas de circuito impreso funcionan a la tensión de red.
- Tomar en cuenta la configuración del menú de control drC- de cada motor, para verificar si los datos ingresados concuerdan con los datos de placa del motor.
- Tener mucho cuidado en el momento de realizar la parada por inyección de CC, ya que se está ocasionando un arrastre en el motor, en caso de necesitar un par de frenado superior (hasta el 150% del par nominal) es necesaria la conexión de una resistencia de frenado adicional.
- Utilizar las herramientas adecuadas (herramientas con aislante eléctrico), y tener cuidado de no tocar las placas impresas ya que se puede ocasionar daños en el módulo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [www.isa.uniovi.es/~alonsog/Aparellaje/Manual\\_de\\_practicas.pdf](http://www.isa.uniovi.es/~alonsog/Aparellaje/Manual_de_practicas.pdf)
- [2] <http://www.tuveras.com/maquinaasincrona/motorasincrono1.htm>
- [3] [www.isa.uniovi.es/docencia/iea/equipos/Mq-motoresII.pdf](http://www.isa.uniovi.es/docencia/iea/equipos/Mq-motoresII.pdf)
- [4] <http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/NA01103M.pdf>
- [5] <http://www.caballano.com/arranque.htm>
- [6] <http://www-app.etsit.upm.es/departamentos/teat/ asignaturas/lab-ingel/practica%20%20motor%20asincrono%20trifasico.pdf>
- [7] [http://www.ifimoto.com/Spanish/Variadores/CF\\_Menu.htm](http://www.ifimoto.com/Spanish/Variadores/CF_Menu.htm)
- [8] [www.equipodidáctico/mandoyproteccióndemotoresmanualdeprácticas/schneider.pdf](http://www.equipodidáctico/mandoyproteccióndemotoresmanualdeprácticas/schneider.pdf)
- [9] [www. manualElecTeleme.pdf](http://www.manualElecTeleme.pdf)

## **BIBLIOGRAFÍA**

MURPHY, J. y TUMBULL, F. Power Electronic Control of AC Motors. 2da.ed. Gran Bretaña: Pergamonpress, 1988.

ROLDÁN, J. Motores Eléctricos, accionamiento de máquinas. 4ta.ed. Chile: Paraninfo, 2005.

SANTILLÁN, M. Apuntes de Control Industrial. Ecuador: ESPOCH, 2006. doc

SCHNEIDER. Guía de Programación para motores asíncronos. 3ra. ed. Barcelona: 2009. doc

SCHNEIDER, Manual de Instalación. 3ra. ed. Barcelona. 2009.

ASTUDILLO, C. Máquinas Eléctricas. Ecuador: ESPOCH, 2006. doc



## LINKOGRAFÍA

Motor de inducción asincrónico jaula de ardilla.

[www.isa.uniovi.es/~alonsog/Aparellaje/Manual\\_de\\_practicas.pdf](http://www.isa.uniovi.es/~alonsog/Aparellaje/Manual_de_practicas.pdf)

2011-06-11

[www.isa.uniovi.es/docencia/iea/equipos/Mq-motoresII.pdf](http://www.isa.uniovi.es/docencia/iea/equipos/Mq-motoresII.pdf)

2011-06-11

Tipos de arranques.

[www.equipodidáctico/mandoyproteccióndemotoresmanualdeprácticas/schneider.pdf](http://www.equipodidáctico/mandoyproteccióndemotoresmanualdeprácticas/schneider.pdf)

2011-06-11

<http://www.tuveras.com/maquinaasincrona/motorasincrono1.htm>

2011-07-29

Principio de funcionamiento del motor de inducción jaula de ardilla.

<http://www.caballano.com/arranque.htm>

2011-08-08

<http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/NA01103M.pdf>

2011-08-08

Variador de velocidad tipos y principio de funcionamiento.

[http://www.ifimoto.com/Spanish/Variadores/CF\\_Menu.htm](http://www.ifimoto.com/Spanish/Variadores/CF_Menu.htm)

2011-06-11

[www.equipodidáctico/mandoyproteccióndemotoresmanualdeprácticas/schneider.pdf](http://www.equipodidáctico/mandoyproteccióndemotoresmanualdeprácticas/schneider.pdf)

2011-06-11

Variador ATV 312HO75M3

[www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

2011-07-18

