

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE PRÁCTICAS
APLICADAS A LA INDUSTRIA PARA EL VARIADOR DE
VELOCIDAD LG IG5 Y EL PLC FAB GIANT AF-10MR-A DEL
LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA”**

FABRICIO FERNANDO FLORES CÉSPEDES

FANNY DEL ROCÍO ROBALINO ACUÑA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2005

CERTIFICACION

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “**Diseño y Elaboración de una Guía de Prácticas aplicadas a la industria para el Variador de Velocidad LG iG5 y el PLC FAB GIANT AF-10MR-A del Laboratorio de Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Electrónica**”, ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Fabricio Fernando Flores Céspedes con CI 171367241-6 y por la Srta. Fanny del Rocío Robalino Acuña con CI 171464484-4, bajo nuestra dirección.

Ing. Víctor Proaño
DIRECTOR

Ing. Luis Orozco
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Mi principal agradecimiento es a mis padres que siempre me han apoyado en todas las metas que me he trazado. Gracias a ellos he podido superar todos los grandes retos que me he impuesto y por ello siempre

A mi compañera, que no solo ha sido la persona con la cual hemos trabajado arduamente, sino que se ha convertido en una gran amiga en la cual he podido apoyarme.

Fabricio Flores

A mis padres, por alentarme y apoyarme siempre durante mi vida estudiantil, siendo de gran apoyo para mí.

A mi esposo e hija por alentarme a que siga adelante en el desarrollo de este proyecto.

A mi compañero, por su dedicación y entrega en la elaboración de todo el proyecto, por lo que hicimos un buen equipo.

Rocío Robalino

DEDICATORIA

El resultado a un gran esfuerzo y dedicación ha permitido que consiga alcanzar la meta que me he impuesto. Este resultado es el cumplimiento a una promesa que hice hace cinco años atrás, por eso este proyecto lo dedico a dos personas muy especiales para mí: mi madre que siempre fue mi apoyo incondicional en todo momento y a mi MCC que aunque estemos separados siempre estuvo ahí para alentarme.

Fabricio Flores

Este trabajo lo dedico a mis padres por su constante apoyo, amor y comprensión, por haberme enseñado a seguir adelante con su ejemplo y su deseo incondicional de que culmine mis estudios.

Rocío Robalino

PRÓLOGO

El proyecto de grado titulado “Diseño y Elaboración de una Guía de Prácticas aplicadas a la industria para el Variador de Velocidad LG iG5 y el PLC FAB GIANT AF-10MR-A del Laboratorio de Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Electrónica”, brinda al estudiante una guía de prácticas para el manejo del Variador de Velocidad LG iG5 y para el PLC FAB GIANT AF-10MR-A que hoy en día son dispositivos muy utilizados en la industria.

Dentro de esta guía se ha desarrollado una serie de pasos que ayudarán al estudiante a implementar de forma óptima los procesos industriales, en que se utilizan los dispositivos antes mencionados (VFD y PLC) para controlar motores asincrónicos.

Para conseguir un óptimo manejo del PLC y VFD, se los ha estudiado cuidadosamente en temas como: Partes fundamentales, formas de operación y manejo y parámetros a setear.

Lo que se desea conseguir con este proyecto es que los estudiantes tengan una mejor visión acerca de las aplicaciones industriales que hoy en día se manejan; y de esta manera puedan ellos desenvolverse eficazmente en el campo laboral.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION.....	1
--------------------------	----------

CAPITULO II

REPASO DE CONCEPTOS ELECTROTÉCNICOS

2.1 MOTORES ELÉCTRICOS	8
2.2 FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN.....	8
2.3 PARTES FUNDAMENTALES.....	9
2.3.1 Estator.....	10
2.3.2 Rotor.....	10
2.3.3 Carcasa.....	11
2.3.4 Base	11
2.3.5 Caja de conexiones	11
2.3.6 Tapas.....	12
2.3.7 Cojinetes.....	12
2.3.7.1 Cojinetes de deslizamiento.....	12
2.3.7.2 Cojinetes de rodamiento	12
2.4 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA	13
2.4.1 Potencia	13
2.4.2 Voltaje	13
2.4.3 Corriente	14
2.4.3.1 Corriente nominal.....	14
2.4.3.2 Corriente de vacío.....	15
2.4.3.3 Corriente de arranque	15
2.4.3.4 Corriente a rotor bloqueado.....	15
2.4.4 Revoluciones por minuto (R.P.M.) o Velocidad Angular	15
2.4.5 Factor de Potencia	16
2.4.6 Factor de Servicio.....	17
2.4.7 Número de Fases	17
2.4.8 Par.....	18
2.4.8.1 Par Nominal.....	18
2.4.8.2 Par de arranque	18
2.4.8.3 Par máximo.....	18
2.4.8.4 Par de aceleración.....	18

2.4.8.5 Par de desaceleración.....	18
2.4.8.6 Par a rotor bloqueado.....	19
2.4.9 Frecuencia.....	19
2.4.10 Deslizamiento	19
2.4.11 Eficiencia	20
2.5 TIPOS DE MOTORES AC	20
2.5.1 Motor Asíncrono o de Inducción.....	21
2.5.1.1 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla Clase A	23
2.5.1.2 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla Clase B	24
2.5.1.3 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla Clase C	24
2.5.1.4 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla Clase D	24
2.5.1.5 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla de Clase F	25
2.6 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.....	25
2.6.1 Características de funcionamiento normal del motor de inducción en marcha	26
2.6.1.1 Caso sin carga y vacío	26
2.6.1.2 Caso de media carga:.....	26
2.6.1.3 Caso de plena carga	26
2.7 ARRANQUE DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN.....	27
2.7.1 Arranque de motores asíncronos con rotor en jaula	27
2.7.1.1 Arranque directo de motores asíncronos con rotor en jaula	27
2.7.1.2 Arranque a tensión reducida de motores asíncronos con rotor en jaula:	28
2.7.1.3 Arranque de motores asíncronos con rotor en jaula por conmutación estrella-triángulo.....	28
2.7.1.4 Arranque de motores asíncronos con rotor en jaula por autotransformador de arranque	29
2.7.1.5 Arranque de motores asíncronos con rotor en jaula por dispositivos electrónicos.....	29
2.7.2 Arranque de motores asíncronos con rotor bobinado	30

CAPITULO III

VARIADORES DE FRECUENCIA

3.1 INTRODUCCION	32
3.2 CONCEPTO FUNDAMENTAL.....	33
3.3 FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DE LA REGULACIÓN ELECTRÓNICA DE VELOCIDAD EN MOTORES.	34
3.4 ETAPAS DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA.....	35

3.4.1 Etapa Rectificadora.....	36
3.4.1.1 Rectificadores no controlados de tensión fija.....	36
3.4.1.2 Rectificadores controlados de tensión variable	37
3.4.2 Etapa Central o Circuito Intermedio.....	38
3.4.3 Etapa Inversora u Ondulador.....	38
3.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VARIADORES PARA MOTORES ASÍNCRONOS	40
3.5.1 Variación de la tensión de alimentación.....	40
3.5.1.1 Principio:	40
3.5.1.2 Montaje y Aplicaciones	41
3.5.2 Variación de la frecuencia y tensión de alimentación	42
3.5.2.1 Paso intermedio por corriente continua	43
3.6 APLICACIONES DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA.....	46
3.6.1 Temperatura.....	46
3.6.2 Caudal.....	48
3.6.3 Nivel de Tanques	49
3.6.4 Presión	50

CAPITULO IV

PLC FAB AF-10MR-A

4.1 INTRODUCCION.....	51
4.2 ESTRUCTURA DE FAB AF-10MR-A	51
4.3 ESPECIFICACIONES DEL MODELO	52
4.4 CARACTERÍSTICAS DEL FAB AF-10MR-A.....	52
4.5 INSTALACIÓN DEL FAB AF-10MR-A	55
4.6 CABLEADO DEL FAB AF-10MR-A.....	55
4.7 ALIMENTACIÓN DEL FAB AF-10MR-A.....	56
4.8 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS BLOQUES DE FUNCIONES	57
4.9 PROGRAMACIÓN DE FAB AF-10MR-A	59
4.9.1 Programación de FAB por medio del panel	59
4.9.1.1 Reglas para la programación manual.....	65
4.9.2 Programación por medio de QUICK II	65

CAPITULO V

VARIADOR DE FRECUENCIA LG iG5

5.1 FORMA DE MANEJO	73
5.2 GRUPO DE FUNCIONES BÁSICAS [DRV].....	78
5.3 GRUPO DE FUNCIONES [FU1].....	82
5.4 GRUPO DE FUNCIONES [FU2].....	91
5.5 GRUPO DE ENTRADAS Y SALIDAS [I/O]	100
5.6 SOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y MANTENIMIENTO.....	109
5.6.1 Fallos visualizados en el display	109
5.6.2 Solución de fallos	112
5.6.3 Solución de problemas.....	114
5.6.4 Puntos a revisar diaria y periódicamente.....	116

CAPITULO VI

GUIA DE PRÁCTICAS

Práctica 1: CARACTERISTICAS BASICAS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA VFD LG iG5	119
OBJETIVOS.....	119
RESUMEN.....	119
PROCEDIMIENTO	119
ANALISIS DE RESULTADOS Y PREGUNTAS FINALES.....	127
Práctica 2: INVERSIÓN DE GIRO, TIPOS DE ACELERACION Y MODOS DE FRENADO DEL MOTOR.....	128
OBJETIVOS.....	128
RESUMEN.....	128
PROCEDIMIENTO	128
Inversión de giro del motor	128
Tipos de aceleración	129
Modos de Frenado	132
ANALISIS DE RESULTADOS Y PREGUNTAS FINALES.....	134

Práctica 3: CONTROL PERSONALIZADO VOLTIOS / HERTZ (V/F) Y PROTECCIONES DEL VFD.....	135
OBJETIVOS.....	135
RESUMEN.....	135
PROCEDIMIENTO.....	136
ANALISIS DE RESULTADOS Y PREGUNTAS FINALES.....	142
Práctica 4: SELECCIÓN DEL TIPO DEL MOTOR A TRAVES DEL VFD	143
OBJETIVOS.....	143
RESUMEN.....	143
PROCEDIMIENTO.....	143
Protección contra pérdida de fase.....	143
Tipo de motor.....	146
Visualización.....	147
ANALISIS DE RESULTADOS Y PREGUNTAS FINALES.....	151
Práctica 5: FUNCIONAMIENTO DEL PLC Y DEL BORNERO DE CONTROL DEL VFD	152
OBJETIVOS.....	152
RESUMEN.....	152
PROCEDIMIENTO.....	153
Primera Parte.....	155
Segunda parte.....	165
Práctica 6: CONTROL DE PRESIÓN.....	170
OBJETIVOS.....	170
PROBLEMA.....	170
PROCEDIMIENTO.....	172
Práctica 7: BANDA TRANSPORTADORA.....	179
OBJETIVOS.....	179
PROBLEMA.....	179
PROCEDIMIENTO.....	180
Práctica 8: CONTROL DEL SISTEMA MEZCLADOR DE LIQUIDOS.....	186
OBJETIVOS.....	186
PROBLEMA.....	186
PROCEDIMIENTO.....	188
Práctica 9: CONTROL DE UN ASCENSOR INDUSTRIAL.....	192
OBJETIVOS.....	192
PROBLEMA.....	192
PROCEDIMIENTO.....	194

Práctica 10: SISTEMA DE CONTROL DE AIRE ACONDICIONADO	200
OBJETIVOS	200
PROBLEMA	200
PROCEDIMIENTO	202

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES	206
7.2. RECOMENDACIONES	208

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	209
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS PAGINAS WEB.....	210

ANEXOS

ANEXO A.....	213
ANEXO B	224

CAPITULO I

INTRODUCCION

En la actualidad las grandes empresas están dejando a un lado los controles que utilizan lógica de relés y contactores para recurrir a sistemas controladores electrónicos, ya que disminuyen el mantenimiento y optimizan los procesos para los cuales fueron diseñados.

La capacidad y versatilidad que poseen estos sistemas hace que los gastos disminuyan proporcional y progresivamente, además de que el resultado de procesos es elaborado con mayor precisión o el servicio prestado es de mayor calidad. Por lo tanto estos sistemas son tan importantes en la industria ecuatoriana actual que se requiere personal capacitado para la operación y programación de manera que se les pueda sacar el mayor provecho.

Los variadores de velocidad son uno de estos equipos, ellos se basan en el principio de modificación de velocidad a través de la variación de frecuencia, pueden ser programados para cambiar la velocidad en un proceso de manera controlada sin causar disturbios en la red de alimentación, además, de alargar la vida útil del motor y de las piezas mecánicas ya que estos dispositivos pueden acelerar y desacelerar la velocidad progresivamente sin causar esfuerzos, ni fatiga mecánica. La desventaja es su costo con relación a los controles de motores convencionales pero a la larga el beneficio es mayor.

Al ser uno de los dispositivos más utilizados hoy en día por la industria internacional y que en la industrial nacional se está introduciendo con gran acogida se ha visto la necesidad de que los alumnos de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército adquieran conocimientos prácticos acerca de los variadores de velocidad.

En este proyecto de tesis se ha visto la necesidad de presentar la siguiente estructura de investigación:

El Capítulo I al ser el capítulo de Introducción, se detalla un resumen de lo que se va a tratar el proyecto de tesis.

En el Capítulo II se detalla a manera de repaso conocimientos acerca de los motores eléctricos y en especial de los motores de inducción de jaula de ardilla ya que éste motor es el que será utilizado para el proyecto.



Figura. 1.1. Motor de Jaula de ardilla utilizado en el proyecto

Los motores asíncronos son máquinas eléctricas, las cuales han tenido mayor aplicación en la industria. Estas máquinas son los principales convertidores de energía eléctrica en mecánica. Su uso es primordial en la mayoría de aplicaciones industriales, ello se justifica por la sencillez de su fabricación, su alta confiabilidad y un alto valor de eficiencia. Sus principales especificaciones son:

- Potencia, kW ó HP
 - Tensión de servicio, kV ó V
 - Corriente: principalmente nominal y de arranque, Amp.
 - Velocidad nominal, r.p.m.
 - Factor de potencia, $\cos \phi$
 - Factor de servicio, fs
-

- Torque: nominal, arranque, máximo, C
- Frecuencia, Hz
- Deslizamiento, z
- Eficiencia, η %

En el Capítulo III se habla específicamente de los variadores de frecuencia, sus partes, características, funcionamiento, manejo con motores de inducción y aplicaciones.

Los controladores de frecuencia variable (Variable Frequency Drives), más conocidos por sus siglas VFD son dispositivos complejos y hasta hace poco eran costosos. Sin embargo, trabajan con motores estándar lo cual permiten su fácil adición a unidades motrices existentes.



Figura. 1.2. Variadores de Velocidad

Los sistemas de variación de velocidad alteran la velocidad del motor cambiando el voltaje y la frecuencia de la electricidad suministrada al motor en base a los requerimientos del sistema. Esto se logra convirtiendo corriente alterna en continua, y luego de múltiples mecanismos de cambio, invirtiendo la corriente continua a corriente alterna sintética con voltaje y frecuencia controlada. Si este proceso es realizado en forma apropiada, la velocidad del motor puede ser controlada en un rango amplio (desde cero RPM hasta el doble de la velocidad nominal) con las características de torque apropiadas para la aplicación.

Los tres componentes principales que hacen posible la operación de los variadores de velocidad son: convertidor o rectificador, circuito de corriente continua o circuito intermedio (que sirve de enlace entre ambos) y el inversor u ondulator, tal como se muestra en la Figura 1.3.

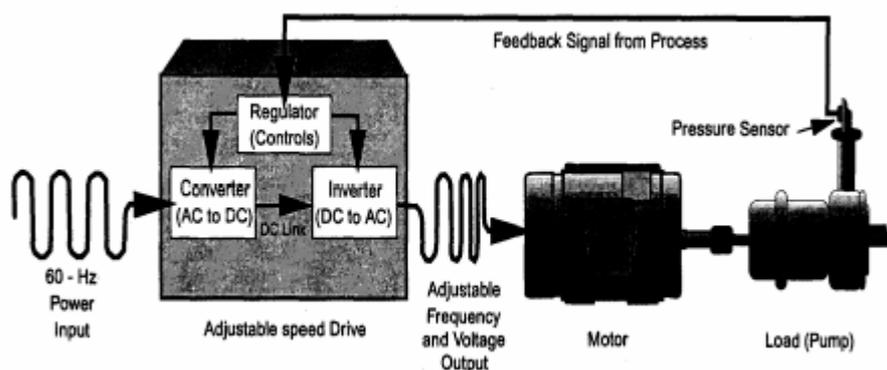


Figura. 1.3. Componentes de un variador de velocidad

El convertidor contiene un rectificador y varios circuitos que convierten la frecuencia fija de corriente alterna en continua. En el circuito intermedio, los circuitos de corriente continua filtran la corriente y la conducen al inversor. El inversor convierte la corriente continua en corriente alterna de voltaje y frecuencia regulables (ambos deben ser regulables para poder mantener relaciones de voltaje/frecuencia constante). Una unidad de control regula el voltaje y la frecuencia de salida en base a la señal proveniente del proceso.

Los sistemas de variación de velocidad ofrecen varios beneficios en términos de ahorro de energía, el cual es logrado mediante la eliminación de pérdidas debido al rendimiento y fricción. La aplicación de un sistema de variación de velocidad depende fundamentalmente de la carga y requiere de un sólido conocimiento de las características de la carga para su aplicación exitosa. El tipo de carga (torque constante, torque variable, potencia constante) debe ser determinado así como la fracción de tiempo que el sistema opera (o podría operar) por debajo de la velocidad nominal.

En el Capítulo IV se detalla rápidamente otro dispositivo muy importante a utilizar dentro de la industria y que es de gran apoyo a los variadores de frecuencia, los controladores lógicos programables (PLC).

Este capítulo se centra en el estudio específico del PLC FAB GIANT AF-10MR-A. Se estudiarán sus partes, funcionamiento y modos de programación tanto manual como a través de una PC. Dentro de la programación manual se detallará el funcionamiento de cada una de las funciones con las que cuenta el PLC FAB GIANT AF-10MR-A. Dentro de la programación a través de la PC se estudiará al software Quick II que es el que permite programar al PLC FAB GIANT AF-10MR-A.



Figura. 1.4. PLC FAB GIANT AF-10MR-A

En el Capítulo V se habla ya particularmente del Variador de Frecuencia LG iG5. Para este dispositivo se detalla la forma de instalación, montaje, conexiones, bornes o terminales principales, funcionamiento, funciones de programación y operación, como solucionar fallos, precauciones y recomendaciones



Figura. 1.5. Variador de Frecuencia LG iG5

El Capítulo VI es el más importante de todos ya que en éste se fundamenta el proyecto de tesis. En el mismo se encuentran plasmadas las 10 prácticas para que el estudiante pueda conocer más a fondo el manejo de un Variador de Frecuencia y de las formas que se aplican en la industria de hoy. De igual manera el manejo de dispositivos de apoyo como son los PLC's para poder controlar de una manera más sencilla al VFD.

Esta guía de prácticas como se dijo anteriormente consiste de 10 prácticas, de las cuales las primeras 5 son utilizadas para poder manejar adecuadamente las funciones que nos ofrece el Variador de Frecuencia LG iG5 y las siguientes 5 ya son aplicaciones industriales.

Dentro de estas aplicaciones industriales se han tomado en cuenta los siguientes temas:

- Sistema de control de una Banda Transportadora.
- Sistema de control de presión en un oleoducto.
- Sistema de control de un Ascensor.
- Sistema de control de un Proceso de Mezclado.
- Sistema de control de Aire Acondicionado.

Y por ultimo el Capítulo VII en el cual se dan algunas conclusiones y recomendaciones que se han llegado a detectar a los largo del proyecto; para que el estudiante pueda tener un más fácil entendimiento de lo que se ha mencionado.

Como se mencionó anteriormente, el principal objetivo de este proyecto de grado es el desarrollo de una guía de prácticas que sirva de apoyo para la realización de sistemas de montajes de control de motores utilizando variadores de velocidad. Este tema se desarrolla a partir de la carencia de material de consulta para la realización de prácticas con los equipos adquiridos por la institución, estableciendo normas de seguridad para los equipos y así resguardar de cierta forma la durabilidad y funcionalidad de los mismos y su adecuado manejo.

El resultado de este proyecto con apoyo documental hace que la guía de prácticas pueda ser modificada y/o ampliada según se requiera apoyado con la teoría necesaria para comprender y estimular inquietudes con respecto a los Variadores de Velocidad. De esta manera el estudiante tendrá la oportunidad de sacar un mayor provecho de los equipos sin afectar las instalaciones con algún tipo de inconveniencias derivadas de la mala implementación de estos.

CAPITULO II

REPASO DE CONCEPTOS ELECTROTÉCNICOS

2.1 MOTORES ELÉCTRICOS

Un motor eléctrico es esencialmente una máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico, a través de medios electromagnéticos.

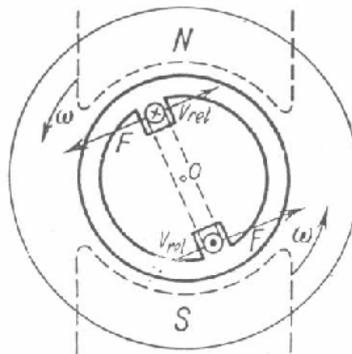


Figura. 2.1. Efecto de campo giratorio sobre una espira en cortocircuito

2.2 FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. De acuerdo con esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación. En la figura 2.2 se muestra como se produce el movimiento de rotación en un motor eléctrico.

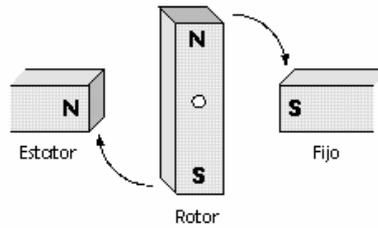


Figura. 2.2. Generación del movimiento de rotación

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado cerca de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce en él una corriente eléctrica. Y el principio que André Ampère observó en 1820, que señala que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce fuerza sobre el conductor.

2.3 PARTES FUNDAMENTALES

Los motores eléctricos se hallan formados por varios elementos y sus partes principales son: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes. No obstante, un motor puede funcionar solo con el estator y el rotor.

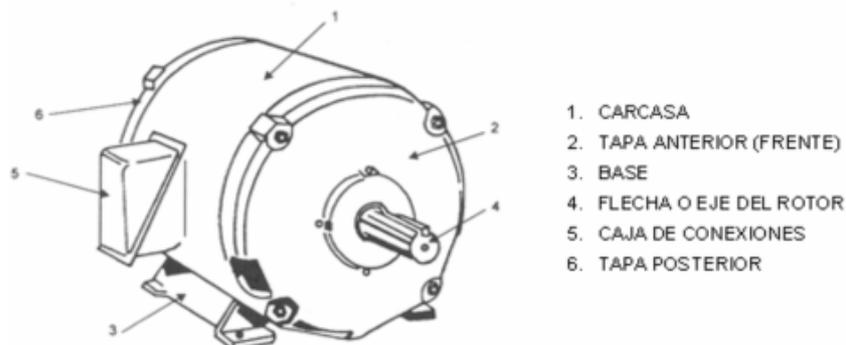


Figura. 2.3. Partes de un motor de AC

2.3.1 Estator

El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero sí magnéticamente. Existen dos tipos de estatores: de polos salientes y ranurados.

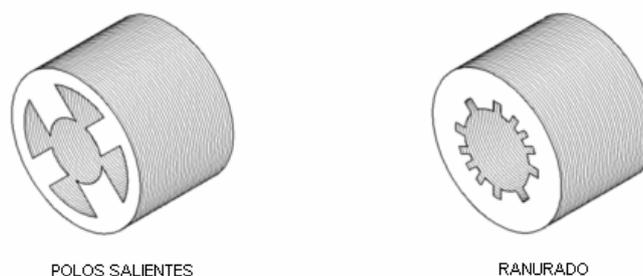


Figura. 2.4. Tipos de estatores

El estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio que tienen la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos.

Los polos de un motor siempre son pares (pueden ser 2, 4, 6, 8, 10, etc.), por ello el mínimo de polos que puede tener un motor para funcionar es dos (un norte y un sur).

2.3.2 Rotor

El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos: rotor ranurado, rotor de polos salientes y rotor jaula de ardilla

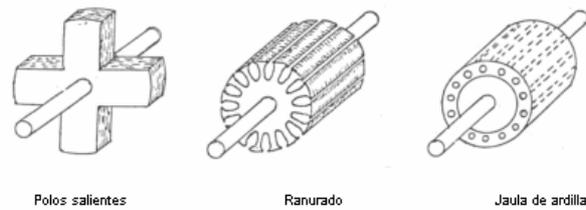


Figura. 2.5. Tipos de rotores

2.3.3 Carcasa

La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así pues, la carcasa puede ser:

- a) Totalmente cerrada
- b) Abierta
- c) A prueba de goteo
- d) A prueba de explosiones
- e) De tipo sumergible

2.3.4 Base

La base es el elemento en donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor, puede ser de dos tipos: base frontal y base lateral

2.3.5 Caja de conexiones

Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos.

2.3.6 Tapas

Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor.

2.3.7 Cojinetes

También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia. Los cojinetes pueden dividirse en dos clases generales:

2.3.7.1 Cojinetes de deslizamiento. Operan en base al principio de la película de aceite, esto es, que existe una delgada capa de lubricante entre la barra del eje y la superficie de apoyo.



Figura. 2.6. Cojinete de deslizamiento

2.3.7.2 Cojinetes de rodamiento. Se utilizan con preferencia en vez de los cojinetes de deslizamiento por varias razones:

- Tienen un menor coeficiente de fricción, especialmente en el arranque.
 - Tienen una alta precisión de operación.
 - Son compactos en su diseño por lo que se remplazan fácilmente debido a sus tamaños estándares
 - No se desgastan tanto como los cojinetes de tipo deslizante.
-



Figura. 2.7. Cojinete de rodamiento

Una vez que ya se ha analizado a los motores en forma general, se procederá a un análisis más detallado acerca de los *motores de Corriente Alterna (AC)*, que son los que se van a utilizar en este proyecto.

2.4 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Los parámetros de operación de un motor designan sus características, es importante determinarlas, ya que con ellas se conocerá los parámetros determinantes para la operación del motor. Las principales características de los motores de AC son:

2.4.1 Potencia

Es la rapidez con la que se realiza un trabajo. Las unidades para propósitos industriales son el kilowatt (kW) y el caballo de fuerza (HP) que se definen como: $1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0.746 \text{ kW}$ ó $1 \text{ kW} = 1.34 \text{ HP}$

2.4.2 Voltaje

También llamada tensión eléctrica o diferencia de potencial. Es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva de un punto a otro:

$$E = V_A - V_B$$

Donde: E: Voltaje o Tensión
V_A: Potencial del punto A
V_B: Potencial del punto B

La diferencia de tensión es importante en la operación de un motor, ya que de esto dependerá la obtención de un mejor aprovechamiento de la operación.

2.4.3 Corriente

La corriente eléctrica [I], es la rapidez del flujo de carga [Q] que pasa por un punto dado [P] en un conductor eléctrico en un tiempo [t] determinado.

$$I = \frac{d}{dt} Q$$

Donde: I: Corriente eléctrica
Q: Carga que pasa por el punto P
t: Tiempo

La unidad de corriente eléctrica es el ampere. Un ampere [A] representa un flujo de carga con la rapidez de un Coulomb por segundo, al pasar por cualquier punto.

En los motores eléctricos se definen distintos tipos de corriente, que fundamentalmente son: corriente nominal, corriente de vacío, corriente de arranque y corriente a rotor bloqueado.

2.4.3.1 Corriente nominal. En un motor, el valor de la corriente nominal es la cantidad de corriente que consumirá el motor en condiciones normales de operación a plena carga.

2.4.3.2 Corriente de vacío. Es la corriente que consumirá el motor cuando no se encuentre operando con carga y es aproximadamente del 20% al 30% de su corriente nominal.

2.4.3.3 Corriente de arranque. Todos los motores eléctricos para operar consumen un excedente de corriente, mayor que su corriente nominal, que es aproximadamente de dos a ocho veces superior.

2.4.3.4 Corriente a rotor bloqueado. Es la corriente máxima que soportará el motor cuando su rotor esté totalmente detenido.

2.4.4 Revoluciones por minuto (R.P.M.) o Velocidad Angular

Se define como la cantidad de vueltas completas que da el rotor en el lapso de un minuto; el símbolo de la velocidad angular es omega [ω], no obstante, en la industria se utilizan también para referirse, la letra: “*n*” o simplemente las siglas rpm.

$$\omega = n = 2\pi f \quad f = \frac{1}{t}$$

Donde: ω : Revoluciones por minuto o velocidad angular

π : Constante [3.1416]

f: Frecuencia

t: Tiempo

Las unidades de la velocidad son los *radianes por segundo (rad/s)*, sin embargo la velocidad también se mide en *metros por segundo (m/s)* y en *revoluciones por minuto [rpm]*. Para calcular las rpm de un motor se utiliza la ecuación:

$$rpm = \frac{120 * f}{\# Polos} = \frac{60 * f}{\# Pares Polares}$$

Donde: rpm: Revoluciones por minuto o velocidad angular
f: Frecuencia

2.4.5 Factor de Potencia

El factor de potencia [$\cos \Phi$] se define como la razón que existe entre Potencia Real [P] y Potencia Aparente [S], siendo la potencia aparente el producto de los valores eficaces de la tensión y de la corriente:

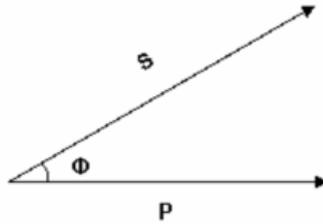


Figura. 2.8. Factor de potencia

$$\cos \Phi = \frac{P}{S}$$

Donde: P: Potencia Real o Activa
S: Potencia aparente

El factor de potencia nunca puede ser mayor que la unidad, regularmente oscila entre 0.8 y 0.85. En la práctica el factor de potencia se expresa, generalmente, en tanto por ciento, siendo el 100% el factor máximo de potencia posible. Un factor de potencia bajo es una característica desfavorable de cualquier carga.

2.4.6 Factor de Servicio

El factor de servicio de un motor se obtiene considerando la aplicación del motor, para demandarle más, o menos potencia, y depende directamente del tipo de maquinaria impulsada:

$$P = [\#F(E)I(\eta)F.P.]$$

$$Pr = P(F.S.) \therefore F.S. = \frac{Pr}{P}$$

Donde: P: Potencia

#F: Número de fases

E: Tensión

I: Corriente

η : Eficiencia

fp: Factor de potencia

Pr: Potencia real

fs: Factor de servicio

2.4.7 Número de Fases

Depende directamente del motor y del lugar de instalación, por ejemplo: Para motores con potencia menor o igual a 1 HP (a nivel domestico), generalmente, se alimentan a corriente monofásica (127 V.); cuando la potencia del motor oscila entre 1 y 5 HP lo más recomendable es conectarlo a corriente bifásica o trifásica (220 V.); y para motores que demanden una potencia de 5 HP o más, se utilizan sistemas trifásicos o polifásicos.

2.4.8 Par

Un par de fuerzas es un conjunto de dos fuerzas de magnitudes iguales pero de sentido contrario. El momento del par de fuerzas o torque, se representa por un vector perpendicular al plano del par.

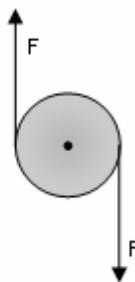


Figura. 2.9. Par de torsión

2.4.8.1 Par Nominal. Es el par que se produce en un motor eléctrico para que pueda desarrollar sus condiciones de diseño.

2.4.8.2 Par de arranque. Es el par que va a desarrollar el motor para romper sus condiciones iniciales de inercia y pueda comenzar a operar.

2.4.8.3 Par máximo. También llamado par pico, es el par que puede desarrollar el motor sin perder sus condiciones de diseño, es decir, que es el límite en el que trabaja el motor sin consumir más corriente y voltaje, asimismo de que sus revoluciones son constantes, y conjuntamente está relacionado con el factor de servicio.

2.4.8.4 Par de aceleración. Es el par que desarrolla el motor hasta que alcanza su velocidad nominal.

2.4.8.5 Par de desaceleración. Es el par en sentido inverso que debe emplearse para que el motor se detenga.

2.4.8.6 Par a rotor bloqueado. Se considera como el par máximo que desarrolla un motor cuando se detiene su rotor.

2.4.9 Frecuencia

Es el número de ciclos o repeticiones del mismo movimiento durante un segundo, su unidad es el *segundo*⁻¹ que corresponde a un *Hertz* [Hz] también se llama *ciclo*. La frecuencia y el periodo están relacionados inversamente.

2.4.10 Deslizamiento

El deslizamiento es la diferencia entre la velocidad actual de un motor a inducción y la velocidad síncrona. El deslizamiento depende de la carga del motor, las cargas más grandes producen más deslizamiento y por lo tanto velocidades más bajas.

$$S = \frac{V_r - V_s}{V_r} * 100$$

Donde: S: deslizamiento

Vr: Velocidad actual del motor

Vs: Velocidad síncrona del motor

En los motores de corriente alterna de inducción, específicamente de jaula de ardilla, el deslizamiento es fundamental para su operación, ya que de él depende que opere o no el motor.

2.4.11 Eficiencia

Es un factor que indica el grado de pérdida de energía, trabajo o potencia de un aparato eléctrico o mecánico, La eficiencia $[\eta]$ de una máquina se define como la relación del trabajo de salida y el trabajo de entrada, en términos de potencia, la eficiencia es igual a el cociente de la potencia de salida entre la potencia de entrada:

$$\eta = \frac{T_s}{T_e} = \frac{P_s}{P_e}$$

Donde: η : Eficiencia
Ts: Trabajo de salida
Te: Trabajo de entrada
Ps: Potencia de salida
Pe: Potencia de entrada

La eficiencia se expresa en porcentaje.

2.5 TIPOS DE MOTORES AC

Hay dos tipos de motores eléctricos de corriente alterna:

- Motor síncrono
- Motor asíncrono o de inducción.

Cada uno de estos tipos puede usar corriente monofásica o trifásica. En aplicaciones industriales, los motores trifásicos son los más comunes, debido a su mayor eficacia que los motores monofásicos. El motor síncrono es mucho menos generalizado que el motor de inducción, pero se usa en unas aplicaciones especiales, que requieren una velocidad absolutamente constante o una corrección del **factor de potencia**. Los motores de inducción y los motores síncronos son similares en muchos aspectos pero tienen algunos detalles diferentes.

En este proyecto se utilizarán motores de inducción, por lo que el estudio y análisis se centrará en dichos motores.

2.5.1 Motor Asíncrono o de Inducción

En el motor de inducción el rotor es normalmente una jaula de ardilla. Tiene barras de conducción en todo su largo, incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia. Las barras están conectadas con anillos (en cortocircuito) a cada extremidad del rotor, las mismas que están soldadas a las extremidades de las barras. Este ensamblado se parece a las pequeñas jaulas rotativas para ejercer a mascotas como hamsters y por eso a estos motores se les llama "motores de jaula de ardillas".

El rotor se magnetiza por las corrientes inducidas en sus barras, debido a la acción del campo magnético, girando en el estator. Mientras que el campo del estator pasa a lo largo de las barras del rotor, el campo magnético que cambia induce altas corrientes en ellas y genera su propio campo magnético. La polaridad del campo magnético inducido del rotor es tal que repele al campo del estator que lo creó, y esta repulsión resulta en un torque sobre el rotor causando el giro.

Las barras del rotor pueden ser fabricadas de varillas de cobre gruesas y soldadas a las extremidades. En pequeños motores pueden ser de aluminio colado, con los anillos colados en su lugar.

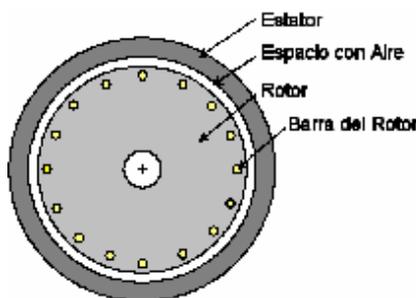


Figura. 2.10. Motor de Inducción CA

Si no hubiera fricción en el sistema, el rotor giraría a una velocidad síncrona, pero no produciría un torque útil. Bajo esta condición no hubiera movimiento relativo entre las barras del rotor y el campo rotativo del estator, y no hubiera inducción de corriente en ellas.

En el momento en que se aplica una carga al motor, la velocidad se reduce, lo que provoca que las barras del rotor corten las líneas magnéticas de fuerza del campo del estator y creen la fuerza de repulsión en el rotor.

El campo magnético inducido en el rotor se mueve en la dirección opuesta a la rotación y la velocidad de este movimiento depende de la carga aplicada. Esto quiere decir que las rpm siempre serán inferiores a la velocidad síncrona. La diferencia entre la velocidad actual y la velocidad síncrona se llama el deslizamiento. Entre más grande es el deslizamiento, más grande la corriente inducida en las barras del rotor y más grande el torque. Por estas razones se dice que la velocidad de un motor de inducción siempre depende de la carga, pero esto ocurre solo si la frecuencia de la fuente de alimentación es constante

Para distinguir entre diversos tipos disponibles, la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño que se resume en la siguiente tabla:

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

Tabla. 2.1. Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA.

2.5.1.1 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla Clase A

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

2.5.1.2 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla Clase B

A los motores de clase B a veces se les llama motores de propósito general; es muy parecido al de la clase A debido al comportamiento de su deslizamiento-par. Las ranuras de su motor están embebidas algo más profundamente que en los motores de clase A y esta mayor profundidad tiende a aumentar la reactancia de arranque y la marcha del rotor.

Las corrientes de arranque varían entre 4 y 5 veces la corriente nominal en los tamaños mayores de 5 HP se sigue usando arranque a voltaje reducido. Los motores de clase B se prefieren sobre los de la clase A para tamaños mayores.

2.5.1.3 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla Clase C

Estos motores tienen un rotor de doble jaula de ardilla, el cual desarrolla un alto par de arranque y una menor corriente de arranque. Debido a su alto par de arranque, acelera rápidamente, sin embargo cuando se emplea en grandes cargas, se limita la disipación térmica del motor por que la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado superior. Las aplicaciones de los motores de clase C se limitan a condiciones en las que es difícil el arranque como en bombas y compresores de pistón.

2.5.1.4 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla Clase D

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla clase D se conocen también como de alto par y alta resistencia. Las barras del rotor se fabrican en aleación de alta resistencia y se colocan en ranuras cercanas a la superficie o están embebidas en ranuras de pequeño diámetro. La relación de resistencia a reactancia del rotor de arranque es mayor que en los motores de las clases anteriores. El motor está diseñado para servicio pesado de arranque.

2.5.1.5 Motores de Inducción de Jaula de Ardilla de Clase F

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

El rotor de clase F se diseñó para reemplazar al motor de clase B. El motor de clase F produce pares de arranque aproximadamente 1.25 veces el par nominal y bajas corrientes de arranque de 2 a 4 veces la nominal. Los motores de esta clase se fabrican con la capacidad de 25 HP para servicio directo de la línea. Debido a la resistencia del rotor relativamente alta de arranque y de marcha, estos motores tienen menos regulación de voltaje de los de clase B, baja capacidad de sobrecarga y en general de baja eficiencia de funcionamiento.

2.6 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN

Suponiendo que el motor de inducción comercial de jaula de ardilla se haga arrancar con voltaje nominal, en las terminales de línea de su estator desarrollará un par de arranque que hará que aumente su velocidad. Al aumentar su velocidad a partir del reposo (100% de deslizamiento), disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta el valor en que se desarrolle el par máximo. Esto hace que la velocidad aumente todavía más reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolle el par de inducción.

Los pares desarrollados al arranque y al valor de deslizamiento que produce el par máximo ambos exceden al par aplicado a la carga. Por lo tanto la velocidad del motor aumentará, hasta que el valor del deslizamiento sea tan pequeño que el par que se desarrolla se reduzca a un valor igual al par aplicado por la carga. Mientras tanto el motor

continuará trabajando a esta velocidad y valor de equilibrio del deslizamiento hasta que aumente o disminuya el par aplicado.

Los motores asíncronos o de inducción, por ser robustos y baratos, son los más extensamente empleados en la industria. En estos motores el campo gira a velocidad síncrona, como en las máquinas síncronas: $n_s = f / p$.

2.6.1 Características de funcionamiento normal del motor de inducción en marcha

2.6.1.1 Caso sin carga y vacío: Sin carga, el deslizamiento es muy pequeño y la frecuencia, reactancia del rotor, y la FEM inducida en éste son muy pequeñas. Por lo tanto la corriente en el rotor es muy pequeña y solo la suficiente para producir el par sin carga y por lo tanto la corriente en el estator es la suma fasorial de su corriente de excitación I_e y un componente de carga primario I_o inducido en el rotor por acción del transformador.

2.6.1.2 Caso de media carga: Al aplicar la carga mecánica al rotor, la velocidad disminuye un poco. La pequeña disminución de velocidad causa un aumento en el deslizamiento y en la frecuencia y reactancia del rotor, y en la FEM inducida en éste. El aumento en la corriente inducida (secundaria) en el rotor se refleja como un aumento de corriente primaria en el estator, I_{sr} .

2.6.1.3 Caso de plena carga: El motor de inducción de jaula de ardilla girará a un valor de deslizamiento que proporciona un equilibrio entre el par desarrollado y el par aplicado. De tal manera, conforme se aplica más carga, el deslizamiento aumenta porque el par aplicado excede al par desarrollado. Cuando se aplica el valor nominal al eje del motor de inducción, el componente de la corriente del estator primario en fase que toma el motor de inducción es grande en comparación con la corriente sin carga casi de cuadratura y el ángulo del factor de potencia es bastante pequeño. El factor de potencia a plena carga varía entre 0.8 en motores pequeños (1 HP) y 0.9 o 0.95, en los grandes motores de inducción (150 HP y superiores).

2.7 ARRANQUE DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN

Se denomina arranque de un motor al régimen transitorio en el que se eleva la velocidad del mismo desde el estado de motor detenido hasta el de motor girando a la velocidad de régimen permanente.

El estudio del arranque de los motores tiene una gran importancia práctica, ya que la elección correcta de las características de los motores eléctricos y arrancadores a instalar están basados en el conocimiento de las particularidades de éste régimen transitorio.

2.7.1 Arranque de motores asincrónicos con rotor en jaula

Los motores de corriente alterna con rotor en jaula de ardilla se pueden poner en marcha mediante los métodos de arranque directo o a tensión reducida. En ambos casos, la corriente de arranque generalmente resulta mayor que la nominal, produciendo las perturbaciones comentadas en la red de distribución. Estos inconvenientes no son tan importantes en motores pequeños, que habitualmente pueden arrancar a tensión nominal. La máxima caída de tensión en la red no debe superar el 15% durante el arranque.

Los circuitos con motores deben contar con interruptores que corten todas las fases o polos simultáneamente y con protecciones que corten automáticamente cuando la corriente adquiera valores peligrosos. En los motores trifásicos debe colocarse una protección automática adicional que corte el circuito cuando falte una fase o la tensión baje de un valor determinado.

2.7.1.1 Arranque directo de motores asincrónicos con rotor en jaula. Se dice que un motor arranca en forma directa cuando a sus bornes se aplica directamente la tensión nominal a la que debe trabajar.

Si el motor arranca a plena carga, el bobinado tiende a absorber una cantidad de corriente muy superior a la nominal, lo que hace que las líneas de alimentación

incrementen considerablemente su carga y como consecuencia directa se produzca una caída de tensión. La intensidad de corriente durante la fase de arranque puede tomar valores entre 6 a 8 veces mayores que la corriente nominal del motor. Su principal ventaja es el elevado par de arranque: 1,5 veces el nominal.

Siempre que sea posible conviene arrancar los motores a plena tensión por el gran par de arranque que se obtiene, pero si se tuvieran muchos motores de media y gran potencia que paran y arrancan en forma intermitente, se tendrá un gran problema de perturbaciones en la red eléctrica.

2.7.1.2 Arranque a tensión reducida de motores asincrónicos con rotor en jaula:

Este método se utiliza para motores que no necesiten un gran par de arranque. El método consiste en producir en el momento del arranque una tensión menor que la nominal en los arrollamientos del motor. Al reducirse la tensión se reduce proporcionalmente la corriente, la intensidad del campo magnético y el par motriz.

Entre los métodos de arranque por tensión reducida más utilizados se puede mencionar el de arrancador estrella-triángulo, el de autotransformador de arranque y el de arrancador electrónico.

2.7.1.3 Arranque de motores asincrónicos con rotor en jaula por conmutación estrella-triángulo: El arranque estrella-triángulo es el procedimiento más empleado para el arranque a tensión reducida debido a que su construcción es simple, su precio es reducido y tiene una buena confiabilidad.

El procedimiento para reducir la tensión en el arranque consiste en conmutar las conexiones de los arrollamientos en los motores trifásicos previstos para trabajar conectados en triángulo en la red de 3 x 110 V.

Los bobinados inicialmente se conectan en estrella, o sea que reciben la tensión de fase de 220 V, y luego se conectan en triángulo a la tensión de línea de 110 V; es decir que la tensión durante el arranque se reduce 1,73 veces.

Es necesario que el motor esté construido para funcionar en triángulo con la tensión de la línea. Si no es así, no se lo puede conectar. Además el estator debe tener sus seis bornes accesibles. Para ello se abren los circuitos de las bobinas del estator y se las conecta al conmutador. En este caso al motor ingresan 6 cables, más el de puesta a tierra. La conmutación de estrella a triángulo generalmente se hace en forma automática luego de transcurrido un lapso en el que el motor alcanza determinada velocidad.

Algunas indicaciones que se deben tener en cuenta sobre el punto de conmutación son: el pico de corriente que toma el motor al conectar a plena tensión (etapa de triángulo) debe ser el menor posible; por ello, la conmutación debe efectuarse cuando el motor esté cercano a su velocidad nominal (95% de la misma), es decir cuando la corriente de arranque baje prácticamente a su valor normal en la etapa de estrella.

2.7.1.4 Arranque de motores asincrónicos con rotor en jaula por autotransformador de arranque: El autotransformador de arranque es un dispositivo similar al estrella-triángulo, salvo por el hecho de que la tensión reducida en el arranque se logra mediante bobinas auxiliares que permiten aumentar la tensión en forma escalonada, permitiendo un arranque suave.

Su único inconveniente es que las conmutaciones de las etapas se realizan bruscamente, produciendo en algunas ocasiones daños perjudiciales al sistema mecánico o a la máquina accionada. Por ejemplo, desgaste prematuro en los acoplamientos (correas, cadenas, engranajes o embragues de acoplamiento) o en casos extremos roturas por fatiga del eje o rodamientos del motor, producidos por los grandes esfuerzos realizados en el momento del arranque.

2.7.1.5 Arranque de motores asincrónicos con rotor en jaula por dispositivos electrónicos: Los arrancadores electrónicos son una mejor solución que los autotransformadores gracias a la posibilidad de su arranque suave, permitiendo un aumento en la vida útil de todas las partes involucradas.

Los mismos consisten básicamente en un convertidor estático alterna-continua-alterna ó alterna-alterna, generalmente de tiristores, que permiten el arranque de

motores de corriente alterna con aplicación progresiva de tensión, con la consiguiente limitación de corriente y par de arranque.

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

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

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

2.7.2 Arranque de motores asincrónicos con rotor bobinado

En un motor asincrónico, la velocidad a la que se produce el máximo par es función de la resistencia del circuito rotórico. En particular, el máximo par de arranque se tiene cuando dicha resistencia es aproximadamente igual a la reactancia del motor. En los motores de corriente alterna con rotor bobinado, para efectuar el proceso de puesta en marcha se instala un reóstato de arranque conectado a los anillos rozantes del motor de manera de aumentar a voluntad la resistencia rotórica total.

En este método, el motor arranca con toda la resistencia en serie con el circuito del rotor. Luego por medios manuales o automáticos, en forma continua o escalonada, se va reduciendo la resistencia a medida que la máquina gana velocidad, hasta que en régimen

permanente el reóstato queda en cortocircuito. En el momento del arranque la circulación de corrientes secundarias localizadas en las cercanías del entrehierro tienen una mayor densidad de corriente, bloqueando el flujo magnético hacia el interior del núcleo, por lo que el conjunto se comporta como si tuviera mayor resistencia efectiva. Al aumentar la velocidad, disminuye la frecuencia secundaria y cesa ese efecto transitorio.

CAPITULO III

VARIADORES DE FRECUENCIA (VARIABLE FREQUENCY DRIVES)

3.1 INTRODUCCION

En la industria es muy común utilizar motores eléctricos para el accionamiento de diferentes dispositivos en la mayoría de las aplicaciones. Los motores que durante décadas las industrias estaban ocupando son los motores de corriente continua. Sin embargo los motores con menor nivel de exigencias en el mantenimiento son los motores asíncronos de jaula de ardilla, debido a que carecen de colector, tienen una relación peso-potencia mucho menor que los de continua, y por tanto un costo significativamente más bajo.

Al ser más utilizados los motores asíncronos, también se ha visto la necesidad de reemplazar los variadores de velocidad para motores de corriente continua, cuyas prestaciones son excelentes y que se pueden realizar para cualquier gama de potencias, por variadores para motores asíncronos.

Desde hace aproximadamente 20 años, el elevado desarrollo de la electrónica de potencia y los microprocesadores ha permitido variar la velocidad de estos motores, de una forma rápida, robusta y fiable, mediante los reguladores electrónicos de velocidad; comúnmente conocidos como variadores de frecuencia.

Los variadores de frecuencia son un campo importante de aplicación de los convertidores estáticos. Los equipos industriales utilizan cada vez más los variadores de frecuencia debido a la necesidad de tener una velocidad óptima en cada una de las fases de un proceso.

La obtención de velocidades variables, a partir de la red trifásica de frecuencia constante que constituye normalmente la fuente de energía eléctrica disponible, se realiza actualmente en excelentes condiciones mediante el conjunto formado por rectificadores con tiristores y motor de corriente continua. Sin embargo, cada día hay más interés en los variadores de velocidad con motores asíncronos, siendo ya comunes algunas soluciones. La elección de la instalación de un variador de frecuencia como método de ahorro energético tiene las siguientes ventajas:

- Reducción del consumo.
- Mejor control operativo, mejorando la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos.
- Minimizan las pérdidas en las instalaciones.
- Ahorro en mantenimiento

3.2 CONCEPTO FUNDAMENTAL

Los Convertidores de Frecuencia o Variadores de Frecuencia son equipos electrónicos de alta potencia que reciben en su entrada corriente alterna monofásica o trifásica a la frecuencia de la red (60 Hz en nuestro país o en otros 50 Hz) y la transforman en trenes de impulsos de corriente con frecuencia distinta a la original, permitiendo modificar la velocidad de giro de los motores o la potencia entregada a los aparatos conectados en ellos.

Con estos equipos se puede modificar la velocidad de giro desde 0 R.P.M. hasta el máximo de la velocidad del motor, manteniendo constante el torque, de esa forma se puede variar la velocidad de movimiento de una máquina, el caudal de una bomba, la presión que ésta genera y miles de aplicaciones de control de procesos asociados con manejo de motores.

3.3 FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DE LA REGULACIÓN ELECTRÓNICA DE VELOCIDAD EN MOTORES.

Un variador electrónico de velocidad está formado por circuitos que incorporan transistores de potencia como el IGBT (Transistor Bipolar de Puerta Aislada) o tiristores, siendo el principio básico de funcionamiento transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable.

Esta variación de frecuencia se consigue mediante tres etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua, una etapa central o circuito intermedio y una etapa inversora que transforma la corriente continua en alterna. A esta tercera etapa también se le suele llamar ondulator.

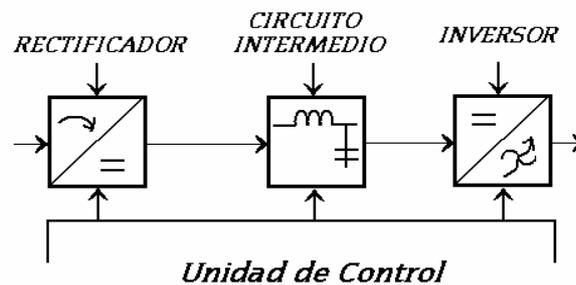


Figura. 3.1. Convertidor de Frecuencia

El modo de trabajo puede ser manual o automático, según las necesidades del proceso, dada la enorme flexibilidad que ofrecen los variadores de velocidad. De forma manual al ser manejados o programados por un operador y de forma automática al ser manejados por un ordenador, PLC o señales digitales.

La mayoría de las marcas incluyen dentro del propio variador protecciones para el motor, tales como protecciones contra sobrecorriente, sobretensión, fallo contra desequilibrios, defectos a tierra, etc., además de ofrecer procesos de arranque y frenados suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida útil del motor y las instalaciones.

El uso de variadores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones. Además presentan los siguientes beneficios:

- Mejora el proceso de control y por lo tanto la calidad del producto.
- Se puede programar un arranque suave, parada y freno.
- Amplio rango de velocidad, par y potencia. (velocidades continuas y discretas).
- Bucles de velocidad.
- Puede controlar varios motores.
- Factor de potencia unitario.
- Capacidad de by-pass ante fallos del variador.
- Protección integrada del motor.

Con respecto a la velocidad los convertidores suelen permitir dos tipos de control:

Control manual de velocidad. La velocidad puede ser establecida o modificada manualmente (display de operador). Posibilidad de variación en el sentido de giro.

Control automático de velocidad. Utilizando realimentación se puede ajustar la velocidad automáticamente. Esta solución es la ideal para una instalación en aplicaciones en las que la velocidad demandada varía de forma continua.

3.4 ETAPAS DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA

Como se mencionó anteriormente el VFD consigue la variación de frecuencia mediante tres etapas en serie.

- La etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua.
 - La etapa central o circuito intermedio.
 - La etapa inversora también llamada Ondulador, que transforma la corriente continua en alterna.
-

3.4.1 Etapa Rectificadora

En esta primera etapa es importante conocer primero acerca de los rectificadores para convertidores de frecuencia. Así tenemos los siguientes:

3.4.1.1 Rectificadores no controlados de tensión fija

El fenómeno de la rectificación se da porque los diodos van conmutando cíclicamente al circuito de CC sobre las fases de AC. Es la tensión de esta red la que va forzando el paso a conducción o bloqueo de los diodos, a esta conmutación se le llama forzada. Si sólo se rectifican las semiondas positivas de la tensión alterna se tiene un montaje de media onda y si se rectifican ambas semiondas, se tiene un montaje de onda completa.

En los rectificadores de *media onda* la tensión no es puramente continua, ya que exhibe cierto grado de rizado u oscilación en torno a su valor medio. Los diodos que conducen en cada momento son aquellos en los que la tensión de la fase en la que van conectados supera a la de las otras dos.

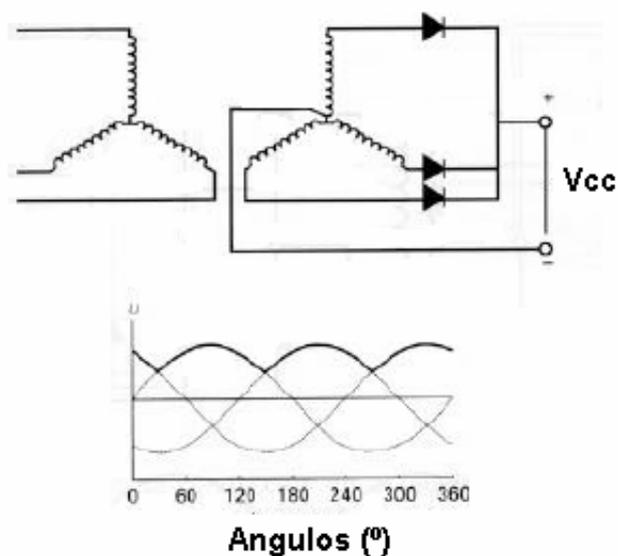


Figura. 3.2. Rectificador trifásico de media onda

El rectificador trifásico de *onda completa* o puente de Graetz, está formado por seis diodos y tiene la ventaja del menor rizado. Este puente es el más empleado en las aplicaciones industriales de potencia.

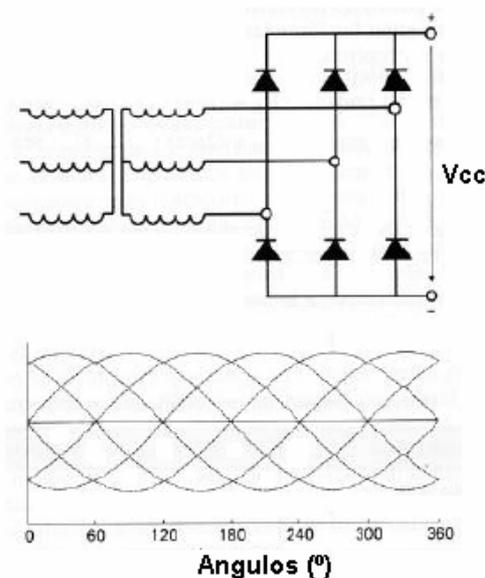


Figura. 3.3. Rectificador trifásico de onda completa o puente de Graetz

3.4.1.2 Rectificadores controlados de tensión variable

Los esquemas son similares a los anteriores, cambiando los diodos por semiconductores controlables, que normalmente son tiristores, así se logra que la tensión de salida sea variable y con prestaciones más interesantes. El puente trifásico de onda completa o de Graetz es el más empleado desde el punto de vista industrial, ya que tiene las siguientes ventajas:

- Se carga simétricamente la línea trifásica.
- Se absorben menos armónicos de intensidad en la línea trifásica.
- La tensión continua es de rizado con menor amplitud y por tanto los filtros para alisado son menores.
- Las prestaciones dinámicas son mayores, ya que con seis pulsos se puede variar el ángulo de encendido seis veces por periodo.

3.4.2 Etapa Central o Circuito Intermedio.

La etapa central es el denominado circuito intermedio de continua y que puede funcionar como fuente de tensión o intensidad para la etapa final del ondulator, según la disposición que se adopte.

La función del circuito intermedio es alimentar la tercera etapa, es decir al ondulator, y esto puede hacerlo funcionando como fuente de tensión, en cuyo caso se colocaría un condensador electrostático entre los terminales (+) y (-) para mantener constante la tensión y daría lugar a un inversor con circuito intermedio de tensión. Cuando el circuito intermedio funciona como fuente de intensidad para el ondulator, se pone una inductancia en serie con una de sus ramas, su función es mantener constante la intensidad, y estaríamos hablando de un inversor con circuito intermedio de intensidad.

Según la configuración que se adopte las características del convertidor de frecuencia son distintas y condiciona cuestiones tales como: armónicos, resistencia de frenado, gama de potencias, accionamiento para un solo motor o varios a la vez, etc.

3.4.3 Etapa Inversora u Ondulator

El ondulator es un conmutador electrónico que comunica alternativamente la tensión o intensidad continua del circuito intermedio sobre las fases del motor de AC conectado a sus salidas. La disposición más común es el puente trifásico de Graetz y está formado por semiconductores controlables que pueden ser tiristores, tiristores desconectables por puerta (GTO), transistores de potencia, IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) o MOSFET (transistor de efecto campo de óxido metálico). De los anteriores el que más se está utilizando para motores industriales es el IGBT.

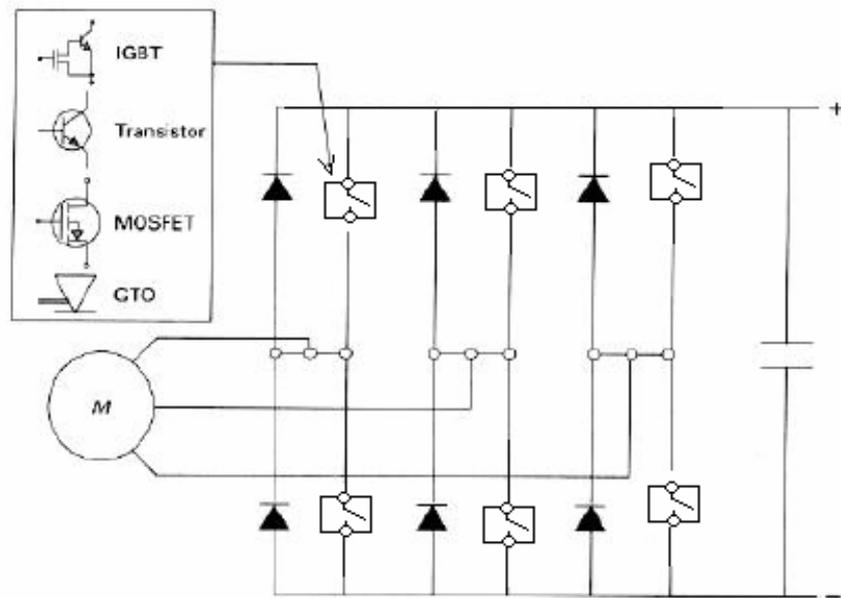


Figura. 3.4. Ondulador

En función de la mayor o menor perfección del sistema de conmutación lograremos que las ondas de tensión a la salida hagan que las corrientes absorbidas se acerquen más o menos al sistema trifásico senoidal.

Hay distintas formas de regular la tensión de salida del convertidor de frecuencia como:

- Variar el valor de la tensión en el circuito intermedio.
- Variar el ancho de la zona de conducción de cada semionda de salida.
- Variar la tensión de salida en función de la proporción entre los tiempos de conexión y desconexión de los semiconductores de potencia mediante la técnica de regulación PWM (**M**odulación de **A**ncho de **P**ulso, en inglés). Además de regular la salida, este método tiene la ventaja de generar una onda de tensión de salida que mejora notablemente la onda de intensidad absorbida por el motor, lo cual hace que el motor funcione de forma semejante a si estuviera alimentado por tensiones senoidales de la red.

3.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VARIADORES PARA MOTORES ASÍNCRONOS

El motor asíncrono de inducción como se ha dicho es claramente menos costoso que el motor de colector de la misma potencia y su mantenimiento más reducido. Estas ventajas se hacen todavía más patentes si el motor tiene el rotor en jaula de ardilla.

Pero, si se quiere obtener prestaciones comparables a las del motor de continua, para variar la velocidad de la máquina asíncrona es preciso utilizar una electrónica de potencia más complicada y más cara. Sólo los avances en la puesta a punto de los semiconductores y sobre todo la reducción de su precio, han permitido que progresivamente los variadores de velocidad para motores de continua sean sustituidos para algunas aplicaciones, por los que utilizan motores asíncronos.

3.5.1 Variación de la tensión de alimentación

3.5.1.1 Principio:

El procedimiento más fácil para variar la velocidad del motor asíncrono consiste en alimentar la máquina a frecuencia constante y variar la tensión en sus bornes. Para un mismo par resistente, cuanto menor es la tensión, el deslizamiento es mayor y por tanto la velocidad es menor.

Este método que se utiliza con motores de jaula de ardilla, presenta tres graves inconvenientes que se desprenden directamente de las propiedades del motor asíncrono.

- No es una verdadera regulación de velocidad, ya que no puede variarse la velocidad en vacío que viene impuesta por la frecuencia.
-

- Para un deslizamiento dado, el par es proporcional al cuadrado de la tensión. Esta proporcionalidad es aplicable en particular al par máximo. Reduciendo la tensión se reducen las posibilidades del motor para entregar par a la carga.
- Las pérdidas por efecto Joule en el rotor son proporcionales al deslizamiento. El trabajo con elevado deslizamiento corresponde a un valor muy bajo del rendimiento.

La figura 3.5 representa la curva $N(C)$ del motor alimentado bajo la tensión normal U y para tensiones más reducidas. Donde N es la velocidad en rpm y C el par electromagnético del motor.

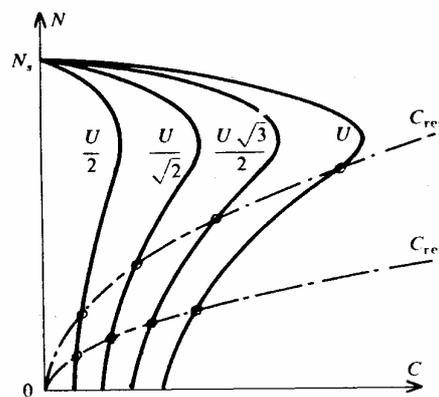


Figura 3.5. Curva $N(C)$ [N_s velocidad síncrona]

3.5.1.2 Montaje y Aplicaciones

Para regular la velocidad, cuando se utiliza este principio, se coloca entre la red y el motor un par de tiristores en antiparalelo para cada fase (figura 3.6). Se varía la velocidad del motor actuando sobre el ángulo de paso de corriente en cada período.

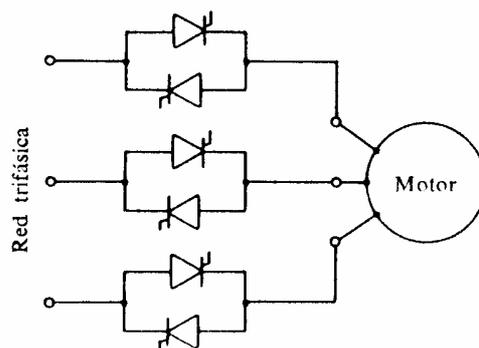


Figura. 3.6. Montaje a la red trifásica

El propio principio de funcionamiento limita el campo de aplicaciones de este sistema: se reduce la tensión para disminuir el par con el fin de que la velocidad disminuya. Para que el motor pueda funcionar a velocidades muy inferiores a la de sincronismo, es preciso que el par resistente que opone la carga arrastrada disminuya también, al tiempo que lo hace la velocidad.

Incluso cuando es posible hacer la regulación de velocidad de esta forma la mediocridad del rendimiento de la máquina a baja velocidad limita enormemente el empleo de este método.

3.5.2 Variación de la frecuencia y tensión de alimentación

El rendimiento del motor de jaula de ardilla sólo es bueno si gira a una velocidad muy cercana a la de sincronismo. Para variar su velocidad en buenas condiciones debe variarse su frecuencia de alimentación.

Será preciso modificar al mismo tiempo el valor de las tensiones de alimentación; este valor ha de ser sensiblemente proporcional a la frecuencia, para que cualquiera que sea ésta, el par máximo que pueda desarrollar la máquina sea el mismo y para que con un par dado la corriente absorbida dependa poco de la velocidad.

Se pueden utilizar dos principios:

- “Construcción” de las tensiones de alimentación directamente de las tensiones de la red, es la técnica de los cicloconvertidores. Este caso no será detallado por que no es parte de nuestro estudio.
- Paso intermedio por continua y empleo de los onduladores autónomos (Transforman una corriente continua en corriente alterna de frecuencia fija o variable).

3.5.2.1 Paso intermedio por corriente continua

La solución general al problema de la variación de velocidad del motor asíncrono de jaula de ardilla es separar totalmente la salida del variador de frecuencia de su entrada a frecuencia fija. Para ello se pasa por una etapa intermedia de corriente continua.

Se rectifican las tensiones de frecuencia f de la red y luego con un ondulator autónomo, se ondula la tensión rectificada a una frecuencia variable f_v . El montaje debe, además, garantizar la variación del nivel de tensión de salida.

Las técnicas que ha puesto en práctica este principio son numerosas: esquemáticamente pueden dividirse en dos grupos que difieren en el papel que se atribuye al rectificador.

Empleo de rectificadores con tensión de salida variable

El rectificador somete al ondulator a una tensión continua cuyo valor U_C es proporcional a la frecuencia variable f_v . El ondulator de esta forma puede ser de relación de transformación continua-alterna fija.

La figura 3.7 da un ejemplo sencillo de un sistema que utiliza este procedimiento.

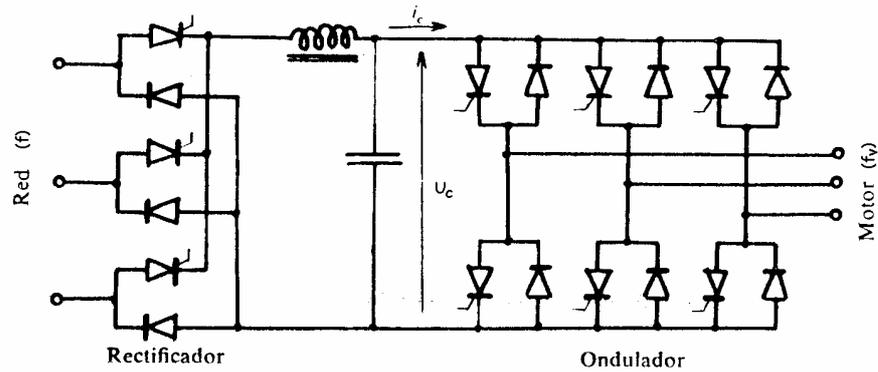


Figura. 3.7. Rectificador con tensión de salida variable

La bobina con núcleo de hierro limita las puntas de corriente en los semiconductores; el condensador aplana la tensión U_C a la entrada del ondulator.

El ondulator está formado por tres conjuntos de dos tiristores en serie; no se han representado en la figura las bobinas de bloqueo mutuo ni los condensadores de conmutación forzada.

Nota: Las bobinas de bloqueo son dispositivos destinados a ser instalados en serie en una línea de alta tensión. Su impedancia debe ser despreciable a la frecuencia de la red, de manera de no perturbar la transmisión de energía.

Nota: Los condensadores de conmutación forzada son dispositivos que son colocados de forma adicional para inducir la conmutación (cambio de estado de los tiristores).

Para que el montaje pueda funcionar con recuperación (i_C media negativa) debería hacerse el puente rectificador completo con tiristores para que funcionara como un ondulator no autónomo (que se puede revertir su montaje)

Las soluciones de este tipo tienen la ventaja de utilizar menos cantidad de tiristores y de hacerlos trabajar a frecuencia relativamente reducida. La separación de las dos funciones (variación del valor de las tensiones y variación de la frecuencia) facilita el control y las protecciones.

Presentan sin embargo el inconveniente de estar unidos a la red a través de un rectificador con tiristores, de ahí que el factor de potencia se degrade al disminuir la tensión de salida y que se produzca la absorción de corrientes ricas en armónicos.

Empleo de rectificadores con tensión de salida constante

Onduladores más elaborados, como los onduladores en puente, aseguran por sí mismos la variación tanto de la frecuencia de las tensiones alternas como de su valor.

La figura 3.8 esquematiza un ejemplo que pone en práctica este principio:

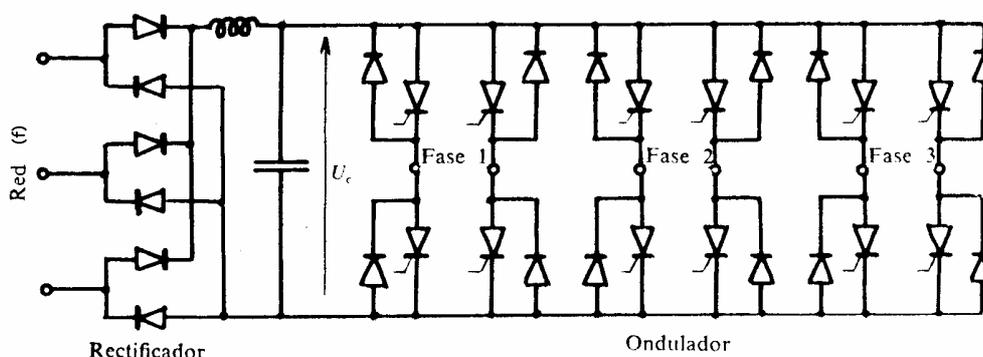


Figura. 3.8. Rectificador con tensión de salida constante

La tensión constante U_c es suministrada por un puente de seis diodos. La tensión U_c alimenta tres onduladores en puente que permiten variar la frecuencia f_v .

Las soluciones de este tipo presentan la ventaja de estar unidos a la red de alimentación a través de un puente de diodos, de donde un mejor factor de potencia y menos armónicos en la corriente tomada de la red.

Con onduladores en puente, se pueden suprimir los primeros armónicos de las tensiones de alimentación. Sin embargo, ello da lugar a la necesidad de hacer trabajar a los tiristores a frecuencia más elevada. De ahí que para los montajes de gran potencia con tiristores de tiempos de regeneración más elevados, sea preciso utilizar artificios suplementarios para dar un tiempo de bloqueo más elevado a los semiconductores.

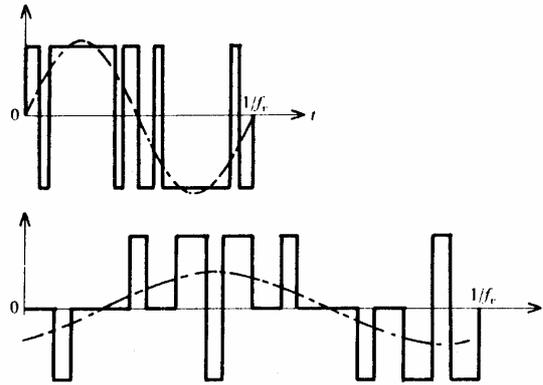


Figura. 3.9. Forma de onda teórica para una frecuencia cercana al máximo y luego para frecuencia y tensión reducidas a la mitad

3.6 APLICACIONES DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA

3.6.1 Temperatura

Es una variable que se puede controlar fácilmente con ayuda de variadores de frecuencia. La temperatura dentro de un cuarto se puede manejar con la ayuda de sistemas de calefacción o refrigeración, los cuales utilizan motores. Mediante el VFD se puede manejar los motores de una forma eficaz.

La calefacción, ventilación y aire acondicionado, son los procesos relativos a la regulación de las condiciones ambientales con propósitos industriales o para hacer más confortable el clima de las viviendas. La calefacción eleva la temperatura en un espacio determinado. Los sistemas de ventilación controlan el suministro y la salida de aire, de forma independiente o en combinación con los sistemas de calefacción o aire acondicionado. Los sistemas de aire acondicionado controlan el ambiente del espacio interior (temperatura, humedad, circulación y pureza del aire) para la comodidad de sus ocupantes o para conservar los materiales que ahí se manejen o almacenen.

En todos estos sistemas el uso de motores es imprescindible por lo que el controlar la velocidad de los mismos para que exista más o menos oxígeno o ventilación es de vital importancia.

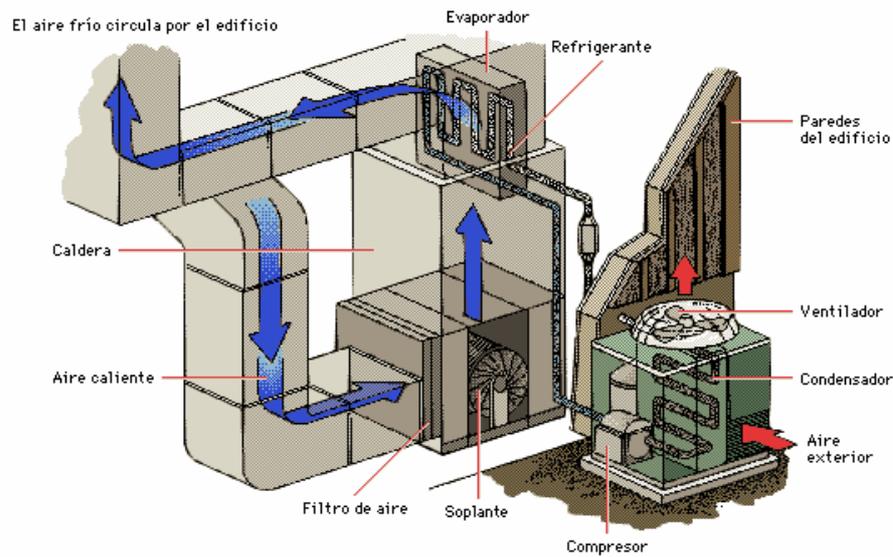


Figura. 3.10. Sistema de Calefacción

La refrigeración es el proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias o conseguir un ambiente agradable.

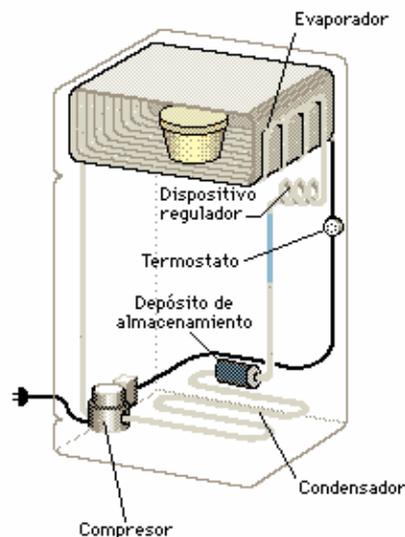


Figura. 3.11. Sistema de Refrigeración

En todas estas clases de procesos: calefacción, ventilación y aire acondicionado y refrigeración, se tendría básicamente los siguientes bloques:

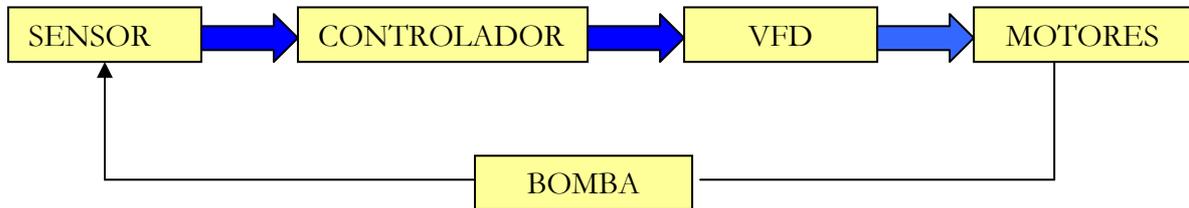


Figura. 3.12. Proceso que sigue el sistema de calefacción o ventilación

3.6.2 Caudal

El control de caudal se hace mucho más fácil con el uso de un VFD. Este variador puede ser a su vez controlado con un PLC o microcontrolador o bajo un sistema de bus de datos (El más utilizado en la industria por la facilidad de conexión a Internet es el Ethernet o Industrial Ethernet).

La idea básica de cómo actúa un VFD para controlar el caudal es la siguiente: El VFD controla el motor de una válvula motorizada que abre o cierra una compuerta dentro de la tubería para aumentar o disminuir el caudal respectivamente. El VFD en este caso controla el sentido de giro del motor de la válvula para abrirla o cerrarla. Además existen aplicaciones en la que la velocidad en la que se abre o cierra la válvula es fundamental, así que también en este caso el VFD empieza actuar sobre el motor.

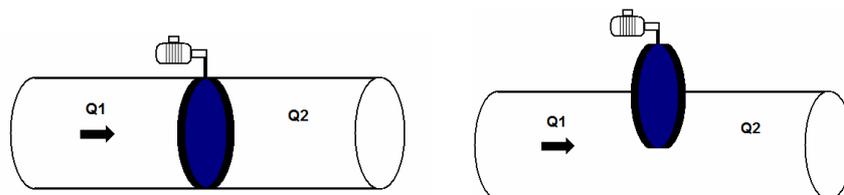


Figura. 3.13. Sistema para disminuir el caudal

Los sistemas a caudal constante son muy utilizados en distintas industrias como en salas de incubación o en sistemas de filtrado de vinos.

3.6.3 Nivel de Tanques

Manejando la velocidad de las bombas se puede controlar el nivel de líquido en un tanque. Como ya se sabe el uso de sensores es muy importante en las aplicaciones en que se utilizan VFD's ya que estos son los que mandan señales indicadoras para que el VFD comience a actuar.

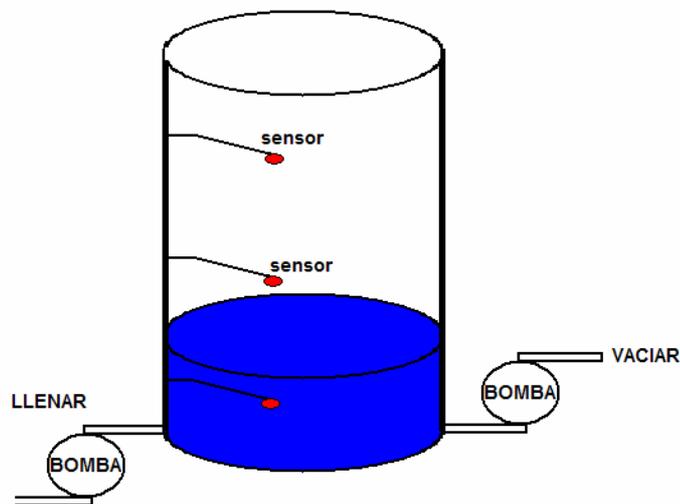


Figura. 3.14. Sistema de Nivel de agua

De esta manera si se desea llenar un tanque, el VFD hará que gire la bomba de llenado en un sentido para dejar pasar líquido y llenar al tanque. De igual manera para vaciar el tanque el VFD hará girar la bomba de vaciado en un sentido para así poder vaciarlo. En esta aplicación el sentido en reversa (que el VFD puede proporcionar) debería estar bloqueado para que así no exista ningún accidente al tratar de retornar el líquido. La velocidad de llenado o vaciado también es de gran importancia, ya que una industria no puede darse el lujo de perder uno o dos días en llenar o vaciar un tanque.

Así que es necesario controlar la velocidad de dichas bombas para que llenen velozmente el tanque, pero cuando ya estén a punto de llenarlo disminuyan su velocidad para así llegar al nivel deseado sin que exista ningún derrame.

3.6.4 Presión

Los sistemas de agua a presión constante se utilizan en cualquier instalación industrial que tenga su propia unidad de bombeo o pozo propio y también en los edificios que cuentan con "cisterna" o estanque de acumulación. En ellos es necesario que las bombas abastezcan el edificio o red de agua.

De igual manera en este caso el VFD nos ayuda a controlar el giro y velocidad de los motores de las bombas, para así poder llegar con el líquido al destino predeterminado.

Esta es una de las aplicaciones masivas de los convertidores de frecuencia pues presentan la enorme ventaja de un control continuo de la presión para consumos desde 0 hasta 100% y un elevado ahorro de energía ya que las bombas están girando sólo a la velocidad que el sistema requiera en cada instante, sin partidas ni detenciones bruscas como ocurría con los sistemas controlados mediante presóstatos (interruptores actuados por presión).

Otra aplicación en la que se utiliza el control de presión a través de un VFD es el transportar el petróleo de una estación a otra. De esta manera en cada estación se debe tener presente la presión necesaria para que el petróleo pueda llegar sin dificultades a la siguiente estación.

CAPITULO IV

PLC FAB AF-10MR-A

4.1 INTRODUCCION

El controlador inteligente FAB es un nuevo tipo de controlador programable. Éste se programa usando funciones por medio de diagrama de bloques, esta programación es rápida y fácil de aprender. Además incluye una pantalla LCD removible en la cual el usuario puede programar directamente, también se puede programar por medio de un computador, lo cual es recomendado para esquemas de control complejos. FAB es compacto y liviano, puede ser usado para control local y remoto, comunicación, redes y monitoreo.

4.2 ESTRUCTURA DE FAB AF-10MR-A

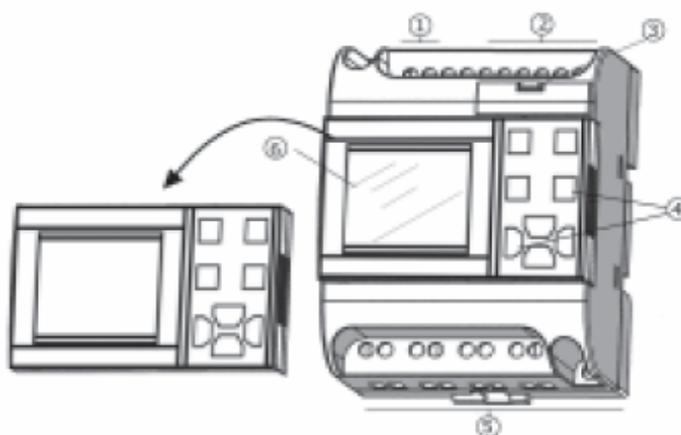


Figura. 4.1. Estructura de FAB

1. Terminales de alimentación (120 VAC)
2. Terminales de entrada
3. Interfase de comunicación
4. Teclas de operación
5. Terminales de salida
6. Panel de pantalla LCD

4.3 ESPECIFICACIONES DEL MODELO

Tipo	Potencia	Entrada	Salida
AF-10MR-A	AC 100V-240V	6 entradas AC	4 salidas a relé

Tabla. 4.1. Especificaciones de FAB

4.4 CARACTERÍSTICAS DEL FAB AF-10MR-A

1. Panel programador removible con pantalla de cristal líquida.- Es un panel de operación con pantalla LCD sobre la parte frontal de FAB. Se puede usar las teclas de operación ubicadas en este panel para editar directamente el programa de control de FAB. Es más, este panel de pantalla LCD es removible, y puede ser estructurado según sus necesidades. Cuando no se necesite se puede reemplazar por una tapa.

Precaución: El panel de pantalla LCD puede ser removido o quitado sólo si la alimentación AC está apagada.

2. Buena estructura y diseño compacto.- FAB es muy compacto 90x71x58 mm.
3. Con los bloques de funciones usados en la programación, la capacidad de almacenamiento del programa de FAB es largo. Las funciones de control de FAB pueden ser implementadas sólo con bloques de funciones incorporadas en un

diagrama de bloques de funciones. El mismo nivel de control implementado por un PLC convencional puede requerir un programa mucho más largo y más detallado.

Cuando varios bloques de funciones son enlazados juntos en una manera específica, se pueden construir funciones complicadas. FAB tiene una capacidad de almacenamiento por programa por encima de 127 bloques de funciones, esto es muy extenso para aplicaciones largas que requieran un control complicado. Un programa, cuando está almacenado dentro de FAB no se pierde cuando se apaga la alimentación ya que tiene una batería para la función de memoria.

4. Software de programación: QUICK II .- El programa de control puede ser bajado directamente, con el uso de un panel LCD, en la unidad de FAB. Para esquemas de control más complicado se usa una computadora auxiliar, cargada con el software QUICK II. El programa de control puede ser escrito dentro de la memoria de FAB. QUICK II es un software muy fácil y didáctico de usar. Este puede editar los diagramas de funciones y también puede simular el programa escrito.
 5. Función de reloj en tiempo real.- FAB tiene una función instantánea de tiempo real. FAB puede ejecutar las funciones según el horario planeado.
 6. Entrada análoga y transmisión.- Además de recibir una entrada por medio de switch, FAB puede recibir también una entrada analógica proveniente de una señal de temperatura, humedad, presión, flujo, nivel, etc. y se las puede transmitir a una computadora para ser supervisadas.
 7. Programa remoto, supervisión y control de la adquisición de datos a través del MODEM. Cuando se necesite programar, escribir y modificar programas para los controles de FAB localizado en un lugar remoto es necesario conectarlo a un MODEM a través de un tono telefónico. Con esta conexión es posible realizar la adquisición de datos bajo supervisión en tiempo real y controlar desde un lugar remoto.
-

-
8. Contraseña de seguridad.- FAB tiene protecciones para los programas bajados en él. La contraseña de seguridad debe ingresarse antes de que los programas sean escritos. Los programas puede modificarse sólo después de que el código de seguridad ingresado sea correcto.

 9. Función telefónica.- FAB está equipado con bloques de funciones de teléfono y voz. Es posible marcar directamente a través de la línea telefónica después de que el número sea prefijado. FAB puede marcar automáticamente, cuando se tenga alguna anomalía y se prendan las alarmas. Es más, FAB también recibe señales remotas a través de la línea telefónica en orden para controlar el equipo terminal.

Nota: Es necesario configurar el bloque de voz multifuncional AF-MUL para la implementación de la función de teléfono y voz.

 10. Función de voz.- FAB tiene funciones para grabar la voz y transmitirla para el control industrial automático, creando controles inteligentes que pueden dar salidas de voz audible localmente o a través de portavoces remotos.

 11. Función de red.- FAB tiene una función de red que puede unirse a 255 FAB's para construir una red implementando una supervisión instantánea y controlarla desde una computadora común.

 12. Funciones de control y monitoreo FAB-Scada.- El software FAB Scada provee de funciones de control y monitoreo del grupo de FAB's.

 13. Característica de relé intermedio.- Con la adición de relés intermedio se pueden desarrollar esquemas de control más complicados.
-

4.5 INSTALACIÓN DEL FAB AF-10MR-A

El PLC FAB es muy pequeño y adecuado para instalarlo dentro de tableros o maquinarias. La instalación de FAB es muy simple:

1. Use un riel DIN normal para la instalación de FAB como se muestra en la Figura 4.2.

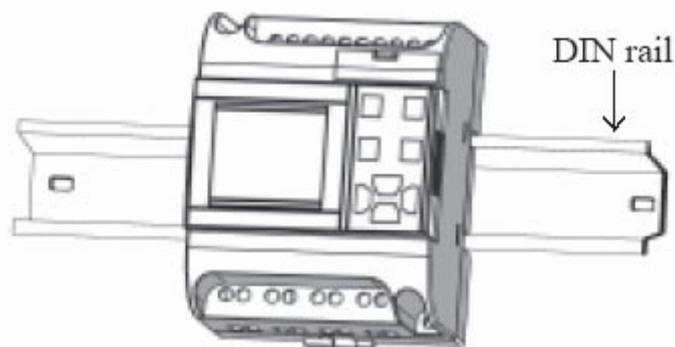


Figura. 4.2. Instalación en un riel DIN de FAB

2. El panel LCD de FAB puede ser retirado parcialmente del FAB usando un destornillador.

Precaución: No retire el panel LCD del FAB cuando esté alimentado, ya que pueden dañarse y poner en peligro la seguridad del usuario.

4.6 CABLEADO DEL FAB AF-10MR-A

Para la instalación eléctrica de FAB se debe utilizar un destornillador de 3mm. Además se deben utilizar alambres para insertar en los terminales de $1 \times 2.5\text{mm}^2$ y $2 \times 1.5\text{mm}^2$.

4.7 ALIMENTACIÓN DEL FAB AF-10MR-A

El PLC requiere una alimentación de 100 a 240 VAC, 50 / 60 Hz. Se debe conectar como se muestra en la Figura 4.3:

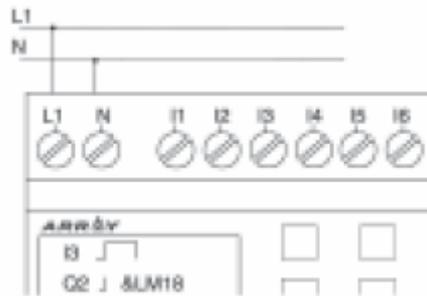


Figura. 4.3. Conexión de alimentación de FAB

Las entradas de FAB pueden ser señales digitales o analógicas y se las puede conectar de la siguiente manera:

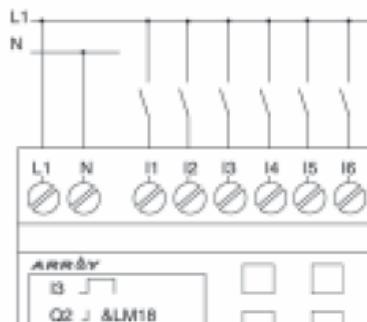


Figura. 4.4. Conexión de switch's a las entradas de FAB

Con esta configuración se puede también conectar botones, selectores, etc.

Las salidas de FAB son a relé y están aisladas tanto de la alimentación como de las entradas.

A las salidas de FAB se pueden conectar varias cargas como lámparas, tubos fluorescentes, motores, contactores, etc. El máximo de corriente que puede soportar FAB

es de 10A para una carga resistiva y 2A para una carga inductiva. La conexión se muestra en la Figura 4.5:

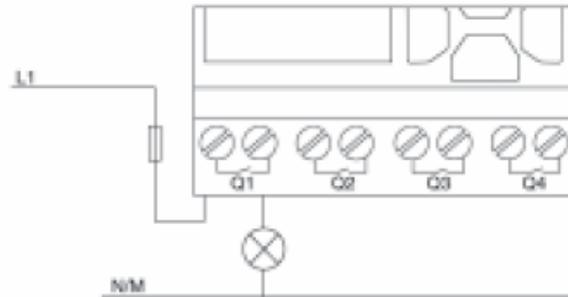


Figura. 4.5. Conexión de una lámpara a la salida de FAB

4.8 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS BLOQUES DE FUNCIONES

FAB tiene un método de programación usando bloques de funciones. Tiene en total configurado 20 bloques de funciones y cada bloque puede lograr una función de control específica independiente. Con la unión de estos bloques enlazados correctamente se pueden realizar funciones de control complicadas.

Los bloques de funciones están divididos en dos grupos principales: los bloques de funciones lógicas y los bloques de funciones de operación.

Entre los bloques de funciones lógicas están:

- AND
- OR
- NOT
- NOR
- NAND
- XOR

Estos bloques de funciones lógicas tienen el mismo comportamiento que las compuertas lógicas.

Entre los bloques de funciones de operación están:

- DPR (ON time delay)
- DDR (OFF time delay)
- PLR (Pulse relay)
- RS (Reset/Set relay)
- CPG (Clock Pulse Generator)
- RPR (Hold ON time delay relay)
- UCN (Up counter)
- DCN (Down counter)
- MPLR (Single pulse time relay)

De los 20 bloques los más utilizados son 15, por lo tanto para una información más detallada acerca de cada bloque de función recurrir al Anexo B.

Los diferentes bloques de funciones que maneja el lenguaje de programación de FAB pueden tener las siguientes opciones:

1. Opciones de las entradas: I1 – I6 (Entradas físicas), Q1- Q4 (Salidas físicas), M00- M126 (Memoria), HI (Estado alto), LO (Estado bajo), X (Entrada sin conexión), P0 - P9 (Teléfono con pulso de dos tonos).
 2. Opciones de las salidas: Q1~Q4 (Salida física), M00~M126 (Memoria).
-

4.9 PROGRAMACIÓN DE FAB AF-10MR-A

Existen dos métodos de programación, el uno es por medio del panel LCD usando las teclas y el otro es usando el software QUICK II. Éste último es recomendado para esquemas de control complicados.

4.9.1 Programación de FAB por medio del panel

La operación desde el panel LCD es una simple interfaz hombre – máquina y el programa puede ser editado completamente a través del manejo de las siguientes teclas:



Figura. 4.6. Teclado del FAB

Las siguientes reglas deben ser consideradas para la programación desde el panel:

1. Cuando el cursor aparezca como una línea horizontal (_)se puede movilizar con las teclas: .
 - Se debe presionar la tecla OK para confirmar la selección de entradas y salidas o la conexión de los bloques de funciones.
 - Se debe presionar ESC al terminar la programación de cada bloque.

2. Cuando el cursor aparezca como >, la entrada / salida o bloque de función puede ser seleccionada:
 - Se debe seleccionar la entrada / salida o bloque de función con las teclas: .
 - Se debe presionar OK para confirmar la selección.

- Se debe presionar ESC para retornar al paso anterior.

Conecte la alimentación de FAB e inmediatamente se enciende el LCD mostrando la siguiente pantalla:

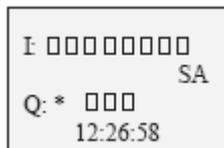


Figura. 4.7. Pantalla de FAB

La fila de arriba muestra el estado de las entradas: □ cuando está desactivada y * cuando está activada. De la misma forma se muestra en la segunda fila las salidas.

Presione las teclas ESC y OK simultáneamente para ingresar a la siguiente pantalla:



Figura. 4.8. Pantalla de verificación de la contraseña

Es necesario ingresar la contraseña para poder programar por lo que el cursor va a estar titilando y con las teclas  y  ingrese la contraseña que es 0001. Una vez ingresada la clave presione OK.

Aparecerá la siguiente pantalla:

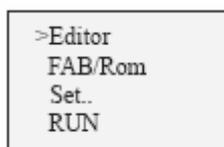


Figura. 4.9. Pantalla de opciones

Estas opciones cumplen diferentes funciones:

- Editor: Edita el programa a ingresar escogiendo las diferentes funciones que se muestran en la Figura 4.11.
- FAB/Rom: Lee el programa, modifica la dirección y resetea el MODEM, etc.
- Set: Configura el reloj de tiempo real RTC y la contraseña.
- RUN: Empieza a correr el programa de FAB.

Si se escoge la opción Editor se entra a la siguiente pantalla:

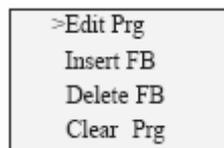


Figura. 4.10. Opciones de Editor

Las opciones de Editor se describen a continuación:

- Edit Prg: Entra al bloque de funciones.
- Insert FB: Inserta un bloque de funciones en un programa existente.
- Delete FB: Borra el bloque de funciones de un programa existente.
- Clear Prg: Borra todo el programa.

Para editar un programa se debe situar en la opción **Edit Prg** y presionar OK. Inmediatamente aparecerán los diferentes bloques de funciones:

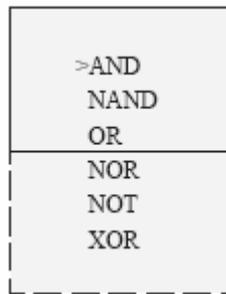


Figura. 4.11. Opciones de Edit Prg

Para desplazarse dentro de este grupo de funciones se debe utilizar las teclas  ,  . Y una vez seleccionada la función presione OK

Cuando ya se está dentro de la función se debe ingresar tanto los parámetros de las entradas como de las salida. Para ingresar los parámetros sitúese en las diferentes terminales con las teclas  ,  y presione la tecla OK e inmediatamente aparecerán las diferentes opciones de entrada o salida (I, Q, M, H, L, X). Una vez escogida la opción presione OK y con las teclas   se escoge el número de entrada o salida (como por ejemplo I1).

Los bloques de funciones que tienen el parámetro de tiempo son: DPR, DDR, MPLR, CPG y RPR. Para setear este parámetro se debe ubicar en la entrada que tiene la letra **t** y luego presionar OK; y enseguida aparecerá la siguiente pantalla:

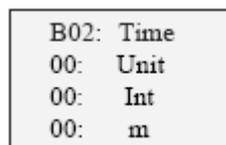


Figura. 4.12. Opciones del parámetro de tiempo

La primera línea muestra el número de bloque e indica que es un parámetro de tiempo, la segunda línea es la unidad del tiempo (HOU horas, MIN minutos y SEC segundos), en la tercera línea se ingresa el tiempo entero y en la cuarta línea el tiempo decimal.

Las funciones que son contadores son: UCN y DCN. Estas tienen una entrada llamada PAR que al ingresar a ella se despliega la siguiente pantalla:

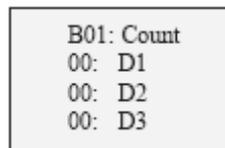


Figura. 4.13. Opciones del parámetro PAR

La primera línea muestra el número de bloque e indica que es un parámetro de conteo, la segunda línea representa el valor más significativo de la cuenta, la tercera línea representa el segundo dígito más significativo y la cuarta línea representa el dígito menos significativo.

Nota: Cuando se ha cometido un error en el ingreso de entradas o salidas se debe acabar de ingresar todas las terminales y luego escoger la opción de borrar el bloque (Delete FB).

La opción **Insert FB** puede ser usada para insertar un bloque de función dentro de una posición específica. El proceso consiste en lo siguiente:

1. Se debe presionar OK en Insert FB, luego de lo cual se despliega la siguiente pantalla:

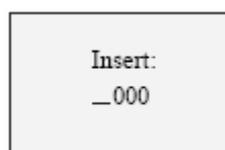


Figura. 4.14. Ingreso a Insert FB

2. Se debe presionar las teclas   para seleccionar el número de bloque que se va a ingresar, recorriéndose así un puesto los bloques posteriores.

3. Se debe presionar OK e inmediatamente aparecerá la pantalla de los diferentes bloques de funciones.

La opción **Delete FB** se usa para borrar un bloque de funciones. Se deben realizar los siguientes pasos:

1. Una vez escogida la opción Delete FB se visualiza lo siguiente:



Figura. 4.15. Ingreso a Delete FB

2. Presionando las teclas   para ingresar el número de bloque se debe presionar OK para confirmar y posteriormente se borra este número de bloque.

Cuando se desea borrar todo el programa ingresado en FAB se debe escoger la opción **Clear prg** y aparece la siguiente pantalla:

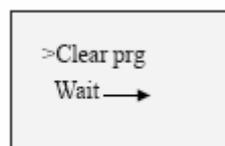


Figura. 4.16. Ingreso a Clear prg

Se debe esperar unos instantes para que se borre todo el programa.

Cuando se escoge la opción **FAB/Rom** aparece la siguiente pantalla:

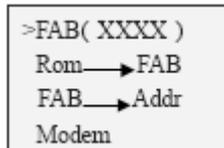


Figura. 4.17. Ingreso a FAB/Rom

- FAB (XXXX): El número de serie de FAB.
- Rom → FAB: lee el programa desde FAB.
- FAB → Addr: muestra o modifica la dirección de FAB.
- MODEM: inicializa el MODEM.

4.9.1.1 Reglas para la programación manual

Regla 1: Antes de ingresar el diagrama completo se debe ajustar el número de bloques de funciones de acuerdo a las reglas 2 y 3.

Regla 2: El número de los bloques de funciones se deben ingresar de manera ordenada tal que la salida de un bloque sea la entrada del siguiente bloque.

Regla 3: Una salida puede ser conectada a múltiples entradas, pero las múltiples salidas no pueden ser conectadas a una entrada.

Regla 4: No se puede repetir en diferentes bloques de la misma función con las entradas y salidas iguales.

4.9.2 Programación por medio de QUICK II

Para poder programar por medio de una PC el PLC AF-10MR-A dispone de un software propio llamado Quick II.

Al igual que todo programa se necesita crear un archivo en el cual se va a trabajar. Se escoge la opción New y se setean los valores para la plantilla de trabajo, como se muestran en la siguiente figura:

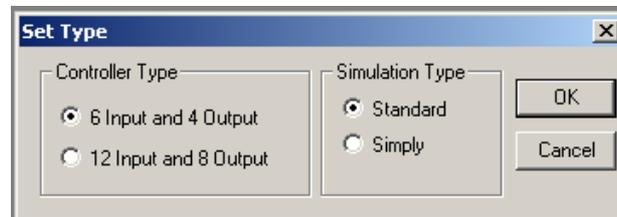


Figura. 4.18. Valores de la plantilla de trabajo

Se le pone un nombre al archivo y a continuación aparece ya la ventana de trabajo que consta de tres partes fundamentales: una Barra de Menús, una Barra de Funciones y una sección de trabajo en donde se edita el programa.

La barra de Menús es similar a la que se encuentra en cualquier software bajo plataforma Windows. En esta encontramos opciones como File, Edit, View, etc.



Figura. 4.19. Valores de la plantilla de trabajo

La Barra de funciones ubicada en la parte derecha está dividida como se dijo anteriormente en dos partes: funciones lógicas y funciones de operación.

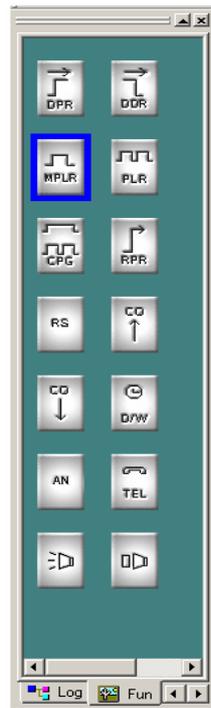


Figura. 4.20. Barra de funciones

La sección de trabajo en donde se encuentran ubicadas las 6 entradas y 4 salidas que tiene el PLC y en donde se edita el programa:

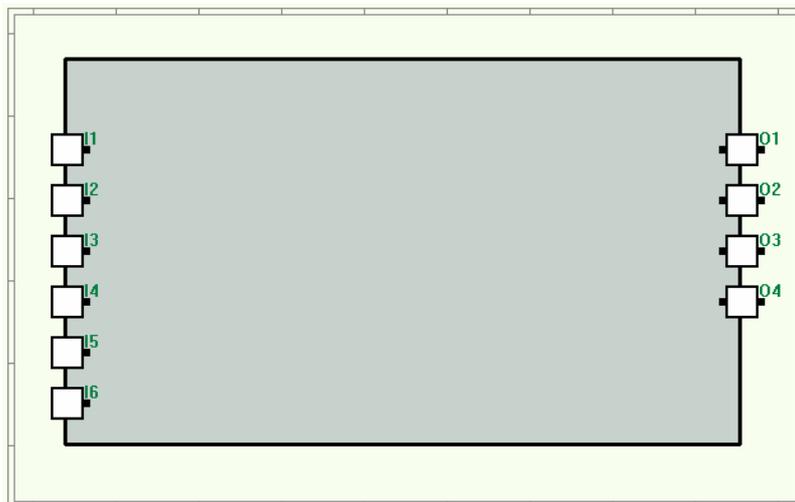


Figura. 4.21. Sección de trabajo

La manera de programar es similar a la manual. Debo escoger una función e ingresar las entradas, salida y parámetros necesarios.

Para las funciones lógicas existe una ventana para el ingreso de las entradas:

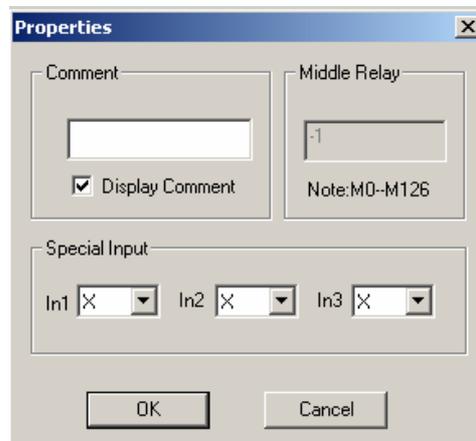


Figura. 4.22. Ventana para el ingreso de entradas en funciones lógicas

Para las funciones de tiempo existe una ventana para el ingreso de las entradas:

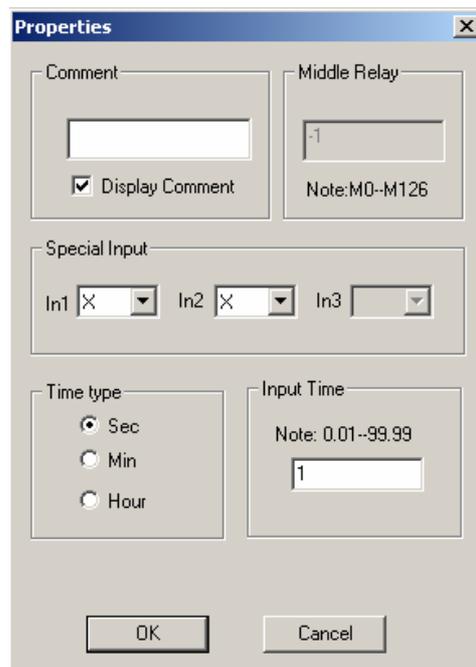


Figura. 4.23. Ventana para el ingreso de entradas en funciones de tiempo

Para las funciones de conteo existe una ventana para el ingreso de las entradas:

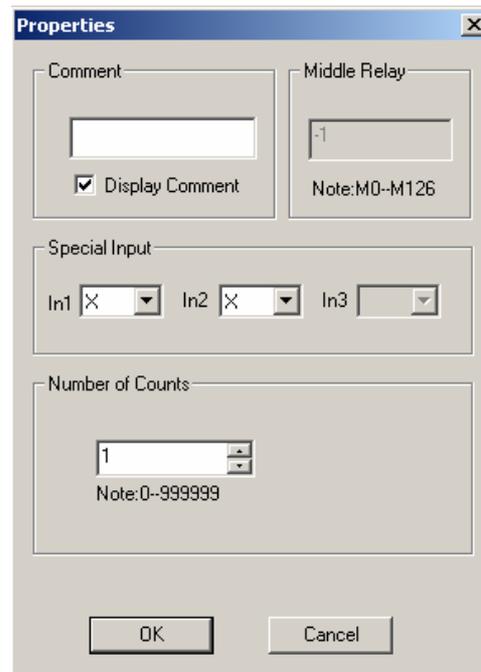


Figura. 4.24. Ventana para el ingreso de entradas en funciones de conteo



Para enlazarse las funciones entre sí, existe la opción  dentro de la Barra de Menús con la que puedo unir con una línea la salida de una función a la entrada de otra.

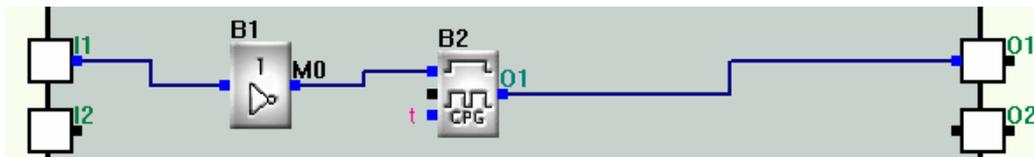


Figura. 4.25. Enlace entre funciones



Una vez editado el programa tengo la opción  dentro de la Barra de Menús, para poder simular es programa editado.

Para poder bajar el programa de la PC al PLC se deben seguir los siguientes pasos:

1. Primero se debe conectar el cable serial del PLC a la PC.

2. Se debe localizar la opción Com en la Barra de Menús como se indica en la figura 4.26.

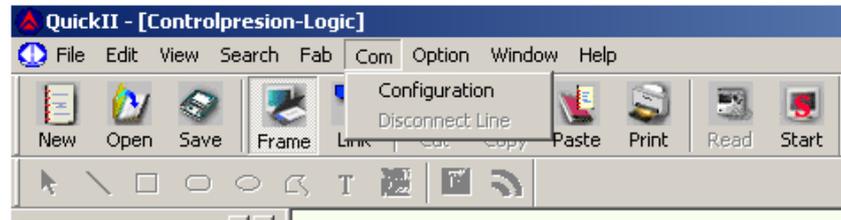


Figura. 4.26. Visualización de la opción Com

3. Se debe escoger la opción Configuration y aparecerá la siguiente ventana:



Figura. 4.27. Pantalla de configuración de puerto de comunicación

4. Se debe escoger la opción COM1 o la que en la PC esté configurada y presionar OK
5. Escoger la opción Fab dentro de la Barra de Menús. Se desplegarán las opciones que se muestran en la figura 4.28:

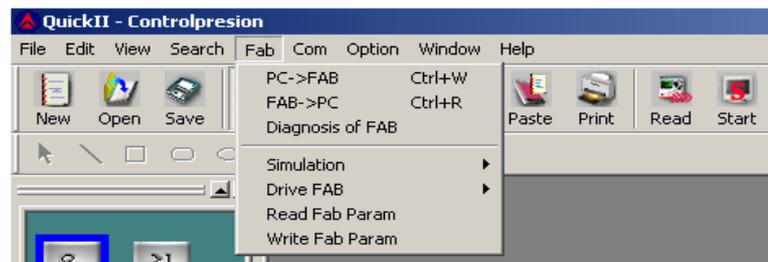


Figura. 4.28. Opciones de Fab

6. Para escribir el programa realizado se debe escoger la opción PC->FAB. Aparecerá la siguiente ventana:

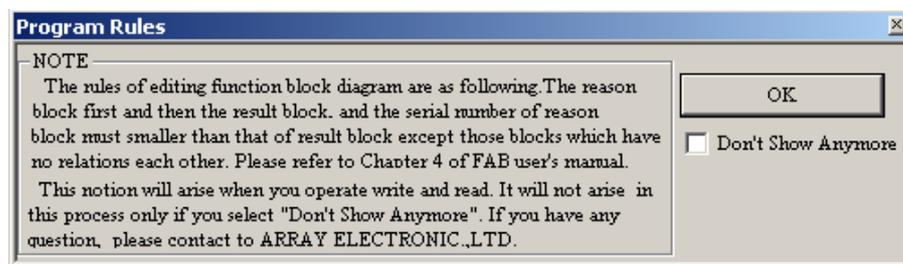


Figura. 4.29. Reglas de Programación

7. Se debe presionar OK y aparecerá la siguiente ventana:



Figura. 4.30. Contraseña

8. Se debe ingresar la contraseña 0001 y presionar OK.
9. Finalmente aparecerá la siguiente ventana, que significa que existe comunicación y que el programa se está grabando en el PLC:



Figura. 4.31. Comunicación con FAB

Una vez que se haya grabado totalmente el programa, el PLC no puede ser manejado manualmente. Solo se lo puede correr desde la PC escogiendo la opción  en la barra de Menús. Para poder manipularlo manualmente se debe desconectar la alimentación del mismo y luego volver a conectarla

CAPITULO V

VARIADOR DE FRECUENCIA LG iG5

5.1 FORMA DE MANEJO

Este variador de frecuencia LG iG5 dispone de dos partes fundamentales para su control y manejo:

- Consola de programación.
- Bornero de control

La consola de programación la encontramos en la parte frontal del variador y contiene las teclas de programación, pantalla de 7 segmentos y LED's indicadores:

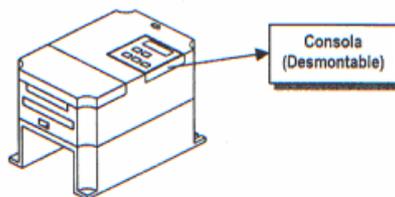


Figura. 5.1. Ubicación de la consola de programación

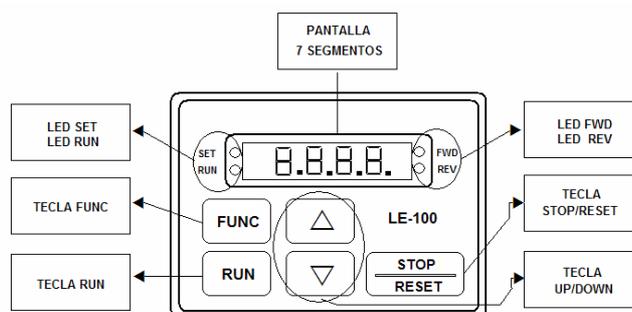


Figura. 5.2. Partes de la Consola de programación

Las teclas e indicadores cumplen sus funciones de acuerdo a la siguiente tabla:

Modelo	Pantalla	Nombre	Descripción
Tecla	FUNC	Tecla de programación	Cambia el modo de programación
	▲ (Up)	Tecla arriba	Para desplazarse por los códigos o para aumentar los valores de los parámetros
	▼ (Down)	Tecla abajo	Para desplazarse por los códigos o para reducir los valores de los parámetros
	RUN	Tecla RUN	Activa el variador
	STOP RESET	Tecla STOP/RESET	Se detiene el funcionamiento del variador. Además sirve para resetear el equipo cuando se ha producido un fallo.
LED	REV	Visualización en sentido inverso	Se enciende cuando el variador gira en sentido inverso.
	FWD	Visualización en sentido hacia delante	Se enciende cuando el variador gira en sentido normal.
	SET	Programación	Se enciende cuando se programa los parámetros con la tecla FUNC.
	RUN	Funcionamiento	Se enciende cuando la velocidad es constante y es intermitente al acelerar o desacelerar.

Tabla. 5.1. Funciones de las partes de la consola de programación

El bornero de control se encuentra localizado en la parte frontal inferior al sacar la tapa de protección del mismo. Al extraer la tapa se encuentra con un esquema de bornes o terminales como se indican en las siguientes figuras:



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MO	MG	CM	FX	RX	CM	BX	JOG	RST	CM	P1	P2	P3	VR	V1	CM	I	FM	S+	S-

Figura. 5.3. Terminales del bornero de control



Figura. 5.4. Terminales de alimentación

Al extraer la tapa también se accede a los terminales de alimentación del VFD y de la conexión al motor. A continuación se presenta el esquema de conexión de la alimentación y del motor.

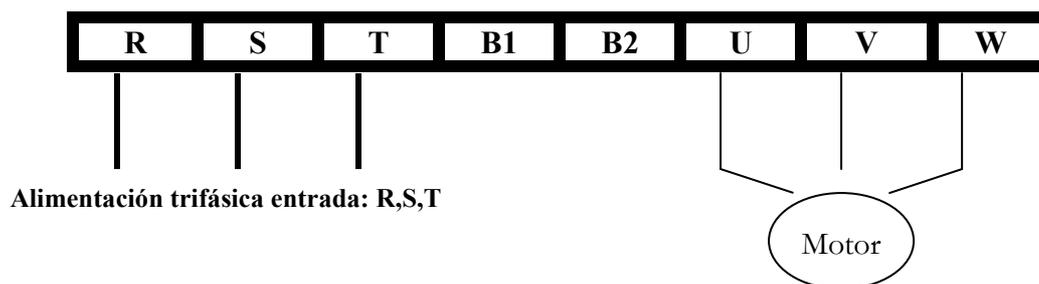


Figura. 5.5: Conexión del motor y fuente trifásica al VFD

Tipo	Símbolo	Nombre	Descripción		
Señal de entrada	Selección de la función del contacto de arranque	P1, P2, P3	Entrada configurable 1,2,3	Empleada en la entrada configurable. El valor por defecto de fábrica se programa en "Step Frequency 1,2,3"	
		FX	Comando avance / Run	Adelante/Run cuando está cerrado y parado cuando está abierto	
		RX	Comando retroceso / Run	Retroceso/Run cuando está cerrado y parado cuando está abierto	
		JOG	Consigna de frecuencia Jog	Funciona con la frecuencia Jog cuando la señal Jog está en ON. La dirección se determina con la señal FX o RX	
		BX	Parada de emergencia	Cuando la señal BX está en ON la salida del variador queda desconectada. Cuando el motor utiliza un freno eléctrico para parar, la función BX se utiliza para desconectar la señal de salida. Cuando la señal BX está en OFF y la señal FX (o RX) está en ON, el motor continuará funcionando. Sea prudente	
		RST	Reset de fallos	Empleada para resetear fallos cuando el circuito de protección está conectado	
		CM	Secuencia común	Empleada para el borde común en los contactos de los bornes de entrada	
	Programación de la frecuencia analógica	VR	Ajuste de la frecuencia de alimentación (+12V)	Utilizadas para la entrada analógica de la consigna de frecuencia. La tensión de salida máxima de +12V, 100mA.	
		V1	Frecuencia de referencia (Tensión)	Utilizado para la referencia de la frecuencia de entrada 0 – 10V. La resistencia de entrada es 20KΩ	
		I	Frecuencia de referencia (Corriente)	Utilizada para la referencia de la frecuencia de entrada 4 – 20mA. La resistencia de entrada es 250KΩ	
		CM	Borne común de ajuste de la frecuencia	Borne común para la señal de la consigna analógica de frecuencia (para medición)	
	Señal de salida	Pulso	FM – CM	Salida analógica / digital (Para medición externa)	Ofrece una de las siguientes: frecuencia de salida, corriente de salida, tensión de salida, tensión bus DC. El valor por defecto es la frecuencia de salida. La máxima tensión y corriente de salida son 0 – 12V y 1mA. La frecuencia de salida está calibrada a 500Hz.
		Contacto	30A 30C 30B	Relé de fallo	Se activa cuando una función de protección está funcionando. AC250V, 1A o inferior. Fallo: 30A-30C Cerrado (30B-30C Abierto) Normal: 30B-30C Cerrado(30A-30C Abierto)
			MO – MG	Salida configurable (Salida a colector abierto)	Utilizar después de definir el borne de salida configurable DC24V, 50mA o inferior
RS - 485	S+, S-	Puerto de comunicación	Puerto para la de comunicación MODBUS-RTU		

Tabla. 5.2. Terminales del Bornero de Control

El siguiente diagrama muestra la manera de explorar el Menú Principal con las teclas descritas en la tabla anterior.

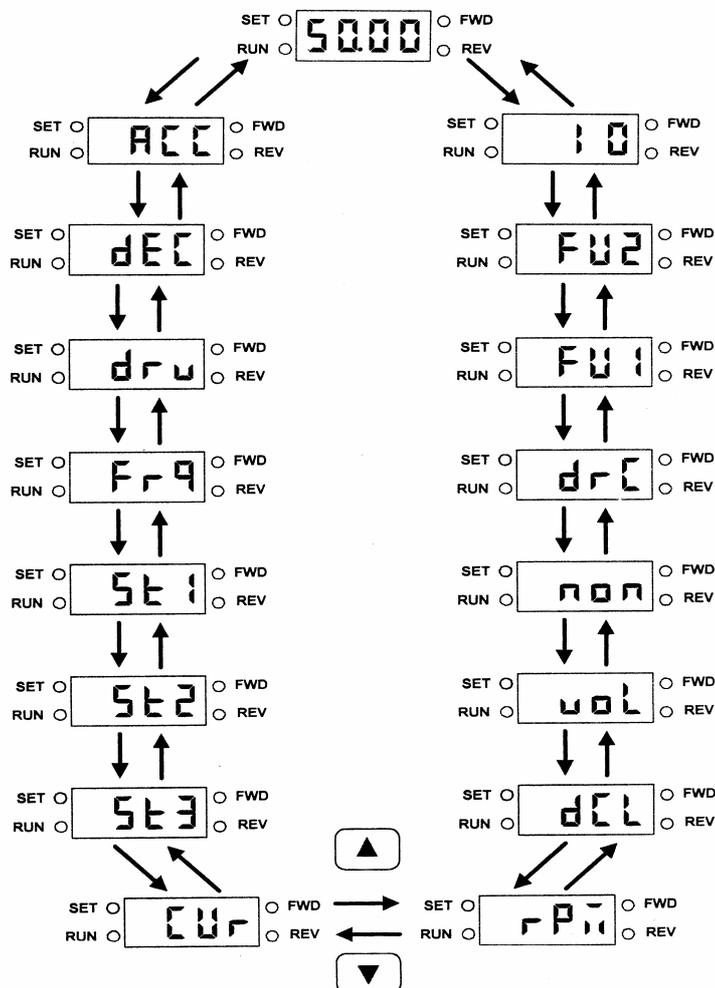


Figura. 5.6. Desplazamiento por los códigos del Menú Principal

En la Figura. 5.6 se puede observar que las teclas [\blacktriangle] y [\blacktriangledown] sirven para desplazarse dentro del Menú Principal o de un grupo de funciones. Una vez que se ubique en el grupo FU1, FU2 o IO, presione la tecla [FUNC] e inmediatamente habrá ingresado al grupo escogido.

La Figura 5.7 muestra como se ingresa a un grupo de funciones y como me desplazo por dicho grupo.

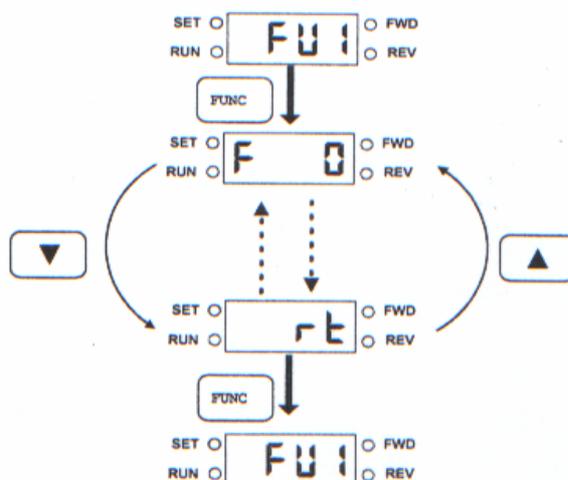


Figura. 5.7. Desplazamiento por los códigos del grupo FU1

Para seleccionar una función dentro del Menú Principal o dentro de un grupo, se debe seleccionar la función de tal modo que se visualice la misma en el display y luego se debe presionar la tecla [FUNC].

Para setear un parámetro dentro de una función o escoger una opción de la misma se utilizan las teclas [▲] [▼]. Una vez ya visualizado el parámetro deseado se presiona la tecla [FUNC] para confirmar dicho valor.

Para que el VFD LG iG5 pueda controlar al motor de jaula de ardilla se deben setear algunas funciones dependiendo de la aplicación o de las condiciones con las cuales se quiera que trabaje el motor. Por eso también es importante conocer sobre que hacen o para que sirven las funciones con que cuenta el Variador de Frecuencia LG iG5 y cuales son los parámetros que reciben.

Es muy importante mencionar que en este capítulo solo se detallarán las funciones que se han utilizado para la elaboración de la guía de prácticas y algunas que se consideraron de importancia para un futuro conocimiento.

5.2 GRUPO DE FUNCIONES BÁSICAS [DRV]

En esta sección del capítulo se explicarán detalladamente las funciones más utilizadas en el proyecto tanto del grupo de funciones del Menú Principal [DRV], como de los grupos [FU1], [FU2] y [IO]. En el anexo A existe una tabla detallada de todas las funciones con que cuenta el Variador de Frecuencia LG iG5 y los parámetros a setear en cada una de ellas.

DRV-00: Frecuencia de salida

Con la consola de programación de 7 segmentos, este código proporciona información sobre el sentido de rotación del motor programado en DRV-13 y de la frecuencia de salida o consigna de frecuencia. Puede programar la orden de frecuencia pulsando la tecla [FUNC] en este código.

DRV-01: Tiempo de aceleración DRV-02: Tiempo de desaceleración

El variador busca el valor FU2-70 [Frecuencia de referencia para aceleración y desaceleración] al acelerar o desacelerar. Cuando FU2-70 se programa a la “Frecuencia Máxima”, el tiempo de aceleración será el que precise el motor para alcanzar FU1-20 [Frecuencia Máxima] desde 0 Hz. El tiempo de desaceleración será el invertido por el motor para alcanzar 0 Hz desde FU1-20.

Cuando FU2-70 se programa a la “Frecuencia Delta”, los tiempos de aceleración y desaceleración serán los invertidos para alcanzar el valor de frecuencia deseado (en lugar de la frecuencia máxima) desde una frecuencia.

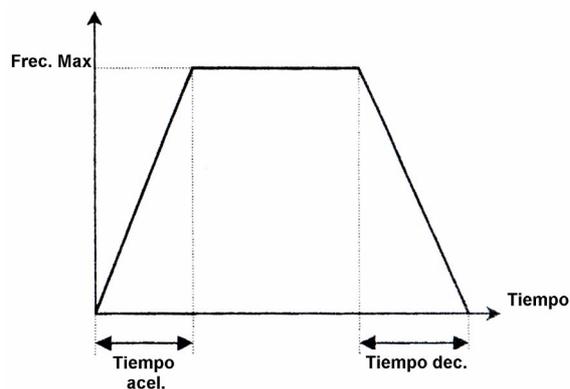


Figura. 5.8. Tiempos de aceleración y desaceleración

**DRV-03: Modo de funcionamiento
(Método Run / Stop)**

Selecciona la orden de funcionamiento de RUN/STOP.

Rango		Descripción
Selección	Display	
Consola	0	Run/Stop controlado desde consola
Fx / Rx-1	1	Los terminales de control FX, RX y CM controlan Run/stop. (Método 1)
Fx / Rx-2	2	Los terminales de control FX, RX y CM controlan Run/stop. (Método 2)
MODBUS-RTU	3	Run/stop controlado por el puerto de comunicación serie (MODBUS-RTU)

Tabla. 5.3. Selección de Modos de funcionamiento

DRV-04 Modo de frecuencia (Método de programación de la frecuencia)

Seleccione la fuente de la programación de frecuencia.

Rango		Descripción
Selección	Display	
Keypad-1	0	La frecuencia se ajusta en DRV-00. La frecuencia se modifica y confirma pulsando la tecla [FUNC]. El variador no aceptará la frecuencia modificada mientras no se pulse la tecla [FUNC].
Keypad-2	1	La frecuencia se ajusta en DRV-00. Pulsando la tecla [FUNC] y a continuación las teclas [▲] [▼], el variador aceptará inmediatamente los valores de frecuencia modificados. Pulsando la tecla [FUNC] se memoriza el nuevo valor de frecuencia.
V1	2	Introduce la consigna de frecuencia (0-10V) en el terminal de control "V1".
I	3	Introduce la consigna de frecuencia (4-20mA) en el terminal de control "I".
V1+I	4	Introduce la consigna de frecuencia (0-10V, 4-20mA) en los terminales de control "V1", "I". La señal "V1" se suma a la señal "I".
MODBUS-RTU	5	La frecuencia se ajusta con la comunicación serie (MODBUS-RTU)

Tabla. 5.4. Selección de Modos de frecuencia

DRV-08: Corriente de salida

Este código muestra la corriente de salida del variador en RMS.

DRV-09: Velocidad del motor

Este código muestra la velocidad del motor en RPM cuando el motor está funcionando. Utilice la siguiente ecuación para calcular la velocidad mecánica usando FU2-74 [Visualización de la ganancia del motor] cuando desee modificar el modo de visualización de la velocidad del motor de rotación (r/min) a velocidad mecánica (m/min).

$$\text{Velocidad del motor} = 120 * (f/P) * \text{FU2-74}$$

Donde, F = Frecuencia de salida y P = el número de polos del motor.

DRV-10: Tensión DC del Bus

Este código muestra el voltaje DC en el interior del variador.

DRV-11: Selección de la pantalla por el usuario

Este código muestra el parámetro seleccionado en FU2-73 [Elección de visualización por el usuario]. Existen varios tipos de parámetros en FU2-73 a ser visualizados: Tensión, Vatios y Par.

DRV-12: Visualización de fallos en pantalla

Este código muestra el estado del fallo actual (Trip) del variador. Utilice las teclas [FUNC], [▲] y [▼] antes de pulsar la tecla [FUNC] para comprobar el histórico del fallo, frecuencia de salida, corriente de salida y si el variador estaba acelerando, desacelerando o funcionando a velocidad estable en el momento de producirse el fallo. Pulse la tecla [FUNC] para salir. El histórico de fallo se guardará en FU2-01 a FU2-05 cuando pulse la tecla [RESET].

DRV-13: Programación del sentido de giro del motor (Consola de 7 - segmentos)

Este código programa el sentido de giro del motor.

Consola 7 - segmentos	Descripción
F	Gira hacia adelante
r	Gira hacia atrás

Tabla. 5.5. Selección de Sentido de giro

DRV-20: Selección del grupo FU1
DRV-21: Selección del grupo FU2
DRV-22: Selección del grupo I/O

Seleccione el grupo deseado y presione la tecla [FUNC] para desplazarse al grupo escogido. El parámetro del grupo puede leerse y escribirse una vez desplazado al grupo deseado.

5.3 GRUPO DE FUNCIONES [FU1]

FU1-00: Salto al código deseado #

Cualquier código de parámetro puede seleccionarse directamente introduciendo el número de código deseado.

FU1-03: Protección de marcha en sentido incorrecto

Esta función previene que el motor funcione con un sentido de giro incorrecto para la aplicación hacia atrás. Esta función podrá utilizarse con cargas que giren exclusivamente en un sentido de giro como ventiladores y bombas.

Rango		Descripción
Selección	Display	
Ninguno	0	Permite el giro hacia adelante/atrás
Adelante desactivado	1	Giro hacia adelante bloqueado
Reverso desactivado	2	Giro hacia atrás bloqueado

Tabla. 5.6. Selección de Protección de marcha

FU1-05: Patrón de aceleración
FU1-06: Patrón de desaceleración

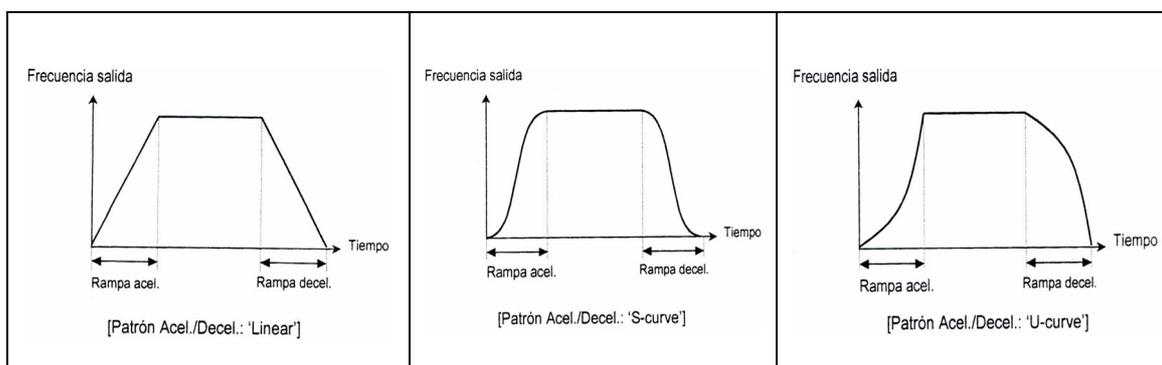
Es posible seleccionar diferentes tipos de aceleración y desaceleración dependiendo de la aplicación.

Rango		Descripción
Selección	Display	
Lineal	0	Es la forma general de aceleración y desaceleración para aplicaciones de par constante
S – curva	1	Permite acelerar y desacelerar el motor suavemente. El tiempo real de aceleración y desaceleración es un 40% superior al tiempo de aceleración y desaceleración programado en DRV-01 y DRV-02. Así se evitan golpes durante la aceleración y desaceleración.
U – curva	2	Permite proporcionar un control más eficiente de aceleración y desaceleración en aplicaciones tales como máquinas bobinadoras.
Mínimo	3	El variador reducirá el tiempo de aceleración, acelerando con un valor de corriente del 150% sobre su valor de corriente programado y reduciendo el tiempo de desaceleración, mediante la desaceleración con un valor de tensión DC del 95% sobre su nivel de protección por sobretensión.
Optimo	4	El variador acelerará con un valor de corriente aproximado del 120% sobre su corriente nominal y desacelerará con una tensión DC del 93% sobre su nivel de protección por sobretensión.

Tabla. 5.7. Selección de Patrones de aceleración y desaceleración

Nota:

- En caso seleccionar “Mínimo” o “Optimo”, se ignorará DRV-01 y DRV-02.
- Las funciones “Mínimo” y “Optimo” funcionan normalmente cuando la inercia de carga es 10 veces inferior a la inercia del motor (FU2-37).
- “Optimo” es útil cuando la potencia nominal del motor es menor que la potencia nominal del variador.

**Figura. 5.9. Patrones de aceleración y desaceleración****FU1-07: Selección del modo de parada**

Selecciona el método de parada del variador.

Rango		Descripción
Selección	Display	
Decel	0	El variador se detendrá de acuerdo con el patrón de desaceleración
DC – Brake	1	El variador se detendrá con una inyección de frenado DC. El variador proporciona una tensión DC a la salida, cuando la desaceleración alcanza el valor de frecuencia asignado programado en FU1-08
Free – Run (Rueda libre)	2	El variador interrumpe inmediatamente la alimentación del motor cuando se ordena la parada

Tabla. 5.8. Selección del modo de parada

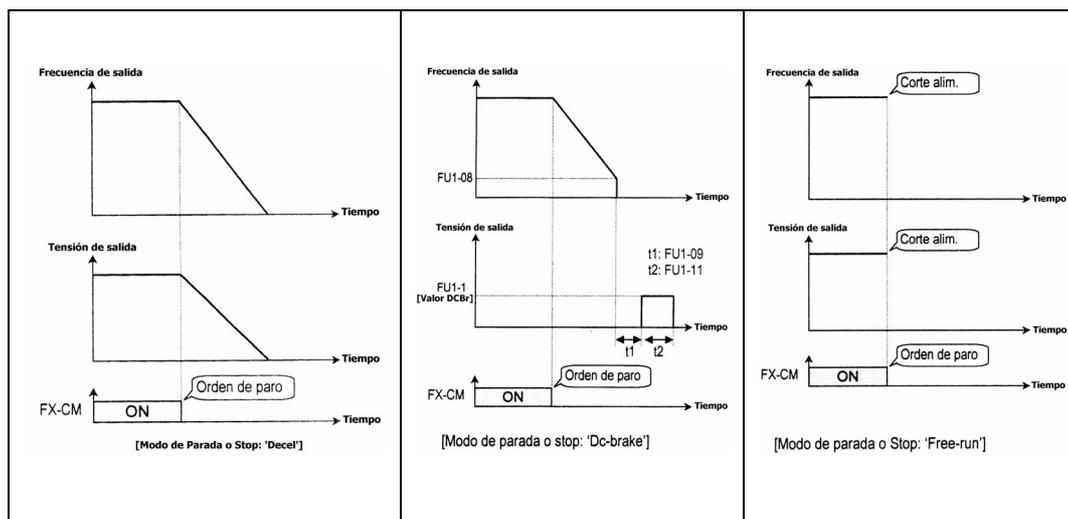


Figura. 5.10. Selección del modo de parada

FU1-08: Frecuencia inyección de frenado DC
FU1-09: Tiempo muerto o de retardo de la inyección de frenado DC
FU1-10: Tensión de inyección de frenado DC
FU1-11: Tiempo de inyección de frenado DC

Esta función se utiliza para parar inmediatamente el motor introduciendo tensión DC en el motor. Seleccionando “DC Brake” en FU1-07 se activa FU1-08 hasta FU1-11.

FU1-08 [Frecuencia de inyección de frenado DC]. Es la frecuencia en la que el variador empieza a generar tensión DC de salida durante la desaceleración.

FU1-09 [Tiempo muerto o de retardo de la inyección de frenado DC]. Es el tiempo que dejará el variador en rueda libre (desmagnetización) al motor previo a la inyección de frenado DC.

FU1-10 [Tensión de inyección de frenado DC]. Es el valor de tensión DC aplicado al motor y está basado en FU2-33 [Patrón de corriente que utiliza el motor].

FU1-11 [Tiempo de inyección de frenado DC]. Es el intervalo de tiempo en el que la corriente DC se aplica al motor.

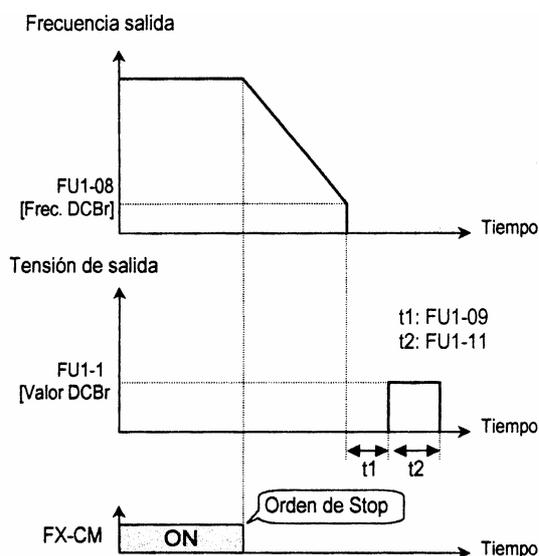


Figura. 5.11. Señal de Inyección de Frenado

FU1-12: Nivel de tensión en el arranque con inyección de frenado DC
FU1-13: Tiempo de inyección de frenado DC en el arranque

El variador mantiene la frecuencia de arranque para iniciar la inyección de frenado DC. Proporciona tensión DC al motor, para FU1-13 [Tiempo de inyección de frenado DC] con FU1-12 [Nivel de tensión de frenado DC] antes de acelerar.

Nota: La función de inyección de frenado DC no funciona cuando FU1-12 o FU1-13 están programados en "0".

FU1-20: Frecuencia máxima
FU1-21: Frecuencia base
FU1-22: Frecuencia de arranque

FU1-20 [Frecuencia máxima] es la frecuencia máxima de salida del variador. Se debe comprobar que esta frecuencia máxima no exceda los límites del motor.

FU1-21 [Frecuencia base] es la frecuencia en la que el variador funciona en el índice de tensión nominal de salida. En caso de utilizar un motor de 50 Hz ajústelo a este valor.

FU1-22 [Frecuencia de arranque] es la frecuencia donde el variador arranca con su tensión de salida.

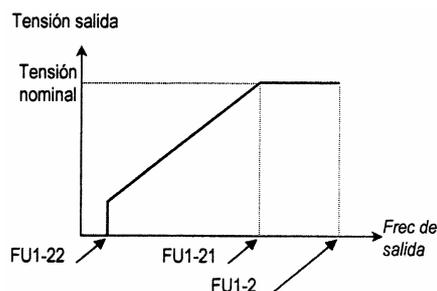


Figura. 5.12. Frecuencias: máxima, base y de arranque

FU1-26: Selección manual/automático del boost
FU1-27: Par boost en marcha adelante
FU1-28: Par boost en marcha reversa

Esta función se emplea para incrementar el par de arranque a baja velocidad aumentando la tensión de salida del variador. Si el valor de boost se configura a un nivel mucho más elevado que el requerido, es posible que al saturarse el flujo del motor se produzca un fallo por sobrecorriente. Deberá aumentarse el valor de boost cuando la distancia entre el variador y el motor sea excesiva.

[Par boost manual]: El par boost en marcha adelante y reversa se programa por separado en FU1-27 y FU1-28.

Nota:

- El valor de par boost es un porcentaje de la tensión nominal del variador.

[Par boost automático]: El variador producirá un elevado par de arranque automáticamente dependiendo de la carga.

Nota:

- El valor de par boost automático se añadirá al valor de par boost manual.

FU1-29: Patrón Voltios/Hz

Es la relación de proporción entre la tensión y la frecuencia. Seleccione la ley V/F adecuada en función de la carga. El par motor dependerá de esta ley V/F.

El patrón [Lineal] se utiliza cuando se requiere par constante. Esta ley mantiene una proporción lineal Voltios/Hertz de cero a la frecuencia base. Su aplicación es adecuada en aplicaciones de par constante.

El patrón [cuadrático] se utiliza cuando se necesita par variable. Esta ley mantiene una proporción cuadrática Voltios/Hertz. Su aplicación es apropiada en equipos como ventiladores, bombas, etc.

El patrón [User V/F] se emplea en aplicaciones especiales. El usuario podrá ajustar la proporción de Voltios/Hertz según la aplicación. Esto se consigue programando la tensión y la frecuencia respectivamente, en cuatro puntos entre la frecuencia de arranque y la frecuencia base. Los cuatro puntos de tensión y frecuencia están programados en FU1-30 hasta FU1-37.

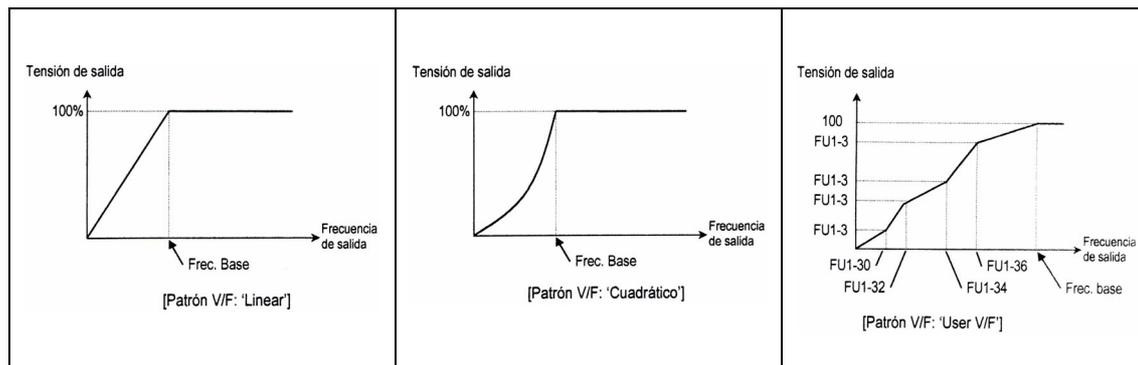


Figura. 5.13. Patrón Voltios/Hz

FU1-30 ~ FU1-37: Ley V/F personalizada

Estas funciones sólo están disponibles cuando la opción “usuario V/F” está seleccionada en FU1-29. Los usuarios pueden personalizar la ley V/F programando cuatro puntos FU1-22 [Frecuencia de Arranque] y FU1-21 [Frecuencia Base].

FU1-50: Selección de la protección térmica electrónica (ETH)

FU1-51: Nivel de protección térmica electrónica para 1 minuto

FU1-52: Nivel de protección térmica electrónica para un funcionamiento continuo

FU1-53: Selección de las características de la protección térmica electrónica (Tipo de motor)

Estas funciones están destinadas a proteger al motor de un posible sobrecalentamiento sin utilizar un relé adicional de protección térmica o guardamotor. El variador calcula la temperatura del motor utilizando determinados parámetros que le permiten determinar si el motor se ha sobrecalentado o no. El variador desconectará la salida y mostrará un mensaje de fallo cuando la función térmica se haya activado.

FU1-50 activa los parámetros ETH cuando se selecciona “Yes”.

FU1-51 es la corriente de referencia para que el variador determine que el motor se ha sobrecalentado. Por ejemplo, si el valor es 150% el variador dará fallo y dejará de alimentar al motor cuando la corriente nominal del variador establecida en FU2-33 fluctúe durante un minuto.

FU1-52 es la corriente con la que el motor puede funcionar ininterrumpidamente. En general, este valor se programa al “100%” lo que significa el valor nominal de corriente programado en FU2-33. Este valor deberá ser inferior a FU1-52 [ETH 1 minuto].

Nota: Los valores valor programados en FU1-51 y FU1-52 son un porcentaje de FU2-33 [Corriente nominal del motor].

FU1-53 para conseguir que la función ETH trabaje correctamente, el modo de refrigeración del motor deberá seleccionarse adecuadamente según el tipo de motor.

[Self-cool]: el motor dispone de un ventilador de refrigeración conectado directamente al eje del motor. La capacidad de refrigeración de un motor equipado con este sistema desciende cuando el motor funciona a baja velocidad.

[Forced-cool]: el motor utiliza una fuente externa para alimentar el ventilador de refrigeración. Con este sistema, aunque la velocidad del motor varíe no afectará a la capacidad de refrigeración.

FU1-54: Nivel de alarma por sobrecarga
FU1-55: Retardo de la alarma por sobrecarga

El variador generará una señal de alarma cuando la corriente de salida haya llegado a FU1-54 [Nivel de alarma por sobrecarga] para FU1-55 [Retardo de la alarma por sobrecarga]. La alarma seguirá activada para FU1-55 aunque la corriente haya descendido a un nivel inferior a FU1-54.

La salida configurable (MO-MG) se emplea como salida de la señal de alarma. Para generar la señal de alarma, programe I/O-44 [Contacto auxiliar de salida configurable] en “OL”.

FU1-99: Código de retorno [rt]

Este código se emplea para salir de un grupo cuando se utilice la consola de 7 – segmentos. Después de presionar la tecla [PROG/ENT], programe el valor “1” presionando de nuevo la tecla [PROG/ENT] para volver a salir del grupo.

5.4 GRUPO DE FUNCIONES [FU2]

FU2-00: Salto al código deseado #

Cualquier código de programación puede seleccionarse directamente introduciendo el número de código deseado.

FU2-01: Histórico de fallos anterior 1
FU2-02: Histórico de fallos anterior 2
FU2-03: Histórico de fallos anterior 3
FU2-04: Histórico de fallos anterior 4
FU2-05: Histórico de fallos anterior 5
FU2-06: Borrar histórico de fallos

Este código muestra hasta un máximo de cinco fallos anteriores (Trip) del variador. Utilice las teclas [FUNC], [▲] y [▼] antes de pulsar la tecla [RESET] para comprobar el contenido del fallo, frecuencia de salida, corriente de salida y si el variador esta acelerando, desacelerando o funcionando a velocidad constante cuando se produjo el fallo. Pulse la tecla [FUNC] para salir. El contenido de los fallos se guardará en FU2-01 hasta FU2-05 cuando se pulse la tecla [RESET].

Fallo (TRIP)	Visualización en pantalla	
	Selección	Display
Sobrecorriente I	Over Current I	OC
Sobretensión	Over Voltage	OV
Fallo externo entrada A	External-A	EXTA
Parada de emergencia	BX	BX
Baja tensión	Low Voltage	LV
Sobrecalentamiento o fallo en el sistema de ventilación	Over Heat	OH
Protección termo electrónica	E-Thermal	ETH
Protección de sobrecarga	Over Load	OLT
Fallo H/W del variador - Error EEP - Bloqueo ventilador - Error CPU - Cable cortado	HW-Diag	HW
Fallo externo entrada B	External-B	EXTB
Pérdida de fase de salida	Phase Open	PO
Sobrecarga en el variador	Inv. OLT	IOLT
Fase de entrada abierta	Phase Open	COL

Tabla. 5.9. Visualización de Histórico de fallos

Nota:

- El variador no se reseteará cuando se produce un fallo en el hardware. Repare el fallo antes de conectar la alimentación.
- Se visualizará el mensaje de fallo de alto nivel solo si suceden múltiples fallos.

FU2-06 borra de la memoria todos los históricos desde FU2-01 hasta FU2-05

FU2-19: Protección de pérdida de fase de entrada/salida (Programación por bits)

Esta función se emplea para interrumpir la salida del variador en caso de pérdida de fase tanto en la alimentación como en la salida del variador.

Rango		FU2-19	Descripción
2 nd bit	1 ^{er} bit		
0	0	00	La protección por pérdida de fase no está activa
0	1	01	Proteger el variador de la pérdida de la fase de salida
1	0	10	Proteger el variador de la pérdida de la fase de entrada
1	1	11	Proteger el variador de la pérdida de las fases de entrada y salida.

Tabla. 5.10. Selección de la protección por pérdida de fase

FU2-30: Selección de la potencia nominal del motor.
FU2-31: Número de polos del motor.
FU2-32: Deslizamiento nominal del motor.
FU2-33: Corriente nominal del motor.
FU2-34: Corriente de vacío del motor.
FU2-36: Eficacia del motor.
FU2-37: Inercia de la carga

Si estos valores no se programan, el variador funcionará con los valores establecidos por defecto.

FU2-30 selecciona la potencia nominal del motor. Otros parámetros relacionados con el motor se modifican automáticamente en función de la potencia nominal del motor. Estos parámetros relacionados son: FU2-32 [Deslizamiento nominal del motor], FU2-33 [Corriente nominal del motor], FU2-34 [Corriente de vacío del motor], FU2-42 [Resistencia del estator], FU2-43 [Resistencia del rotor] y FU2-44 [Impedancia de inductancia].

Si conoce los parámetros del motor, programe los valores en sus correspondientes códigos para obtener un mejor funcionamiento.

FU2-31 se emplea para visualizar la velocidad del motor. Si programa este valor en 2, el variador mostrará 3000 rpm en lugar de 1500 rpm a 50Hz de frecuencia de salida.

FU2-32 se emplea en el control de la 'Compensación por deslizamiento'. Si se programa este valor incorrectamente, el motor podrá detenerse durante el control por la compensación por deslizamiento.

FU2-33: Es muy importante que este parámetro se programe correctamente. Este valor está referenciado en diferentes parámetros del variador.

Nota: Para ingresar los parámetros correctos en FU2-31, FU2-32 y FU2-33 es necesario ver la placa identificativa del motor.

FU2-34: Este parámetro sólo se visualiza cuando se selecciona 'Compensación por deslizamiento' en FU2-40 [Método de control].

Nota: Este valor se programa de acuerdo con la potencia nominal del motor especificada en FU2-30.

FU2-36: Este valor se emplea para calcular los vatios de salida cuando FU2-73 se programa en 'Watt'.

FU2-37: se emplea en operaciones de acel/decel mínima, acel/decel óptima y búsqueda de velocidad. Para un mejor control del funcionamiento este valor deberá programarse con la mayor exactitud posible.

- Programe en '0' para aquellas cargas que posean una inercia 10 veces inferior a la inercia del motor.
- Programe en '1' para aquellas cargas que posean una inercia aproximada 10 veces superior a la inercia del motor.
- Programe en '2' para aquellas cargas que posean una inercia 10 veces superior a la inercia del motor.

Si la aplicación requiriera una deceleración más rápida, utilice una unidad de frenado dinámico o una resistencia.

FU2-40: Selección del método de control

Esta función selecciona el método de control del variador.

Rango		Descripción
Selección	Display	
V/F	0	Control Voltios/Hz
Slip compen	1	Operación con compensador de deslizamiento
PID	2	Operación de realimentación PID

Tabla. 5.11. Selección del método de control

[V/F]: Este parámetro mantiene la proporción entre tensión y frecuencia constante.

[Slip compen]: Esta función se utiliza para mantener constante la velocidad del motor. Para ello, la frecuencia de salida oscila dentro de los límites de la frecuencia de deslizamiento establecidos en FU2-32 dependiendo de la carga de corriente.

[PID]: Este código selecciona el código PID. El control PID se utiliza para ajustar la salida real comparando la realimentación con un 'Set-point' introducido en el variador. Este 'Set-point' podrá ser en forma, temperatura, presión, nivel de caudal, etc. Las señales de 'Set-point' y de realimentación se suministran externamente a los borneros de entrada analógicos V1 o I. El variador compara las señales calculando el 'error-total' que se refleja en la salida del variador.

FU2-50: Selección de la señal de realimentación PID.
FU2-51: Ganancia P del control PID
FU2-52: Ganancia integral del control PID
FU2-53: Ganancia D del control PID
FU2-54: Límite de frecuencia del control PID

FU2-50 establece la señal de realimentación del control PID. Este valor puede programarse en 'I', 'V1', de acuerdo con la señal (corriente o tensión) y el borne (V1 o I).

FU2-51 establece la ganancia proporcional para el control PID.

FU2-52 establece la ganancia integral para el control PID.

FU2-53 establece la ganancia diferencial para el control PID.

FU2-54 es la frecuencia en la que la frecuencia de salida está limitada durante el control PID.

Nota: El control PID puede ser operado temporalmente en modo manual definiendo uno de los bornes de entrada configurables (P1-P3) en "Lazo abierto". El variador cambiará a funcionamiento manual desde el control PID cuando este borne esté en ON, y viceversa cuando esté en OFF.

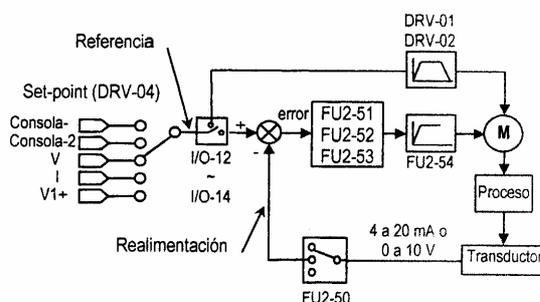


Figura. 5.14. Diagrama de control de cloque PID

[P Control]

Este código compensa proporcionalmente el error de un sistema. Se emplea para obtener una respuesta más rápida del controlador cuando se produce un error. Cuando el control P se utiliza solo, el sistema puede verse fácilmente afectado por una perturbación externa durante el funcionamiento a velocidad constante.

[I Control]

Este parámetro se utiliza para compensar el error de un sistema integral. Se emplea para compensar un error de funcionamiento a velocidad constante por medio de su acumulación. Cuando este control se utiliza sólo, el sistema se vuelve-inestable.

[PI Control]

Este código se muestra estable en numerosos sistemas. Cuando se incorpora el "Control D", se convierte en el 3^{er} comando del sistema. En algunas aplicaciones puede producir inestabilidad en el sistema.

[D Control]

Como el control D emplea la variación del ratio de error, presenta la ventaja de controlar el error antes de que éste sea demasiado importante. Este código exige un gran control en el arranque, pero tiende a aumentar la estabilidad del sistema. El control D no afecta directamente al error a velocidad constante, pero aumenta la ganancia del sistema porque posee un efecto atenuante sobre el mismo. El resultado es que, el componente diferencial de control reduce el error a velocidad constante. Como el control D opera sobre la señal de error, no puede utilizarse aisladamente. Deberá utilizarse siempre conjuntamente con el control P o PI.

**FU2-70: Frecuencia de referencia
acel/decel**

Es la frecuencia de referencia para la aceleración y desaceleración. Si se precisa un tiempo de acel/decel de una frecuencia para programar una frecuencia de destino (Target), programe este valor en 'Frecuencia Delta'.

Rango		Descripción
Selección	Display	
Max Freq	0	El tiempo de acel/decel es el tiempo que se invierte en alcanzar la frecuencia máxima desde 0Hz.
Delta Freq	1	El tiempo de acel/decel es el tiempo que se invierte en alcanzar una frec. de destino desde una frec. determinada. (Frecuencia de funcionamiento actual).

Tabla. 5.12. Selección de frecuencia de referencia acel/decel

FU2-72: Visualización de puesta en marcha

Este código selecciona el primer parámetro que se visualizará en la consola (DRV-00) cuando la alimentación esté conectada (ON).

Rango	Descripción
0	DRV-00 [Comando de frecuencia]
1	DRV-01 [Tiempo de aceleración]
2	DRV-02 [Tiempo de desaceleración]
3	DRV-03 [Modo de mando]
4	DRV-04 [Modo de frecuencia]
5	DRV-05 [Frecuencia de paso 1]
6	DRV-06 [Frecuencia de paso 2]
7	DRV-07 [Frecuencia de paso 3]
8	DRV-08 [Corriente de salida]
9	DRV-09 [Velocidad del motor]
10	DRV-10 [Tensión DC]
11	DRV-11 [Display seleccionado en FU2-73]
12	DRV-12 [Visualización de fallo]

Tabla. 5.13. Selección de Visualización de puesta en marcha

FU2-73: Selección del Display por el usuario

Este código selecciona el tipo de pantalla que se visualizará en DRV-11.

Rango		Descripción
Selección	Display	
Voltage	0	Visualiza la tensión de salida del variador
Watt	1	Visualiza la potencia de salida del variador
Torque	2	Visualiza el par de salida del variador

Tabla. 5.14. Selección del Display por el usuario

FU2-74: Visualización de la ganancia del motor

Este código se emplea para modificar la visualización de la velocidad de rotación del motor en (rpm/min) a velocidad lineal (mt/min). La visualización se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Vel. de rotación} = 120 * f / P,$$

Donde: f es la Frec. de salida,

P es el número de polos del motor

$$\text{Vel. lineal} = \text{Vel. de rotación} * \text{visualización de la ganancia en RPM del motor}$$

FU2-93: Inicialización de los parámetros

Esta función restablece todos los parámetros del variador a los valores de origen. Cada grupo de parámetros podrá inicializarse por separado.

Rango		Descripción
Selección	Display	
No	0	Visualización después de inicializar los parámetros.
All Groups	1	Inicialización de todos los grupos de parámetros a los valores de fábrica por defecto.
DRV	2	Inicialización del grupo principal (DRV).
FU1	3	Inicialización del grupo de Función 1 (FU1)
FU2	4	Inicialización del grupo de Función 2 (FU2)
I/O	5	Inicialización del grupo de I/O Entrada/Salida

Tabla. 5.15. Selección de Inicialización de los parámetros

Nota: FU1-30 ~ FU1-37 [Parámetros del Motor] deben programarse después de inicializar los parámetros.

5.5 GRUPO DE ENTRADAS Y SALIDAS [I/O]

I/O-00: Salto al código deseado

Cualquier código de programación puede seleccionarse directamente introduciendo el número de código deseado.

I/O-12: Definición del borne de entrada configurable 'P1'
I/O-13: Definición del borne de entrada configurable 'P2'
I/O-14: Definición del borne de entrada configurable 'P3'

Los bornes de entrada configurables pueden definirse para múltiples aplicaciones. La tabla siguiente muestra algunas de las definiciones posibles.

Rango		Descripción
Selección	Display	
Speed-L	0	Velocidad multi-paso – baja
Speed-M	1	Velocidad multi-paso - media
Speed-H	2	Velocidad multi paso -Alta
XCEL-L	3	Multi acel/decel – Baja
XCEL-M	4	Multi acel/decel – Media
XCEL-H	5	Multi acel/decel – Alta
DC-Brake	6	Inyección de frenado DC durante Stop
2nd Func	7	Cambio a segundas funciones
-Reserved-	8	Reservado para aplicación futura
-Reserved-	9	Reservado para aplicación futura
Up	10	Aumentador de la frecuencia de salida del variador
Down	11	Descenso de la frecuencia de salida del variador
3-Wire	12	Funcionamiento a 3 hilos

Ext Trip-A	13	Activación de fallo externo A
Ext Trip-B	14	Activación de fallo externo B
-Reserved-	15	Reservado para aplicación futura
Open-loop	16	Cambios entre modos PID (Manual/Automático)
Main-drive	17	Cambio entre opción y variador
Analog hola	18	Mantenimiento de la última señal de entrada analógica
XCEL stop	19	Acel y decel deshabilitados
-Reserved-	20	Reservado para aplicación futura

Tabla. 5.16. Selección del Funcionamiento de los bornes de control P1, P2 y P3

[Speed-L, Speed-M, Speed-H]

Programando los bornes P1, P2 y P3 en 'Speed-L', 'Speed-M' y 'Speed-H' respectivamente, el variador podrá funcionar en las frecuencias programadas en DRV-05 ~ DRV-07 y I/O-20 ~ I/O-24.

Las frecuencias programadas se determinan mediante la combinación de los bornes P1, P2 y P3 tal como se muestra en la siguiente tabla:

Frecuencia Programada	Código del parámetro	Speed-H (P3)	Speed-M (P2)	Speed-L (P1)
Frec. progr.-0	DRV-00	0	0	0
Frec. progr.-1	DRV-05	0	0	1
Frec. progr.-2	DRV-06	0	1	0
Frec. progr.-3	DRV-07	0	1	1
Frec. progr.-4	I/O-21	1	0	0
Frec. progr.-5	I/O-22	1	0	1
Frec. progr.-6	I/O-23	1	1	0
Frec. progr.-7	I/O-24	1	1	1

0: OFF, 1: ON

Tabla. 5.17. Selección de P1, P2 y P3 para Speed-L, Speed-M, Speed-H

- I/O-20 [Frecuencia Jog]: Puede utilizarse como una de las frecuencias preprogramadas.

- Si el borne ‘Jog’ está en ON, el variador funcionará a la frecuencia preprogramada independientemente de otros bornes de entrada.

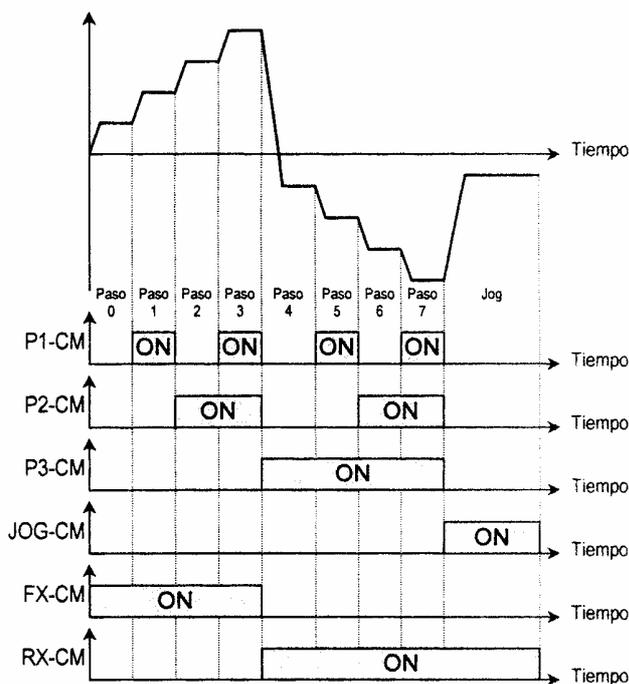


Figura. 5.15. Funcionamiento con frecuencia configurable

[XCEL-L, XCEL-M, XCEL-H]

Programando los bornes P1, P2 y P3 en ‘XCEL-L’, ‘XCEL-M’ y ‘XCEL-H’ respectivamente, podrán utilizarse hasta 8 tiempos de acel/decel respectivamente. El tiempo de acel/decel está programado en DRV-01 ~ DRV-02 y I/O-25 ~ I/O-38.

El tiempo de acel/decel se determina mediante la combinación de los bornes P1, P2 y P3 tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tiempo acel/decel	Código del parámetro	XCEL-H	XCEL-M	XCEL-L
Tiempo acel.- 0	DRV-01	0	0	0
Tiempo dec.- 0	DRV-02			
Tiempo acel.- 1	I/O-25	0	0	1
Tiempo dec.- 1	I/O-26			
Tiempo acel.- 2	I/O-27	0	1	0
Tiempo dec.- 2	I/O-28			
Tiempo acel.- 3	I/O-29	0	1	1
Tiempo dec.- 3	I/O-30			
Tiempo acel.- 4	I/O-31	1	0	0
Tiempo dec.- 4	I/O-32			
Tiempo acel.- 5	I/O-34	1	0	1
Tiempo dec.- 5	I/O-35			
Tiempo acel.- 6	I/O-36	1	1	0
Tiempo dec.- 6	I/O-37			
Tiempo acel.- 7	I/O-38	1	1	1
Tiempo dec.- 7	I/O-39			

0: OFF, 1: ON

Tabla. 5.18. Selección de P1, P2 y P3 para XCEL-L, XCEL-M, XCEL-H

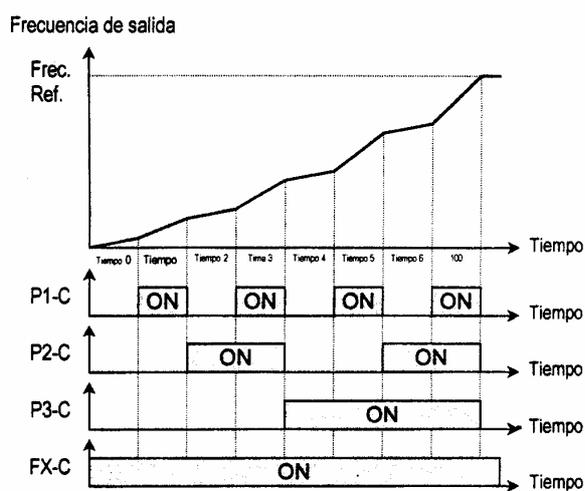


Figura. 5.16. Funcionamiento con tiempo de acel/decel configurable

[DC-Brake]

La inyección de frenado DC puede activarse durante la detención del variador configurando uno de los bornes de entrada configurable (P1, P2, P3) en 'DC-Brake'. Para activar la inyección de frenado DC, cierre el contacto del borne correspondiente mientras el variador está parado.

[Up, Down]

Utilizando la función UP-DOWN (Subir-Bajar) el variador podrá acelerar hasta alcanzar una velocidad constante y desacelerar hasta la velocidad deseada empleando únicamente dos bornes de entrada.

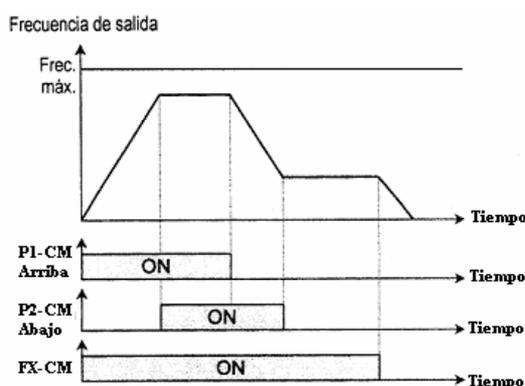


Figura. 5.17. Funcionamiento Subir/Bajar

[3-Wire]

Esta función es para un sistema de control arranque/parada a tres hilos. Se utiliza principalmente como pulsador de mantenimiento de la frecuencia actual de salida durante la aceleración o desaceleración.

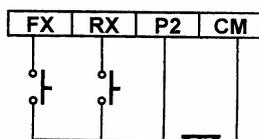


Figura. 5.18. Cableado para la operación a tres hilos, P2 programado a 3-Hilos

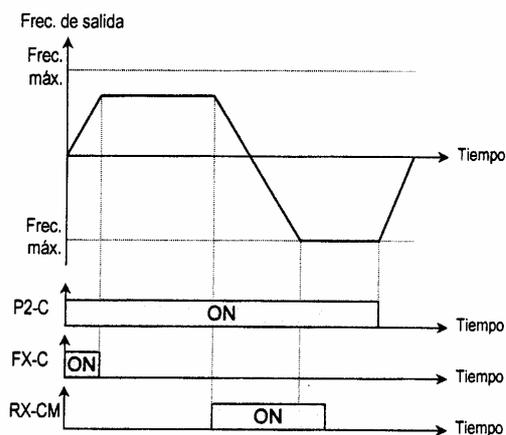


Figura. 5.19. Cableado a 3 hilos

[Ext Trip-A]

Es un contacto de entrada normalmente abierto. Cuando el borne se configura en 'Ext Trip-A' (ON), el variador muestra el fallo y corta la salida.

[Ext Trip-B]

Es un contacto de entrada normalmente cerrado. Cuando el borne se configura en 'Ext Trip-A' (OFF), el variador muestra el fallo y corta la salida.

[Open-Loop]

Esta función se emplea para cambiar el sistema de control del variador del modo PID (Lazo cerrado) al modo V/F (Lazo abierto). Se aplicarán los parámetros DRV-03 [Orden de marcha] y DRV-04 [Mando de consigna] cuando se haya cambiado de modo.

[Main-Drive]

Cuando se haya instalado una tarjeta de opción (como RS-485, DeviceNet, F-Net) para la programación de la frecuencia y la orden de Run/Stop, el variador podrá pasar a funcionamiento manual con esta función sin necesidad de cambiar los parámetros.

Se aplicarán los parámetros FU1-02 [Mando de frecuencia] y FU1-01 [Mando de variador] cuando se haya cambiado de modo.

Nota: Las funciones [Main-Drive] y [Open-Loop], sólo serán aplicables cuando el variador esté parado.

[Analog Hold]

Cuando exista una señal de entrada analógica para la frecuencia de referencia y el borne 'Analog Hold' esté conectado (ON), el variador fijará su frecuencia de salida independientemente del cambio realizado en la frecuencia de referencia. Los cambios en la frecuencia de referencia se aplicarán cuando el borne esté desconectado (OFF). Esta función es útil en aplicaciones que requieran velocidad constante después de la aceleración.

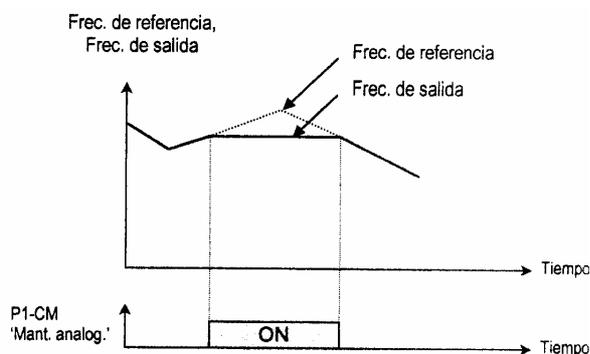


Figura. 5.20. [Funcionamiento mantenimiento analógico]

I/O-15: Estado de los bornes de entrada
I/O-16: Estado de los bornes de salida

I/O-15 muestra el estado de entrada de los bornes de control.

I/O-16 muestra el estado de salida de los bornes de control.

I/O-20: Frecuencia Jog

Este código establece la frecuencia Jog. Más detalladamente se lo menciona en [Speed-L, Speed-M, Speed-H] en I/O-12 ~ I/O-14.

I/O-21~ I/O-24: Frecuencias preprogramadas 4, 5, 6 y 7.

Estos códigos establecen las frecuencias de paso preprogramadas. Estas frecuencias se aplicarán cuando los bornes de entrada configurables (P1, P2, P3) seleccionen el tipo de programación. Igual que la función anterior, más detalladamente se lo menciona en [Speed-L, Speed-M, Speed-H] en I/O-12 ~ I/O-14

I/O-25 ~ I/O-38: 1^{er} ~ 7^o tiempo de acel/decel

Estos códigos se aplicarán cuando los bornes de entrada configurables (PA, P2, P3) seleccionen el tiempo de acel/decel. Más detalladamente se lo menciona en [XCEL-L, XCEL-M, XCEL H] en I/O-12 ~ I/O-14

I/O-45: Configuración del relé de fallo (30A, 30B, 30C)

Esta función configura el funcionamiento del relé de salida después de producirse un fallo. Los bornes del relé son 30A, 30B, 30C donde 30A-30C será un contacto normalmente abierto y 30B-30C un contacto normalmente cerrado.

Bit	Ajuste	Pantalla	Descripción
Bit 0 (LV)	0	000	El relé de fallo de salida no funciona con el fallo de “Sub-tensión”.
	1	001	El relé de fallo de salida funciona con el fallo de “Sub-tensión”.
Bit 1 (Trip)	0	000	El relé de fallo de salida no funciona con ningún fallo.
	1	010	El relé de fallo de salida funciona con cualquier fallo excepto con los fallos “Sub-tensión” y ‘BX’ (variador deshabilitado).
Bit 2 (Retry)	0	000	El relé de fallo de salida no funciona a pesar del número de intentos.
	1	100	El relé de fallo de salida funciona cuando el número de intentos programado en FU2-26 desciende a 0 fallos.

Tabla. 5.19. Selección para la configuración del relé de fallo

Cuando se produzcan varios fallos simultáneamente, el Bit 0 tendrá la primera prioridad.

I/O-46: Número del variador
I/O-47: Velocidad en baudios

I/O-46 indica el número de variador. Este número es usado para la comunicación entre variadores o un control exterior.

I/O-47 establece la velocidad de comunicación. Esta función se emplea en la comunicación entre el variador y un ordenador

I/O-50: Selección del Protocolo de comunicación

I/O-50 selecciona las propiedades del protocolo de comunicación RS-485 con una rango de 0-9.

Rango		Descripción
Selección	Display	
LG-Bus ASCII	0	
Modbus ASCII	1	< 7 bits, sin paridad, 2 stop >
Modbus ASCII	2	< 7 bits, paridad par, 1 stop >
Modbus ASCII	3	< 7 bits, paridad impar, 1 stop >
Modbus ASCII	4	< 8 bits, sin paridad, 2 stop >
Modbus ASCII	5	< 8 bits, paridad par, 1 stop >
Modbus ASCII	6	< 8 bits, paridad impar, 1 stop >
Modbus RTU	7	< 8 bits, sin paridad, 1 stop >
Modbus RTU	8	< 8 bits, paridad par, 1 stop >
Modbus RTU	9	< 8 bits, paridad impar, 1 stop >

Tabla. 5.20. Selección del protocolo de comunicación

5.6 SOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y MANTENIMIENTO

5.6.1 Fallos visualizados en el display

Cuando se produce un fallo, el variador detiene su salida y se visualiza el estado del fallo en DRV-07. Los 5 últimos fallos quedan registrados desde FU2-01 a FU2-05 registrando el estado de funcionamiento en el momento de producirse el fallo.

Display	Funciones de protección	Descripción
OC	Protección por sobrecorriente	El variador detiene su salida cuando la corriente de salida supera más del 200% sobre sus valores de corriente nominales.
OU	Protección de sobretensión	El variador detiene su salida si la tensión en el bus DC del circuito de potencia supera el valor de configuración cuando el motor decelera o cuando la energía regenerativa del motor es excesiva para los condensadores del bus DC del variador. Este fallo también puede producirse debido a una sobretensión transitoria del sistema de alimentación.
OLT	Protección de límite de corriente (Protección por sobrecarga)	El variador detiene su salida cuando su corriente de salida fluctúa al 180% de su corriente nominal superando el límite temporal de protección de corriente (S/W).
OH	Sobrecalentamiento	El variador detiene su salida cuando se sobrecaliente debido a un ventilador dañado o a la presencia de alguna sustancia extraña en el sistema de ventilación.
ETH	Protección térmico electrónica	La protección térmico-electrónica interna del variador determina el sobrecalentamiento del motor. Si el motor se sobrecarga, el variador detiene su salida. El variador no podrá proteger al motor cuando sea de varias polaridades o se estén utilizando varios motores en paralelo. Por ello, es aconsejable instalar una protección térmica (guardamotor) independiente para cada uno de los motores. Capacidad de sobrecarga: 150% durante un 1 minuto.
LU	Protección por baja tensión	El variador detiene su salida cuando la tensión en el bus DC está por debajo del nivel de detección causado por un par insuficiente. El motor podría sobrecalentarse cuando la tensión de entrada cae.
COL	Fase de entrada abierta	El variador detiene su salida cuando una o más de las fases de entrada (R, S, T) están abiertas y la carga de salida supera en un 50 % la corriente nominal del variador durante más de 1 minuto. El variador comprueba si la fase está abierta detectando la tensión DC en el circuito principal.

OP0	Fase de salida abierta	El variador detiene su salida cuando una o más de las fases de salida (U, V, W) están abiertas. El variador detecta la corriente de salida para comprobar la fase de salida abierta.
b4	Protección BX (Desconexión instantánea)	Utilizada en detenciones de emergencia del variador. El variador desconecta instantáneamente la potencia de salida cuando el borne BX está en ON volviendo a su funcionamiento normal cuando el borne esté en OFF. Sea prudente cuando utilice esta función.
10L6	Sobrecarga del variador	El variador detiene su salida cuando la corriente de salida sobrepasa por encima del nivel configurado.
E4tA	Fallo externo A	Utilice esta función cuando sea necesario desconectar la salida debido a una señal de fallo externo. (Contacto normal abierto)
E4tb	Fallo externo B	Utilice esta función cuando sea necesario desconectar la salida debido a una señal de fallo externo. (Contacto normal cerrado)
---	Método de funcionamiento cuando se pierde la frecuencia de referencia	De acuerdo con la programación de 1/0-48 [Método de Funcionamiento cuando se pierde la Frecuencia de Referencia] son posibles tres métodos de funcionamiento: Funcionamiento continuo, deceleración y detención en rueda libre.
EO1	Error 1 de EEPROM	La EEPROM de la consola tiene un fallo provocando una lectura/volcado incorrecto de los parámetros.
EO2	Error 2 de EEPROM	La versión ROM del variador y de la consola son diferentes.
H1	Fallo H/W del variador	Hay un error en el circuito de control del variador. Los mensajes de error que pueden visualizarse cuando se produce este fallo son: error CPU, error EEP y error de cableado, fallo ventilador, deriva a tierra y NTC averiada.
CPU2	Error de CPU	Fallo en la CPU.
EEP	Error EEP	Fallo en el EEPROM del circuito principal del variador.
WFE	Error de cableado	El cableado de entrada/salida es incorrecto.
FAN	Fallo en el ventilador	El ventilador de refrigeración no gira.
GF	Fuga a tierra	Hay una deriva a tierra en el motor o en el cableado hacia el motor.

ntC	NTC averiada	La sonda de temperatura NTC está averiada.
------------	--------------	--

Tabla. 5.21. Fallos del Variador

Nota: "HW" se visualiza cuando se produce un fallo "FAN", "WIRE", "EEP", "CPU2", "GF" o "NTC". Utilice las teclas "FUNC", "▲(Up)" "▲(Up)", "▲(Up)", para ver el contenido detallado del fallo.

5.6.2 Solución de fallos

Funciones de protección	Causa	Solución
Protección de sobrecorriente	<ol style="list-style-type: none"> 1) El tiempo de Aceleración / desaceleración es demasiado corto comparado con la inercia de la carga. 2) La carga supera la potencia nominal del variador. 3) El variador intenta reanunciar el motor cuando éste está girando en rueda libre. 4) Se ha producido un cortocircuito. 5) El frenado mecánico del motor entra muy rápido. 6) Los componentes del circuito de potencia se han sobrecalentado debido un defecto en el ventilador de refrigeración. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aumente el tiempo de Accl./Decel. 2) Aumente la potencia nominal del variador 3) Asegure el arranque cuando el motor este parado 4) Compruebe el cableado de salida 5) Compruebe el funcionamiento del freno mecánico 6) Compruebe el ventilador de refrigeración <p>(Precaución) Poner en marcha el variador sin corregir las anomalías puede provocar daños en los IGBT's</p>
Protección de sobretensión	<ol style="list-style-type: none"> 1) El tiempo de aceleración es demasiado corto comparado con la carga GD². 2) Regeneración excesiva de energía en el variador. 3) Línea con alta tensión 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aumente el tiempo de desaceleración 2) Utilice una resistencia de frenado opcional 3) Compruebe la tensión de la línea.
Protección de límite de comente (Protección de sobrecarga)	<ol style="list-style-type: none"> 1) La carga supera la potencia nominal del variador 2) Selección incorrecta de la potencia nominal del variador 3) Ajuste incorrecto de la ley U/f 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aumente la potencia nominal del motor y del variador 2) Seleccione la potencia nominal correcta del variador 3) Seleccione una ley U/f correcta

Sobrecalentamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ventilador de refrigeración dañado o presencia de algún cuerpo extraño 2) Fallo en el sistema de refrigeración 3) Temperatura ambiente elevada 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sustituya los ventiladores de refrigeración y/o elimine el cuerpo extraño 2) Compruebe la presencia de sustancias extrañas 3) Mantenga la temperatura por debajo de 40^N
Protección térmica electrónica	<ol style="list-style-type: none"> 1) El motor se ha sobrecalentado 2) La carga supera la tolerancia del variador 3) Nivel de protección ETH demasiado bajo 4) Selección incorrecta de la potencia nominal del variador 5) Ajuste incorrecto de la ley V/f 6) Marcha prolongada a velocidades demasiado bajas 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Reducir la carga y/o el ciclo de funcionamiento 2) Incrementar la potencia del variador 3) Ajusta debidamente el nivel de protección ETH 4) Seleccionar una potencia de variador correcta. 5) Seleccionar una ley V/f correcta 6) Instalar un ventilación con una fuente de alimentación externa al motor
Protección de baja tensión	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tensión baja en la línea 2) La carga supera la potencia nominal de la línea (máquina de soldar, motor con una elevada corriente de arranque conectado a la línea comercial) 3) Interruptor magnético defectuoso en el circuito de alimentación del variador 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Compruebe la tensión de la línea 2) Aumente la potencia nominal de la línea 3) Cambie el interruptor magnético
Fase de salida abierta	<ol style="list-style-type: none"> 1) Contacto defectuoso del interruptor magnético de salida 2) Cableado de salida defectuoso 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Compruebe el interruptor magnético de salida 2) Compruebe el cableado de salida
Fallo H/W	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fallo del ventilador 2) Fallo de cableado 3) Error de CPU 4) Error de EEPROM 5) Deriva a tierra 6) NTC averiada 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Compruebe el ventilador de refrigeración 2) Compruebe el cableado de entrada y salida 3) Cambie el variador 4) Compruebe el variador, motor o cableado hacia motor 5) Compruebe la NTC
LOV(V1) LOI (I)	Pérdida de la frecuencia de referencia	Elimine la causa del fallo

Sobrecarga del variador	1) La carga supera la potencia nominal del variador 2) Selección incorrecta de la potencia nominal del variador	1) Aumente la potencia nominal del motor o del variador 2) Seleccione la potencia nominal correcta del variador
-------------------------	--	--

Tabla. 5.22. Solución a los Fallos del Variador

5.6.3 Solución de problemas

Condición	Comprobación
El motor no gira	1) Comprobación del circuito principal: <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Es correcta la tensión de la alimentación (línea)? (¿Está encendido el LED del variador?) ○ ¿Está el motor correctamente conectado? 2) Revisión de las señales de entrada: <ul style="list-style-type: none"> ○ Compruebe el funcionamiento de la señal de entrada del variador ○ Compruebe simultáneamente la señal de entrada adelante / reversa del variador ○ Compruebe la señal de entrada de consigna de frecuencia del variador 3) Revisión del ajuste de los parámetros; <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Está la función de prevención de giro reverso (FU1-03) del motor activada? ○ ¿Está el modo de operación (FU1-01) correctamente configurado? ○ ¿Está la consigna de frecuencia programada a 0? 4) Revisión de la carga: <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Es la carga demasiado grande o está el motor bloqueado? (Freno mecánico) 5) Otro: <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Se visualiza la alarma en la consola de programación o está encendido el LED de la alarma? (El LED de STOP destella)
La diferencia entre la velocidad de rotación y la consigna de referencia es demasiado grande	<ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Es correcta la señal de la consigna de frecuencia? (Compruebe el nivel de la señal de entrada) ○ ¿Es correcta la configuración de los siguientes parámetros? Limite inferior de la frecuencia (FU 1-24), Limite superior de la frecuencia (FU 1-25), Ganancia de la frecuencia analógica (I/O-1 ~ I/O-10) ○ ¿Está la señal de la línea de entrada influenciada por ruido externo? (Utilice un cable apantallado)

El motor gira en sentido contrario	<ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Es correcta la secuencia de la fase del borne de salida U, V, W? ○ ¿Está correctamente conectada la señal de arranque (adelante / reversa)?
El variador no acelera o desacelera suavemente	<ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Está el tiempo de aceleración / deceleración programado en un tiempo demasiado corto? ○ ¿Es la carga demasiado grande? ○ ¿Es el valor de Par Boost (FU1-27, 28) tan elevado que inutiliza la función de limitación dinámica de comente?
La corriente del motor es demasiado alta	<ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Es la carga demasiado grande? ○ ¿Es el valor de Par Boost (manual) demasiado alto?
La velocidad de rotación no aumenta	<ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Es correcto el valor del Limite Superior de Frecuencia (FU1-25)? ○ ¿Es la carga demasiado grande? ○ ¿Es el valor de Par Boost (FU1-27, 28) tan elevado que impide la activación de la función de limitación dinámica de comente (FU1-59, 60)?
La velocidad de rotación oscila cuando el variador está funcionando	<p>1) Revisión de la carga</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Oscila la carga? <p>2) Revisión de la señal de entrada:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Oscila la señal de la consigna de frecuencia? <p>3) Otro:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Es demasiado largo el cableado cuando el variador emplea un control V/F? (Más de 500mts)

Tabla. 5.23. Solución a los Problemas del Variador

5.6.4 Puntos a revisar diaria y periódicamente

Lugar de inspección	Elemento de inspección	Inspección	Periodo			Método de Inspección	Criterio	Instrumento de medición
			Diario	1 año	2 años			
Todos	Condiciones ambientales	¿Hay polvo? ¿Son adecuadas la temperatura ambiente y la humedad	O			Véase precauciones	Temperatura: -10~+40 sin congelación Humedad: inferior a 50% sin condensación	Termómetro Higrómetro Grabador
	Módulo	¿Hay algún ruido u oscilaciones anormales?	O			Visual y auditivo	No hay anomalías	
	Tensión de entrada	¿Es normal la tensión de entrada del circuito principal?	O			Mídase la tensión entre los bornes R, S y T		Multímetro digital/ tester
Circuito Principal	Todos	Comprobación de Megger (entre el circuito principal y tierra) ¿Se ha modificado alguna parte fija? ¿Se ha observado signos de sobretensión al limpiar los componentes?	O O O	O		Desconecte las conexiones del variador y cortocircuite los bornes R, S, T, U, V, W y mida entre estos t tierra. Apriete los tornillos Comprobación visual	Más de 5MΩ Sin anomalías	Megger tipo DC 500V
	Conductor/ cable	¿Está oxidado el conductor? ¿Está dañado el revestimiento del cable?		O O		Comprobación visual	Sin anomalías	
	Bornero	¿Se ha producido algún daño?		O		Comprobación visual	Véase como comprobar módulos	
	Módulo IGBT Módulo de	Compruebe la resistencia entre cada uno de los bornes			O	Desconecte las conexiones del variador y mida la resistencia entre R, S, T-P, N y U, V, W-P, N con un tester	Sin anomalías Superior al 85% de la potencia nominal	Multímetro digital/ tester analógico
	Condensador correcto	¿Se observan fugas de líquidos? ¿Están bien fijados los pines? ¿Se observa alguna dilatación o retracción? Mídase la capacidad	O O	O		Comprobación visual Mídase la capacidad con un instrumento adecuado	Sin anomalías	Instrumento para medir la capacidad
	Relé	¿Se escucha algún ruido tipo tableteo durante el funcionamiento? ¿Está dañado el contactor?		O O		Comprobación auditiva Comprobación visual	Sin anomalías El error deberá estar comprendido en el ±10% del valor de la resistencia visualizada.	

	Resistencia	¿Está dañado el aislamiento de la resistencia? ¿Está dañado el cableado de la resistencia (abierto)?		O O	Comprobación visual. Desconecte una de las conexiones y mida con el tester	La tensión de equilibrio entre las fases para los modelos 200V (800V) es inferior a 4V (8V) . El circuito defectuoso funciona según la secuencia.	Multímetro digital/ tester analógico
Circuito de control y protecciones	Chequeo del funcionamiento	¿Hay algún desequilibrio entre las fases de la tensión de salida? La visualización del estado del circuito no debe mostrar ningún error después de ejecutarse la secuencia de protección.		O O	Mida la tensión entre los borneros de salida U, V y W. Corte y abra el circuito de protección de salida del variador.	Debe girar sin esfuerzo. Sin anomalías	Multímetro digital/ Voltímetro verdadero valor eficaz
Sistema de refrigeración	Ventilador de refrigeración	¿Hay algún ruido u oscilaciones anormales? ¿Está la zona de conexión desconectada?	O O		Desconecte la alimentación (OFF) y haga girar el ventilador manualmente. Reapriete las conexiones.	Compruebe los valores especificados y de control.	
Display	Medición	¿Es correcto el valor visualizado?	O O		Compruebe el instrumento de lectura con una medición exterior.	Sin anomalías	Voltímetro/ Amperímetro, etc.
Motor	Todo	¿Hay algún ruido o vibraciones anormales? ¿Se percibe algún olor inusual?	O O		Auditiva, sensorial, comprobación visual. Compruebe si se han producido daños por sobrecalentamiento	Mas de 5MΩ	
	Resistencia de aislamiento	Comprobación de Megger (entre los bornes del circuito de salida y el borne de tierra)			O	Desconecte las conexiones U, V y W y únense entre si.	

Tabla. 5.24. Puntos a revisar en diario y periódicamente en el Variador

Nota: Los Valores () están referidos a los variadores del modelo 400V.

CAPITULO VI

GUIA DE PRÁCTICAS

En el siguiente capítulo se implementarán las 10 prácticas que conforman la guía. Las cinco primeras prácticas son de familiarización con los dispositivos a utilizar: variador de velocidad, PLC y motor; y los temas de las mismas son los siguientes:

- Características básicas del Variador De Frecuencia VFD LG iG5.
- Inversión de Giro, Tipos de Aceleración y Modos de Frenado del Motor
- Control Personalizado Voltios / Hertz (V/F) y Protecciones del VFD.
- Selección del Tipo de Motor a través del VFD.
- Funcionamiento del PLC y del Bornero de Control del VFD.

Las cinco siguientes prácticas son aplicaciones industriales, cuyos temas son los siguientes:

- Control de Presión.
- Banda Transportadora.
- Control del Sistema Mezclador de Líquidos.
- Control de un Ascensor Industrial.
- Sistema de Control de Aire Acondicionado.

En cada una de ellas existirán objetivos a seguir, un resumen o problema de lo que se va a realizar en la práctica, el procedimiento y un análisis de resultados o explicación del programa.

PRACTICA No. 1**CARACTERISTICAS BASICAS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA
VFD LG iG5****OBJETIVOS**

- Describir las principales conexiones del variador de Frecuencia LG iG5.
- Configurar los principales valores del grupo de funciones básicas [Menú Principal], mediante la consola de programación.
- Explorar los distintos grupos de funciones que nos ofrece el Variador de Frecuencia LG iG5, para determinar los parámetros más idóneos.

RESUMEN

En esta práctica se aprenderá a ubicar las principales partes del variador, como son: terminales de conexión tanto de alimentación como del motor y consola de programación (con todas sus partes). Además de manejar las principales funciones que ofrece el VFD a través de la consola para controlar un motor asincrónico de inducción jaula de ardilla.

Se conocerá detalladamente para que sirven cada una de las funciones a utilizar y que parámetros son los que se van a ingresar. Se ingresarán diferentes valores de frecuencia que servirá de ayuda para comprender que la frecuencia de salida del VFD está relacionada directamente con la velocidad del motor.

PROCEDIMIENTO

1. Localizar el bornero de potencia que se encuentra en la parte inferior del VFD, como se indica en la figura:
-



a) Con tapa



b) Sin tapa

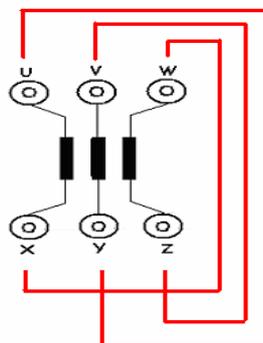
Figura. 6.1. Bornero de Potencia

2. Extraer la tapa del VFD ubicada en la parte frontal inferior para así observar los siguientes terminales de conexión:



Nota: Los terminales R, S y T según normas eléctricas son las entradas de alimentación trifásicas, los terminales B1 y B2 son para colocar una resistencia de frenado dinámico (opcional) y los terminales U, V y W son conexiones al motor.

3. Conectar el motor en configuración delta o triángulo como se muestra en la figura:

**Figura. 6.2. Configuración de arranque del motor**

- Conectar el motor y la fuente de alimentación trifásica (apagada) al VFD como se muestra a continuación:

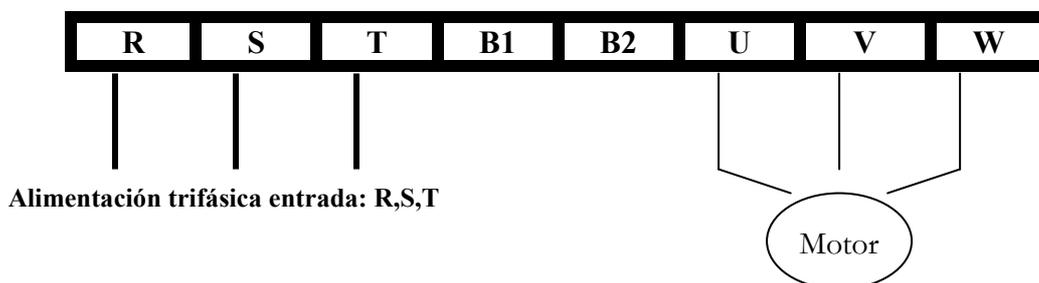


Figura. 6.3. Conexión del motor y fuente trifásica al VFD



PRECAUCION: Los circuitos internos del variador pueden dañarse si la alimentación de entrada se conecta a los bornes de salida (U,V,W), por lo que se recomienda llamar al instructor para revisar dichas conexiones.

- Se debe asegurar que las conexiones estén bien realizadas y encienda la fuente.
- Ubicar la consola o teclado de programación.

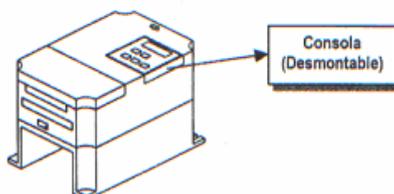


Figura. 6.4. Consola de Programación

- Dentro de esta consola se encuentran las siguientes teclas, pantalla de 7 segmentos y LED's indicadores:

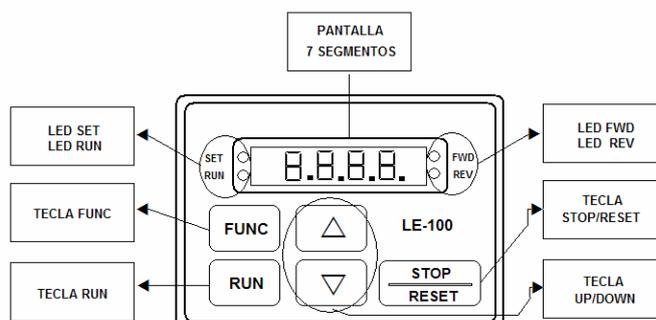


Figura. 6.5. Vista Frontal de la consola de programación

Modelo	Pantalla	Nombre	Descripción
Tecla	FUNC	Tecla de programación	Cambia el modo de programación
	▲ (Up)	Tecla arriba	Para desplazarse por los códigos o para aumentar los valores de los parámetros
	▼ (Down)	Tecla abajo	Para desplazarse por los códigos o para reducir los valores de los parámetros
	RUN	Tecla RUN	Activa el variador
	STOP RESET	Tecla STOP/RESET	Se detiene el funcionamiento del variador. Además sirve para resetear el equipo cuando se ha producido un fallo.
LED	REV	Visualización en sentido inverso	Se enciende cuando el variador gira en sentido inverso.
	FWD	Visualización en sentido hacia delante	Se enciende cuando el variador gira en sentido normal.
	SET	Programación	Se enciende cuando se programa los parámetros con la tecla FUNC.
	RUN	Funcionamiento	Se enciende cuando la velocidad es constante y es intermitente al acelerar o desacelerar.

Tabla. 6.1. Funciones de las partes de la consola de programación

El siguiente diagrama muestra la manera de explorar el Menú Principal con las teclas descritas en la tabla anterior.

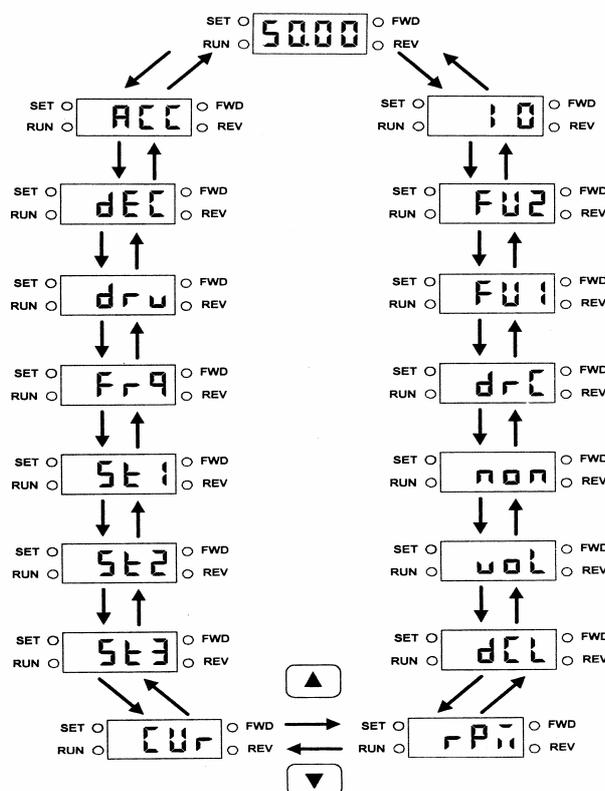


Figura. 6.6. Desplazamiento por los códigos del Menú Principal

En la Figura. 6.6 se puede observar que las teclas [▲] y [▼] sirven para desplazarse dentro del Menú Principal o de un grupo de funciones. Una vez que se ubique en el grupo FU1, FU2 o IO, presione la tecla [FUNC] e inmediatamente habrá ingresado al grupo escogido.

La Figura. 6.7 muestra como se ingresa a un grupo de funciones:

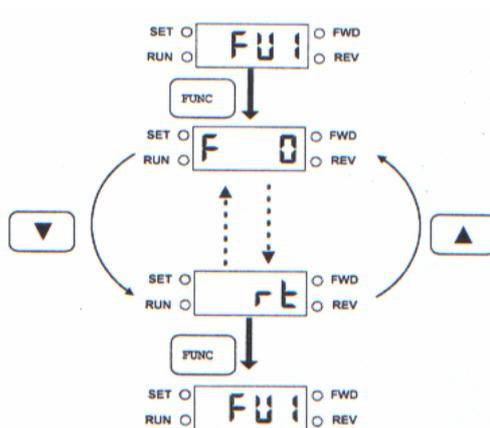


Figura. 6.7. Desplazamiento por los códigos del grupo FU1

Nota: Para poder salir de los menús FU1, FU2 o IO existe la función return [rt.].

Para seleccionar una función dentro del Menú Principal o dentro de un grupo, se debe seleccionar la función de tal modo que se visualice la misma en el display y luego se debe presionar la tecla [FUNC].

Para setear un parámetro dentro de una función o escoger una opción de la misma se utilizan las teclas [▲] [▼]. Una vez ya visualizado el parámetro deseado se presiona la tecla [FUNC] para confirmar dicho valor.

Para inicializar el VFD, es decir restablecer los parámetros que viene de fábrica, sitúese dentro del grupo FU2 del Menú Principal ingresar a la función H93 y seleccionar la opción “1” para empezar a programar siguiendo los siguientes pasos:

8. Con las teclas de movilización [▲] [▼] situarse en las siguientes funciones del Menú Principal y setear los parámetros de la siguiente tabla:

Nota: Las funciones que no se mencionan no deben ser modificadas.

VISUALIZACIÓN	FUNCION	DESCRIPCION	PARAMETRO A SETEAR
0.00	DRV-00	Frecuencia de salida del motor.	50.00 [Hz]
ACC	DRV-01	Tiempo de aceleración	10 [s]
DEC	DRV-02	Tiempo de desaceleración	6 [s]
drv	DRV-03	Control de marcha	0
Frq	DRV-04	Modo de frecuencia	0
CUr	DRV-08	Corriente de salida	A visualizarse en la puesta en marcha del VFD escogiendo esta opción
rPM	DRV-09	Velocidad del motor	A visualizarse en la puesta en marcha del VFD escogiendo esta opción
dCL	DRV-10	Tensión del bus DC	A visualizarse en la puesta en marcha del VFD escogiendo esta opción
vOL Por tOr	DRV-11	Visualización del parámetro deseado (tensión, vatios, torque)	A visualizarse en la puesta en marcha del VFD dependiendo del valor escogido
nOn	DRV-12	Visualización del tipo de fallo	A visualizarse en la puesta en marcha del VFD escogiendo esta opción
drC	DRV-13	Sentido de giro del motor	F para sentido hacia delante y R para sentido inverso

Tabla. 6.2: Grupo de Funciones del Menú Principal

-
- La función [**0.00**] depende del valor seteado en la función F20 del grupo FU1. Dicho valor corresponde a la Frecuencia máxima del VFD, por lo que el rango de la función [**0.00**] puede ir de 0 [Hz] hasta el valor seteado en F20.
 - El valor de la función [**ACC**] depende del parámetro escogido en H70 del grupo FU2, en el cual se debe escoger la opción 1 para que el tiempo de aceleración sea el ingresado en esta función. De igual manera pasa con el tiempo de desaceleración de la función [**DEC**].
 - Dentro de la función [**drv**] se debe escoger 0 ya que se está trabajando con la consola de programación del VFD.
 - El valor seteado dentro de la función [**Frq**] es 0. En este modo el variador se ajusta a la frecuencia ingresada en la función [**0.00**] cuando ya se ha confirmado un nuevo valor de frecuencia.
9. Una vez seteados correctamente los valores antes mencionados se debe presionar la tecla [**RUN**] para observar el funcionamiento del motor de acuerdo a las condiciones ingresadas.
10. Presionar la tecla [**STOP**] para detener el motor.
11. Para llenar la Tabla. 6.3 se debe situar en la función [**rPM**] para visualizar la velocidad de salida y en la función [**CUr**] para visualizar la corriente de salida, estas funciones se encuentran dentro del Menú Principal. Estos datos se toman cuando el motor está en marcha.
12. Para ingresar las diferentes frecuencias el motor debe estar detenido.
-

Llene la Tabla. 6.3 cambiando la frecuencia dentro de la función [0.00] y para llenar la columna de corriente con carga, coloque la carga mecánica (Rueda Volante) al motor, como se indica en la figura:

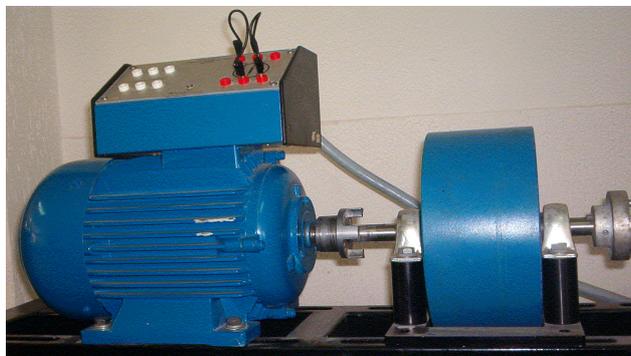


Figura. 6.8. Rueda volante colocada al motor

	Ir a función [rPM]	Ir a función [CUr]	Ir a función [CUr]
Frecuencia a ingresar	Velocidad en RPM	Corriente en A	Corriente con carga en A durante el frenado
10 Hz			
20 Hz			
30 Hz			
40 Hz			
50 Hz			

Tabla. 6.3. Toma de datos

Para llenar la columna con carga visualice la corriente de salida en la función [CUr] del VFD cuando presione la tecla [STOP]. En ese instante la corriente aumenta por la carga.

13. Presionar la tecla [STOP] para detener el motor.
14. Apagar la fuente de alimentación y desconectar los cables.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PREGUNTAS FINALES

1. Con la Tabla. 6.3 grafique la curva velocidad vs. frecuencia.

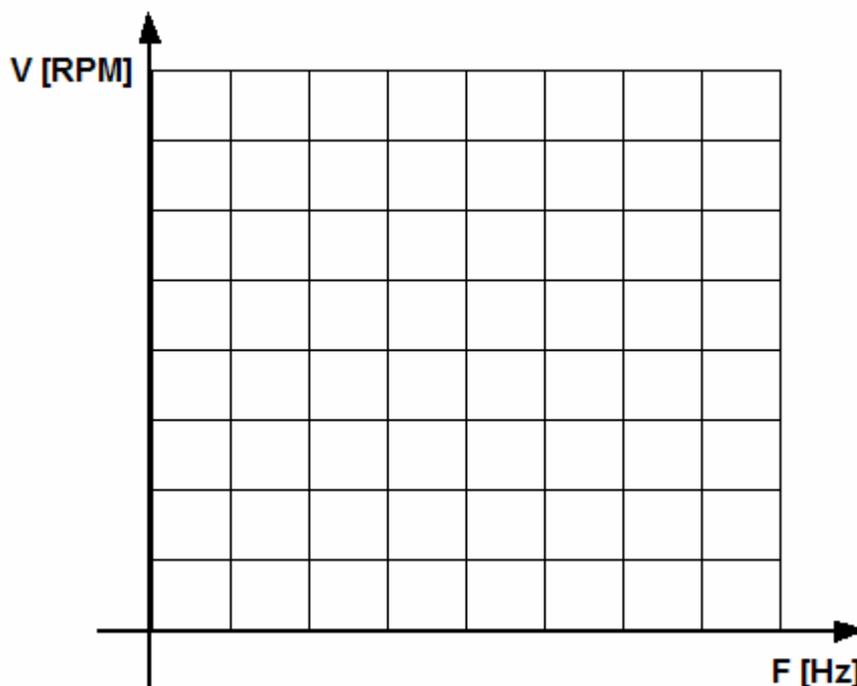


Figura. 6.9. Gráfica velocidad vs. frecuencia

2. ¿Cuál es el comportamiento de la corriente de salida del motor sin carga y con carga en las diferentes frecuencias?
 3. ¿Por qué existe un valor límite de Frecuencia en la salida del VFD?
 4. Justifique cómo el VFD realiza el proceso de aceleración y desaceleración.
 5. Consulte en el manual del VFD sobre los modos de operación del Control de Marcha [**drv**] y Modo de Frecuencia [**Frq**].
-

PRACTICA No. 2**INVERSIÓN DE GIRO, TIPOS DE ACELERACION Y MODOS DE FRENADO DEL MOTOR****OBJETIVOS**

- Realizar cambios en el sentido de giro del motor explorando las diferentes opciones de configuración del VFD.
- Configurar dos clases de aceleraciones que nos ofrece el VFD y comprobar su funcionamiento.
- Programar los distintos modos de frenado del motor con la ayuda del VFD.

RESUMEN

En esta práctica se manipulará las funciones para cambio de giro y protección de sentido de marcha del motor.

Se conocerá acerca de los tipos de aceleración y desaceleración que ofrece el VFD para controlar al motor. Se configurará las funciones para conseguir los dos principales tipos de aceleración: Lineal y Curva-S.

También se conocerá acerca de los modos de frenado que nos ofrece el VFD y como configurar las funciones para conseguir dichos modos de frenado.

PROCEDIMIENTO**Inversión de giro del motor**

1. Conectar el motor en configuración delta.
 2. Se va a llenar la Tabla 6.4 siguiendo los siguientes pasos:
-

- a. Colocarse en la función [**drC**], presionar la tecla [**FUNC**] (para ingresar) y con las teclas [**▲**][**▼**] seleccionar la opción “F” presionando nuevamente [**FUNC**] (para confirmar).
- b. Dentro del menú FU1 seleccionar la función F3, la cual tiene 3 opciones.

0	Ninguno
1	Bloqueado A delante
2	Bloqueado Retroceso

- c. Con las teclas [**▲**][**▼**] seleccionar la opción 0 y confirmar la opción presionando [**FUNC**]. Verificar el sentido de giro del motor presionando la tecla [**RUN**].
- d. Luego de verificar el sentido de giro en cada opción presionar [**STOP**].
- e. Realizar los pasos c. y d. para las opciones 1 y 2 de la función F3.
- f. Realizar todos los pasos anteriores seleccionando la opción “r” de la función [**drC**] del Menú Principal.

drC	F3	Sentido de giro del motor
F	0	
	1	
	2	
R	0	
	1	
	2	

Tabla. 6.4. Protección de marcha en sentido incorrecto

Tipos de aceleración

3. Verificar que la función **0.00** del Menú Principal esté seteada en **50.00**, es decir, que se visualice 50.00 en el Menú Principal, para obtener con esta frecuencia una velocidad máxima de 1500 rpm.

$$V = 120 \left(\frac{F}{p} \right) \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde: V es la velocidad máxima en rpm.

F es la frecuencia de salida (es ingresada en la función [0.00])

p es el número de polos (para este caso 4)

4. Para programar el tipo de aceleración y desaceleración se deben realizar los siguientes pasos:

a. Ingresar al grupo FU1 del Menú Principal y colóquese en la función F5.

b. Dentro de la función F5 se tiene 5 opciones:

0	Lineal
1	Curva S
2	Curva U
3	Mínima
4	Óptima

c. Seleccionar la opción 0 [Lineal].

d. Retornar al Menú Principal con la función [rt] y seleccionar la función [ACC].

e. En la función [ACC] setear el valor 100 (este valor es el tiempo que se demora en acelerar para llegar a las 1500 rpm deseadas).

f. Localizar la función [rPM] en el Menú Principal, para visualizar la velocidad de salida del motor.

g. Presionar la tecla [RUN].

h. Con la ayuda de un cronómetro llenar la Tabla 6.5:

Tiempo (Cronómetro)	Velocidad (rpm)
10 s	
20 s	
30 s	
40 s	
50 s	
60 s	
70 s	
80 s	
90 s	
100 s	

Tabla. 6.5. Aceleración Lineal

- i. Presionar la tecla [**STOP/RESET**] para detener el motor.
- j. Repetir desde el paso b. seleccionando la opción 1 [Curva - S] en la función F5 del grupo FU1.

Nota: El tiempo real de aceleración en la opción 1 es un 40% superior al tiempo de aceleración programado en la función [**ACC**].

- k. Presionar la tecla [**RUN**].
 - l. Con la ayuda de un cronómetro llenar la Tabla 6.6:
-

Tiempo (Cronómetro)	Velocidad (rpm)
10 s	
20 s	
30 s	
40 s	
50 s	
60 s	
70 s	
80 s	
90 s	
100 s	
110 s	
120 s	
130 s	

Tabla. 6.6. Aceleración Curva-S

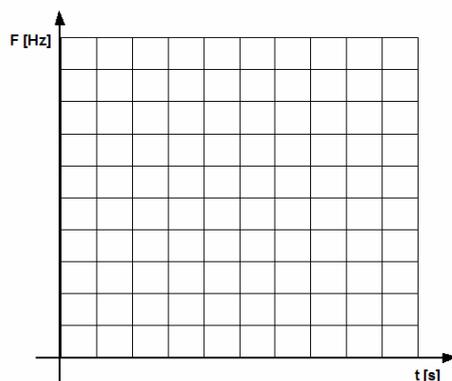
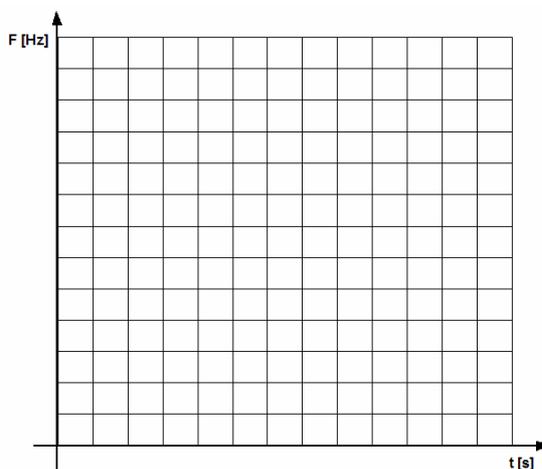
Modos de Frenado

5. Para programar el modo de parada por medio de inyección DC del variador al motor (el motor debe estar sin carga), realizar los siguientes pasos:
 - a. Localizar la función F7 del grupo FU1, la cual tiene 3 opciones.
 - b. Seleccionar la opción 1 [Frenado con tensión DC]
 - c. Al momento de activar la opción 1 se visualizan las funciones F8, F9, F10 y F11 que estaban ocultas.
 - d. En la función F8 que es la frecuencia en la que el variador empieza a generar tensión DC de salida durante la desaceleración, ingrese 20 Hz. Colocarse en el Menú Principal en la función [0.00] que está con el valor de
-

-
- 50.00 Hz. Presionar **[RUN]** y una vez que llegue a la velocidad constante (Led RUN prendido), presionar **[STOP/RESET]** y notar que al desacelerar y llegar a la frecuencia de 20 Hz el VFD corta completamente la alimentación al motor.
- e. En la función F9 que es el tiempo de retardo de la inyección de frenado DC, ingresar 5 seg. Presionar **[RUN]** y una vez que llegue a la velocidad constante (Led RUN prendido), presionar **[STOP/RESET]** y notar que al desacelerar y llegar a la frecuencia de 20 Hz el VFD corta completamente la alimentación al motor y queda girando libremente los 5 seg que fueron seteados.
- f. En la función F10 que es el valor de tensión DC en porcentaje aplicado al motor y está basado en H33 [Patrón de corriente que utiliza el motor], ingresar 150. Presionar **[RUN]** y una vez que llegue a la velocidad constante (Led RUN prendido), presionar **[STOP/RESET]** y notar que después de transcurridos los 5 seg que gira libremente el motor, el VFD inyecta tensión DC (Esto se puede notar porque el motor produce un sonido).
- g. En la función F11 que es el intervalo de tiempo en el que la corriente DC se aplica al motor, ingresar 8. Presionar **[RUN]** y una vez que llegue a la velocidad constante (Led RUN prendido), presionar **[STOP/RESET]** y notar que el tiempo de inyección de tensión DC (es decir el sonido) tiene una duración de 8 seg.
- h. En la función F13 que es el tiempo en que se demora en arrancar el motor una vez presionada la tecla **[RUN]**, ingresar 3 seg.
- i. Localizar la función F7 y seleccionar la opción 2 [Rueda Libre]. Correr el motor presionando la tecla **[RUN]** y primero note que se demora 3 segundos en arrancar el motor por la función anterior. Al presionar **[STOP/RESET]** note que el VFD corta completamente la alimentación al motor. Esta opción puede servir como parada de emergencia.
-

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PREGUNTAS FINALES

1. Explique el sentido del giro que toma el motor para las tres opciones tanto de giro hacia adelante como hacia atrás realizadas en la Tabla 6.4, en función de la configuración del VFD.
2. Con la ayuda de la ecuación 1, grafique la respuesta F vs. t según la Tabla 6.5 para la aceleración lineal y con la Tabla 6.6 para la aceleración curva S.

**Figura. 6.10. Para aceleración lineal****Figura. 6.11. Para aceleración curva-S**

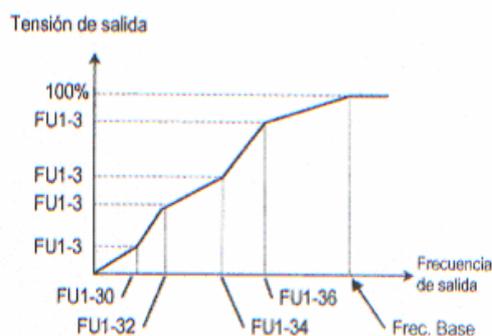
3. ¿Investigue cómo el VFD frena un motor mediante inyección de tensión DC?
 4. Dé ejemplos de aplicaciones en la industria en las que se puede utilizar el frenado de un motor.
-

PRACTICA No. 3**CONTROL PERSONALIZADO VOLTIOS / HERTZ (V/F) Y
PROTECCIONES DEL VFD****OBJETIVOS**

- Configurar las funciones del control V/F para manejar el torque de la carga aplicada al motor.
- Analizar el comportamiento del motor mediante sus curvas características bajo las condiciones de control V/F configuradas.
- Configurar las distintas protecciones que ofrece el VFD, para tener mayor seguridad en el manejo del mismo.

RESUMEN

Para aplicaciones especiales es importante conocer acerca del control personalizado Voltios/Hertz que nos ofrece el VFD LG iG5. Por medio de este control se puede tener 4 distintas frecuencias (velocidades) cada una con distinto voltaje de salida. Por eso es utilizado en aplicaciones donde se desea comenzar con una velocidad suave pero con un torque fuerte (mayor voltaje), luego pasar a una etapa de mayor velocidad con un torque mediano y terminar a una velocidad alta con un torque pequeño.

**Figura. 6.12. Control Personalizado**

Este control es utilizado generalmente cuando existen distintas cargas a manejar, por eso las aplicaciones más comunes son en elevadores, grúas mecánicas, etc. En esta práctica se aprenderá a configurar las funciones para conseguir este control personalizado.

Es importante conocer acerca de la protección térmica que nos ofrece el VFD para cuidar al motor, por lo que se conocerá acerca de la configuración de las funciones que permiten proteger al motor térmicamente.

Por último se conocerá acerca de la función de ahorro de energía.

PROCEDIMIENTO

1. Conectar el motor en configuración delta.
2. Dentro del grupo FU2 ingresar a la función H93 y seleccionar la opción “1” para restablecer los parámetros iniciales del VFD.
3. En el Menú Principal dentro de la función [0.00] ingresar el valor de 50 Hz.
4. En el Menú Principal dentro de la función [ACC] ingresar el valor de 120 seg.
5. Para poder manejar el VFD desde la consola setee el valor de 0 en la función [drv] del Menú Principal.
6. Ingresar al grupo FU1 y localizar la función F29.
7. En la función F29 existen las opciones:

0	Lineal
1	Cuadrática
2	Control Personalizado

8. Seleccionar la opción 2 e inmediatamente se habilitarán las funciones F30 hasta la F37, las cuales tienen la siguiente descripción:

FUNCION	DESCRIPCION	RANGO
F30	Frecuencia 1	0.00 a F32
F31	Tensión 1	0 a 100 [%]
F32	Frecuencia 2	F30 a F34
F33	Tensión 2	0 a 100 [%]
F34	Frecuencia 3	F32 a F36
F35	Tensión 3	0 a 100 [%]
F36	Frecuencia 4	F34 a F20
F37	Tensión 4	0 a 100 [%]

Tabla. 6.7. Frecuencia y Tensiones del Control Personalizado

9. Ingresar los siguientes valores en las funciones indicadas:

FUNCION	VALOR
F30	10.00 [Hz]
F31	25 [%]
F32	35.00 [Hz]
F33	50 [%]
F34	40.00 [Hz]
F35	75 [%]
F36	55.00 [Hz]
F37	100 [%]

Tabla. 6.8. Valores a setear dentro de las funciones de Control Personalizado

10. Situarse en la función [0.00] del Menú Principal, que ahora está seteada con el valor de 50, para poder visualizar la frecuencia de salida.
11. Con la ayuda de un cronómetro y luego de presionar la tecla [RUN], llenar la siguiente tabla:

TIEMPO [seg]	FRECUENCIA VISUALIZADA EN EL VFD [Hz]
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	

Tabla. 6.9. Frecuencia visualizada en la función [0.00]

12. Presionar [**STOP/RESET**] para detener el motor.
13. En el grupo FU2 del Menú Principal localizar la función H73 que tiene las siguientes opciones:

0	Tensión
1	Vatios
2	Par

14. Seleccionar la opción “0”. Esta opción habilita la visualización de los valores de voltaje de salida dentro del Menú Principal.
15. Ahora se puede visualizar una función llamada [**vOL**] en el Menú Principal, la cual nos dará el voltaje de salida; por lo tanto ingrese dentro de esta función [**vOL**].
16. Con la ayuda de un cronómetro y luego de presionar la tecla [**RUN**], llenar la siguiente tabla:

TIEMPO [seg]	VOLTAJE VISUALIZADO EN EL VFD [V]
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	

Tabla. 6.10. Voltaje visualizado en la función [vOL]

Conocer acerca de las distintas protecciones que tiene el VFD es muy importante, por lo que es necesario setear correctamente los parámetros de las distintas funciones que nos ofrece el mismo.

17. En el grupo FU1 localizar la función F50 y escoger la opción “1” que es la habilitación de la Protección Térmica (ETH). Una vez habilitada esta opción se despliegan tres funciones más, que tienen la siguiente descripción.

Función	Descripción	Rango	Parámetro a setear
F51	Nivel ETH durante 60 segundos	F52 a 250 [%]	55
F52	Nivel ETH trabajo continuo	50 a F51	50
F53	Selección de la característica ETH según el tipo de ventilación del motor	0 (Ventilación propia)	0
		1 (Ventilación forzada)	

Tabla. 6.11. Funciones para la Protección Térmica

F51 es la corriente de referencia para que el variador determine que el motor se ha sobrecalentado. Por ejemplo, si el valor es 150 el variador dará fallo y dejará de alimentar al motor cuando fluctúe durante un minuto el 150% de la corriente nominal del variador establecida en H33

F52 es la corriente con la que el motor puede funcionar ininterrumpidamente. En general, este valor se programa al “100%” lo que significa el valor nominal de corriente programado en H33. Este valor deberá ser inferior a F52.

F53 para conseguir que la función ETH trabaje correctamente, el modo de refrigeración del motor deberá seleccionarse adecuadamente según el tipo de motor.

18. Ahora se producirá un error intencional que no cause mucho daño al variador, para poder visualizar esta clase de protección.

19. Ingresar estos nuevos valores en las funciones indicadas:

FUNCION	VALOR
F30	5.00 [Hz]
F31	25 [%]
F32	35.00 [Hz]
F33	50 [%]
F34	40.00 [Hz]
F35	75 [%]
F36	55.00 [Hz]
F37	100 [%]

Tabla. 6.12. Valores a setear para producir el fallo intencional

20. Presionar la tecla [**RUN**] y esperar unos instantes.

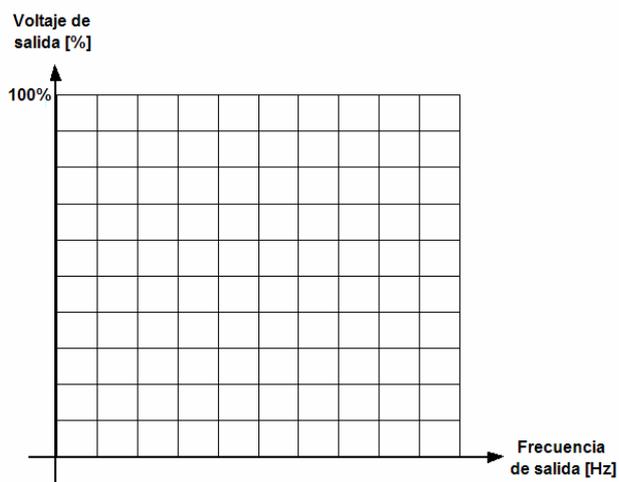
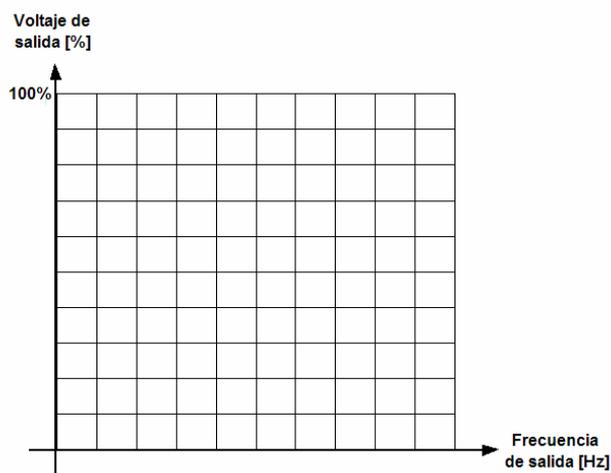
21. Como se puede ver ha saltado la protección, mostrando el mensaje **ETH** en la pantalla del variador.

-
22. Presionar la tecla [**STOP/RESET**] para resetear al variador.
 23. Para continuar, primero se deshabilitará la opción de control personalizado Voltios / Hertz. Dentro de la función F29 escoger la opción 0.
 24. En el Menú Principal dentro de la función [**ACC**] ingresar el valor de 10 seg.
 25. Ingresar dentro de la función [**vOL**], del Menú Principal.
 26. Presionar [**RUN**] y esperar que el motor llegue a una velocidad constante. Tenga en cuenta el valor de voltaje de salida que indica el variador.
 27. Presionar la tecla [**STOP/RESET**].
 28. En el grupo FU1 localizar la función F39 [Nivel de Ahorro de energía] e ingresar el valor de 20%.

Nota: Esta función se utiliza para reducir la tensión de salida en aplicaciones que no requieren durante ciertos momentos un par y corriente elevado a velocidad constante. Al programar al 20%, el variador reducirá su tensión de salida un 20 % después de acelerar hasta la frecuencia de referencia (velocidad constante).
 29. Ingresar dentro de la función [**vOL**], del Menú Principal.
 30. Presionar [**RUN**]. Como se verá la tensión de salida mientras la velocidad aumenta o varía, llegará al mismo valor que cuando todavía no se seteaba el ahorro de energía. Pero cuando la velocidad ya sea constante, la tensión de salida disminuirá en un 20%.
 31. Presionar la tecla [**STOP/RESET**].
 32. Desconectar la alimentación del VFD.
-

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PREGUNTAS FINALES

1. Con los datos teóricos de la Tabla 6.8 y los datos tomados en la Tabla 6.9 y 6.10 grafique la curva Tensión vs Frecuencia tanto de los datos teóricos como de los datos tomados en el laboratorio.

**Figura. 6.13. Valores teóricos****Figura. 6.14. Valores reales**

2. ¿Por qué se necesitan setear correctamente las distintas funciones de protección del VFD?

PRACTICA No. 4**SELECCIÓN DEL TIPO DEL MOTOR A TRAVES DEL VFD****OBJETIVOS**

- Configurar el VFD en función de las características del motor y de la carga aplicada.
- Brindar protección contra la pérdida de alimentación tanto para el VFD como para el motor.
- Explorar las funciones de visualización e inicialización del VFD.

RESUMEN

En esta práctica se configurará las funciones del VFD para tener una protección de fase tanto de entrada como de salida. Por el riesgo de dañar al VFD y al motor se armará un circuito especial para la conexión de los mismos.

Se conocerá cuales son las funciones que me permiten escoger adecuadamente el motor a utilizar con el VFD, ya que es muy importante setear los parámetros adecuados de acuerdo al tipo de motor a utilizar.

Por último se configurarán algunas funciones que me permiten visualizar otros parámetros dentro del VFD. Transformar la velocidad rotacional en velocidad lineal es un ejemplo de esta clase de configuración. Con la ayuda del simulador de puerta eléctrica, se probará lo antes mencionado.

PROCEDIMIENTO**Protección contra pérdida de fase**

1. Conectar el motor en configuración delta.
-

2. Conectar el siguiente circuito que se muestra en la figura 6.15:

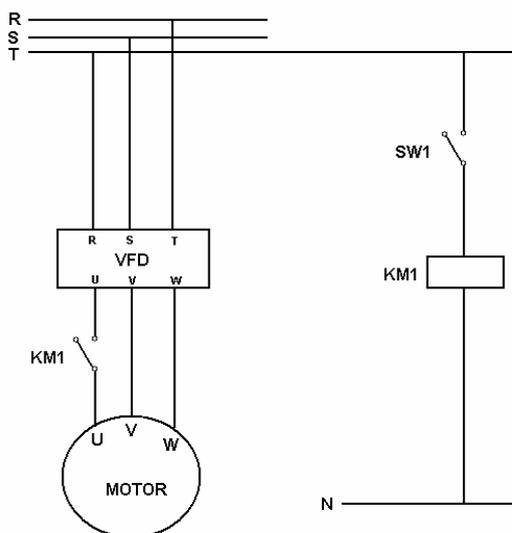


Figura. 6.15. Circuito de conexión del VFD y Motor para pérdida de fase de salida

3. Encender la alimentación del VFD.
4. Dentro del grupo FU2 ingresar a la función H93 y seleccionar la opción “1” para restablecer los parámetros iniciales del VFD.
5. En el Menú Principal dentro de la función [0.00] ingresar el valor de 50 Hz.
6. Para poder manejar el VFD desde la consola setear el valor de 0 en la función [drv] del Menú Principal.
7. Presionar la tecla [RUN].
8. Conmutar los switch's 1 y observar que el variador sigue alimentando al motor aunque le reste vida útil.
9. Presionar la tecla [STOP].

10. Dentro del grupo FU2 debe situarse en la función H19 [Protección de pérdida de fase de entrada/salida]. Se tiene las siguientes opciones:

Rango		FU2-19	Visualización	Descripción
2 ^{do} bit	1 ^{er} bit			
0	0	00		La protección por pérdida de fase no está activa
0	1	01	¹	Proteger el variador de la pérdida de la fase de salida
1	0	10	₁	Proteger el variador de la pérdida de la fase de entrada
1	1	11		Proteger el variador de la pérdida de las fases de entrada y salida.

Tabla. 6.13. Opciones para la selección de pérdida de fase a la entrada y salida

11. Escoger la opción ¹ para que el variador esté protegido de la pérdida de fase de salida.
12. Presionar la tecla [RUN] y conmutar el switch 1.
13. Aparecerá el siguiente mensaje de fallo: **OP0**, el cual indica que el variador detiene su salida cuando una o más de las fases de salida (U, V, W) están abiertas.
14. Presionar la tecla [STOP/RESET], para resetear al variador y volver al estado original el switch 2.
15. De igual manera se podría tener una pérdida de fase a la entrada al escoger la opción ¹ en la función H19. Pero para que haya la condición de fallo (se visualice el mensaje de fallo: **COL**), se necesita además de tener una pérdida de fase en

cualquiera de los terminales de entrada, disponer de una carga de salida que supere en un 50 % la corriente nominal del variador durante más de 1 minuto.

16. Verificar que el switch queden en su estado original, es decir sin causar perdida de fase para continuar con la práctica.

Tipo de motor

Las siguientes funciones sirven para ingresar las especificaciones del motor que se va a emplear:

17. En el grupo FU2 dentro de la función H30 [Potencia nominal del motor], se tienen las siguientes opciones:

0.4 (0.37 kW)
0.8 (0.75 kW)
1.5 (1.5 kW)
2.2 (2.2 kW)
3.7 (3.5 kW)
4.0 (4.0 kW)

Tabla. 6.14. Opciones para escoger el tipo de motor

Escoger la opción 1.5 ya que es la más cercana a la potencia descrita en la placa del motor que es 1.1 KW.

18. En la función H31 se escoge el número de polos. Ingrese 4.
19. La función H33 sirve para ingresar la corriente eficaz nominal del motor (RMS). Este parámetro se setea automáticamente al ingresar el tipo del motor (H30). Verifique que este valor esté en 6.1 A.
-

20. En la función H36 se ingresa el rendimiento del motor. De igual manera esta función se setea automáticamente al ingresar el tipo del motor (H30). Verifique que este valor esté en 81%.

Nota: Es importante saber que los valores de H33 y H36 pueden ser cambiados de acuerdo a la aplicación que se requiera dar al motor.

21. Presionar la tecla [**RUN**] y ver que se escogió correctamente los parámetros de tipo de motor.
22. Presionar la tecla [**STOP**].
23. La función H70 sirve para ingresar la frecuencia de referencia para la aceleración y desaceleración. Es muy importante que esta frecuencia sea la frecuencia máxima. Verificar que en esta función esté ingresada la opción 1 que es la frecuencia máxima.

Visualización

24. La función H72 sirve para seleccionar el primer parámetro que se visualizará en la consola cuando la alimentación esté conectada.

Rango	Descripción
0	DRV-00 [Comando de frecuencia]
1	DRV-01 [Tiempo de aceleración]
2	DRV-02 [Tiempo de desaceleración]
3	DRV-03 [Modo de mando]
4	DRV-04 [Modo de frecuencia]
5	DRV-05 [Frecuencia de paso 1]
6	DRV-06 [Frecuencia de paso 2]
7	DRV-07 [Frecuencia de paso 3]
8	DRV-08 [Corriente de salida]
9	DRV-09 [Velocidad del motor]
10	DRV-10 [Tensión DC]
11	DRV-11 [Display seleccionado por el usuario en H73]
12	DRV-12 [Visualización de fallo]

Tabla. 6.15. Opciones para visualizar el primer parámetro en el VFD

25. Por lo general se mantiene la opción 0 para visualizar un parámetro muy importante como es la frecuencia de salida, pero para visualizar el uso de la función se debe seleccionar la opción 9.
26. Desconectar la alimentación del VFD y luego volver a conectarla. Ahora la primera opción que se visualizará es la función [rPM]. Esto es de gran ayuda para los operarios ya que así no tienen que estar presionando muchos botones para visualizar un parámetro importante.
27. La función H73 es una visualización personalizada en el display. Este código selecciona el tipo de pantalla que se visualizará en DRV-11:

Rango		Descripción	Visualización en DRV-11
Selección	Display		
Voltaje	0	Visualiza la tensión de salida del variador	vOL
Watt	1	Visualiza la potencia de salida del variador	Por
Torque	2	Visualiza el par de salida del variador	tOr

Tabla. 6.16. Opciones para seleccionar el tipo de pantalla a visualizar en DRV-11

28. La función H74 sirve para visualizar la ganancia del motor que afecta a la función DRV-09 [rPM]. Este código modifica la visualización de la velocidad del motor en r/min a velocidad lineal en m/min. Si se quiere visualizar el valor exacto de velocidad en rpm ingrese 100%.
29. Conectar el simulador de puerta eléctrica al eje del motor, como se indica en la figura:

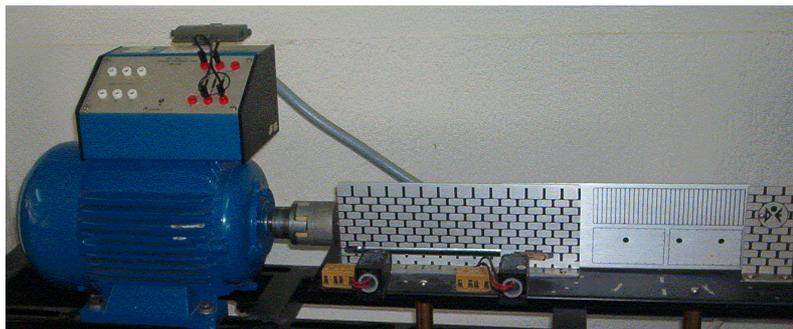


Figura. 6.16. Simulador de puerta eléctrica colocado al motor

30. En el Menú Principal dentro de la función [0.00] ingresar 5Hz.
31. Con la ayuda de una regla mida el tamaño de la puerta.
32. Verificar que la puerta este completamente abierta y con la ayuda de un cronómetro tomar el tiempo en que se demora la puerta en cerrarse completamente.
33. Con estos 2 datos medidos, obtener la velocidad lineal [m/s] de la puerta. Luego transformarla a [m/min].
34. Mediante las siguientes ecuaciones obtener la ganancia que será ingresada en la función H74:
$$\text{Vel. de rotación} = \frac{120 * f}{P}$$
donde F es la Frec. de salida y P es el número de polos del motor
Vel. lineal = Vel. de rotación *visualización de la ganancia en RPM del motor
35. Esta ganancia debe ser multiplicada por 1000 para obtener el valor a ingresar.
36. Ingresar el valor de la ganancia en H74 tomando en cuenta que sólo se puede ingresar valores enteros (aproximar el resultado al inmediato superior o inferior).
37. Presionar la tecla [RUN].

38. Ahora dentro de la función [rPM] del Menú Principal se podrá visualizar la velocidad lineal en m/min de la puerta. El resultado será mostrado en un valor entero aproximado al valor calculado.
39. Presionar la tecla [STOP].
40. La función H93 nos sirve para inicializar los parámetros del variador a los de fábrica. Cada grupo de parámetros podrá inicializarse por separado:

Rango		Descripción
Selección	Display	
No	0	Visualización después de inicializar los parámetros.
All Groups	1	Inicialización de todos los grupos de parámetros a los valores de fábrica por defecto.
DRV	2	Inicialización del grupo principal exclusivamente (DRV).
FU1	3	Inicialización del grupo de Función 1 exclusivamente,
FU2	4	Inicialización del grupo de Función 2 exclusivamente.
I/O	5	Inicialización del grupo de I/O Entrada/Salida

Tabla. 6.17. Opciones para reinicializar los parámetros del VFD

Nota: F30 ~ F37 [Parámetros del Motor] deben programarse después de inicializar los parámetros.

41. Desconectar la alimentación del VFD.

ANALISIS DE RESULTADOS Y PREGUNTAS FINALES

1. ¿Por qué piensa que es útil colocar una protección de pérdida de fase y en que caso no debería utilizarse?
 2. ¿Qué sucedería si no se escogiera adecuadamente el tipo de motor que se va a utilizar?
 3. ¿Por qué es importante saber que carga se va a utilizar? Dé ejemplos de aplicaciones en las que se utilice las opciones de la función H37.
 4. En el ejemplo con la puerta eléctrica, afectó la pequeña distancia a recorrer (no se pudieron ver parámetros exactos). Imagínesse una aplicación y calcule la velocidad lineal de acuerdo a datos que usted mismo ingresará.
-

PRACTICA No. 5**FUNCIONAMIENTO DEL PLC Y DEL BORNERO DE CONTROL
DEL VFD****OBJETIVOS**

- Utilizar el bornero de control del VFD para el manejo del motor.
- Explorar las diferentes funciones del PLC para su programación.
- Explorar como se configura al VFD para que pueda ser controlado por un PLC.

RESUMEN

Esta práctica consta de dos partes. La primera en la que se aprende acerca del PLC FAB GIANT AF-10MR-A. Se conocerán sus partes principales: bornes de entradas, salidas y alimentación, pantalla y teclas de manejo.

Se aprenderá a ingresar al PLC y editar un programa manualmente. Para ello se indicará el funcionamiento de algunas de sus funciones y cuales son los parámetros y variables a ingresar.

En esta primera parte se edita un programa sencillo aunque un poco largo que permite controlar el sentido de giro del motor. Para ello también se conocerá acerca del bornero de control que dispone el VFD. Mediante éste bornero se puede controlar al VFD sin tener que utilizar la consola para correr o detener al motor, es decir mediante señales se puede hacer que el PLC indique al VFD que el motor debe ser encendido e ir a cierta velocidad.

En la segunda parte, ya con un conocimiento previo se programará manualmente al PLC para poder controlar el VFD, para que éste nos de 8 distintas clases de velocidades mediante la conmutación de 3 switch's. Se configurarán las entradas del bornero de control para conseguir lo antes mencionado

PROCEDIMIENTO

1. Ubicar el PLC en el riel del panel como se muestra en la Figura 6.17.



Figura. 6.17. Colocación del PLC en el riel del Panel de Control

2. El PLC cuenta con 6 entradas y 4 salidas, además de los 2 terminales de alimentación: L que es la Línea y N el Neutro; como se muestra en la Figura 6.18.

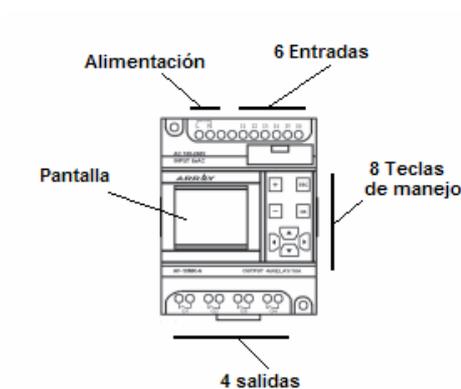


Figura. 6.18. Partes de PLC

Nota: Para las entradas: activado o [1] son voltajes mayores a 80 VAC y desactivado o [0] son voltajes menores a 40 VAC y las salidas son relés.

3. En el PLC existe una pantalla de visualización y una consola de programación con 8 teclas para su manejo:



Figura. 6.19. Teclas de operación

4. Para alimentar al PLC con energía se conecta al terminal L una fase de 110VAC y al terminal N el neutro como se muestra en la Figura 6.20:

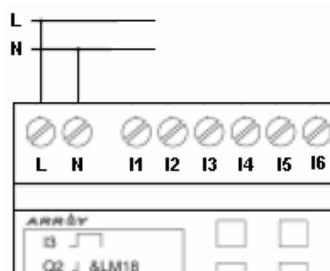


Figura. 6.20. Conexión de la alimentación del PLC

Nota: SE recomienda utilizar alimentaciones separadas para el VFD y el PLC. Puede utilizarse la alimentación fija para el PLC y la alimentación con la fuente trifásica variable para el VFD. Así no se corre peligro que mientras se programe al PLC, éste afecte a las entradas del VFD

5. Extraer la tapa frontal inferior del VFD para ubicar el bornero de control que tiene las siguientes terminales como se muestra en la Figura 6.21:

30A **30C** **30B**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MO	MG	CM	FX	RX	CM	BX	JOG	RST	CM	P1	P2	P3	VR	V1	CM	I	FM	S+	S-

Figura. 6.21. Terminales del bornero de control

Nota: Para un mayor entendimiento de cada uno de los terminales del Bornero de Control existen dos fuentes de referencia: la tesis con tema “Diseño y Elaboración de una Guía de Prácticas aplicadas a la industria para el Variador de Velocidad LG iG5 y el PLC FAB GIANT AF-10MR-A” o el Manual del Variador de Velocidad LG iG5.

Primera Parte

- Para la primera parte de la práctica conectar las siguientes salidas del PLC a los terminales de entrada del VFD como se indica en la Figura 6.22:

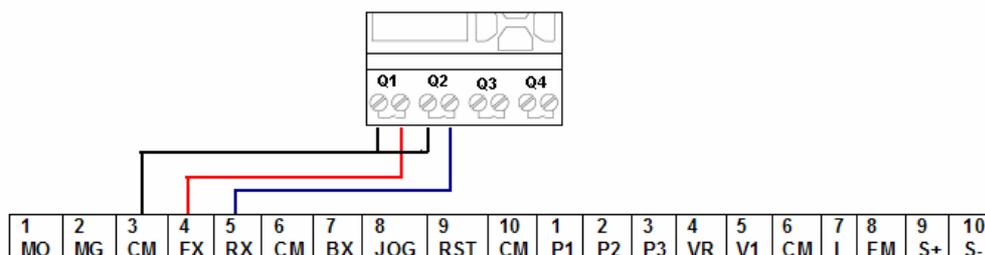


Figura. 6.22. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD

- Conectar una fase de 110 VAC a las entradas I1, I2, I3 e I4 con switch's de intermedio como se muestra en la Figura 6.23:

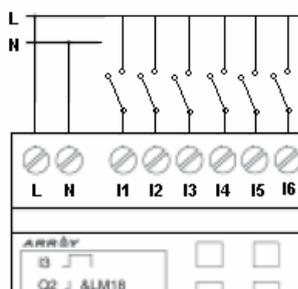


Figura. 6.23. Conexión de entradas al PLC

Programación del PLC

- Al encender la fuente de alimentación del PLC, aparecerá la siguiente pantalla:



9. Presionar simultáneamente las teclas [OK] y [ESC] para acceder al PLC. El PLC cuenta con una clave de protección así que la siguiente pantalla aparecerá:

```
Verify
Users
Password:
XXXX
```

10. El cursor estará ubicado en la parte inferior izquierda, donde se puede cambiar el valor de los dígitos (0-9) con las teclas [+] y [-]. (Inicialmente debe presionar cualquiera de estas dos teclas para que aparezca un valor). Luego se utilizará las teclas [◀] y [▶] para desplazarte hacia la derecha e ingresar el siguiente valor. De esta manera ingresar el número 0001 que es la clave de este PLC. Una vez que ya se ha ingresado la clave de 4 dígitos presione la tecla [OK].

11. Ahora aparecerá la pantalla principal del PLC que cuenta con 4 opciones:

```
>Editor
FAB/Rom
Set.
RUN
```

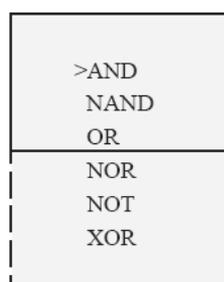
NOTA: Los pasos 11-12-13-14 y 15 son muy importantes ya que de esta manera se ingresa a la programación del PLC de forma manual. Estos pasos se recomienda aprenderse ya que no serán repetidos en futuras programaciones y siempre se los debe hacer para poder programar manualmente el PLC

Puede utilizar las teclas [▲] y [▼] para desplazar el cursor [>] por las distintas opciones. Ubicase en la opción Editor y presione [OK]

12. Seleccionar la opción EDITOR y luego se despliegan sus 4 opciones:

```
>Edit Prg
Insert FB
Delete FB
Clear Prg
```

13. Escoger la opción CLEAR PRG para borrar por precaución el contenido del PLC.
(Esperar unos instantes)
14. Escoger la opción Edit Prg y presionar [OK].



Aparecerán todas las funciones con que cuenta el PLC para ser programado.

Ahora procederemos a ingresar el primer programa:

El siguiente programa hará que el motor gire a una frecuencia de 15Hz cuando exista una señal en la entrada I1. El motor girará 20 segundos en sentido hacia adelante, se detendrá durante 20 segundos y por último girará 20 segundos en sentido contrario antes de detenerse. El programa completo se muestra en la siguiente figura:

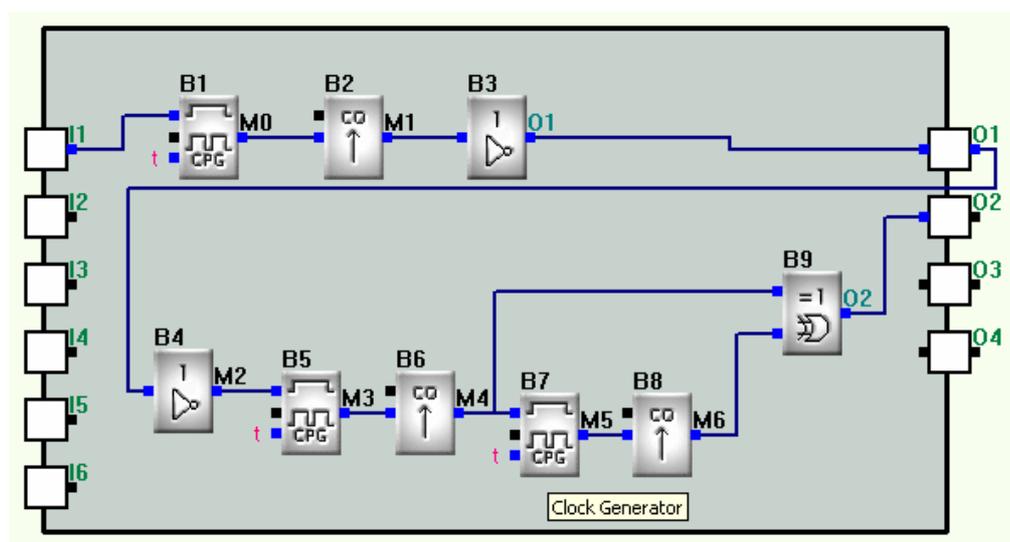
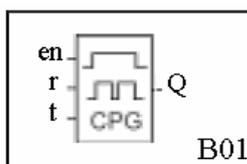


Figura. 6.24. Programa visualizado desde Quick II

Como existen pasos repetitivos o similares dentro de cada función, se explicará solo una vez dichos pasos. Por lo que se recomienda entender detenidamente lo que se está haciendo y aprenderse para las futuras programaciones.

15. Escoger la función CPG (Generador de pulsos) y presionar [OK]. Aparecerá la siguiente pantalla:

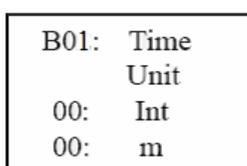


Ubicar el cursor con las teclas [▲] y [▼] en la entrada superior. Presionar la tecla [OK] y aparecerá la letra I. Con las teclas [▲] y [▼] puede cambiar entre las distintas opciones: I (Entrada), Q (Salida), H (High), L (Low), X (sin conexión) y M (Memory). Seleccionar la opción I y presionar [OK]. Aparecerá al lado derecho de la letra escogida un número, que en este caso es el número de entrada a la cual se quiere referir. Utilizar las teclas [+] y [-] para incrementar o decrementar este valor. Para este caso ingresar 1 y presionar [OK]. Ahora ya se ha ingresado en la primera entrada, la entrada física I1.

Nota: De la manera como se ingresó esta entrada se ingresarán todas entradas y salidas para las distintas funciones. No se puede dejar ninguna terminal sin conexión. Si se desea dejar sin conexión una terminal, existe la opción X.

Ingresar en la entrada de la mitad X.

Ubicarse en la entrada inferior y presionar [OK]. Aparecerá la siguiente pantalla:



Esta pantalla es la típica para ingresar un parámetro de tiempo. Colocar el cursor en la parte izquierda de Unit y presionar las teclas [+] y [-] hasta visualizar la palabra Sec y luego presionar [OK].

Luego mueva el cursor al lado izquierdo de Int y de igual manera presionar las teclas [+] y [-] hasta visualizar 1 y presionar [OK]. Los valores ingresados deben quedar de la siguiente manera:

B01:	Time
Sec	Unit
01:	Int
00:	m

Para confirmar los valores y salir de la pantalla presionar la tecla [ESC].

Nota: De esta manera se ingresarán todos los parámetros que tengan que ver con el tiempo.

Al presionar [ESC] se regresa a la pantalla de la función. Con las teclas [◀] y [▶], ubicar el cursor a la derecha de la función para ingresar la salida. De la manera ya aprendida ingresar la salida M00 y presionar [OK].

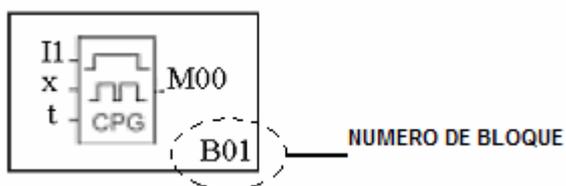
Los valores ingresados deben quedar de la siguiente manera:

Il		M00
x		
t		
		B01

Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

16. Este PLC tiene una desventaja al programar. Si se selecciona mal una función no puede regresar sin dejar de ingresar todas sus variables. No funciona la tecla [ESC] para retroceder (aparece un mensaje de error), así que cuando existe una equivocación, lo más sencillo es llenar las variables de entrada y salida con

cualquier valor. Es importante ver en la esquina inferior derecha, que número de bloque es la función.

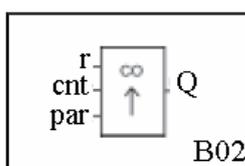


Una vez que ya se pueda regresar hacia atrás con la tecla [ESC], se debe borrar la función fallida. Dentro de las cuatro opciones de la opción EDITOR del Menú Principal existe la opción **Delete FB**. Al ingresar a esta opción aparecerá la siguiente pantalla.

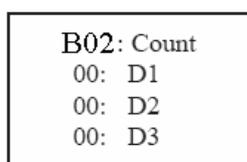


Ingresar el número de bloque que desea borrar y presionar [OK].

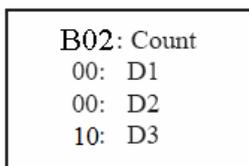
17. Escoger la función UCN (contador) y presionar [OK]. Aparecerá la siguiente pantalla.



Para ingresar el valor en la entrada inferior (par), situarse con el cursor en la misma y presionar [OK]. Aparecerá la siguiente pantalla:

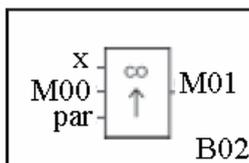


Ingresar el valor del contador, para éste caso 10, de tal manera que quede de la siguiente manera:



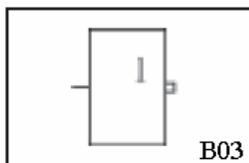
Recordemos que para incrementar un número debe situarse el cursor en el valor a incrementar y presionar las teclas [+] o [-]. Para confirmar el valor y salir presionar [ESC].

Ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:

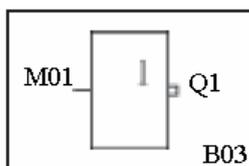


Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

18. Escoger la función NOT (negador) y presionar [OK]. Aparecerá la siguiente pantalla:

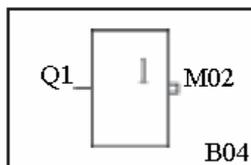


Ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:



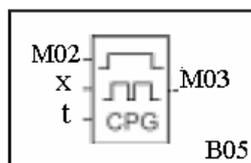
Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

19. Escoger la función NOT e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:

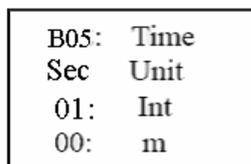


Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

20. Escoger la función CPG e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:

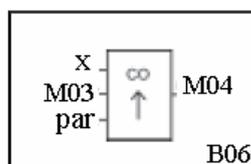


En el parámetro de tiempo de igual manera ingresar el valor de 1 sec:



Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

21. Escoger la función UCN e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:

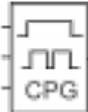


En el parámetro del contador ingresar el valor de 10:

B06 : Count
00: D1
00: D2
10: D3

Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

22. Escoger la función CPG e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:

M04		M05
x		
t		
	CPG	
		B07

En el parámetro de tiempo de igual manera ingresar el valor de 1 sec:

B07 : Time
Sec Unit
01: Int
00: m

Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

23. Escoger la función UCN e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:

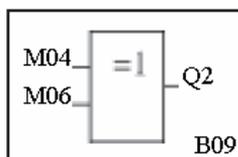
x		M06
M05		
par		
	UCN	
		B08

En el parámetro del contador ingresar el valor de 10:

B08 : Count
00: D1
00: D2
10: D3

Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

24. Escoger la función XOR e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:

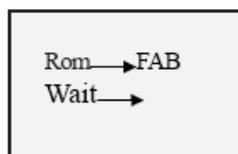


Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

25. Presionar dos veces más la tecla [ESC] para llegar a la pantalla principal del PLC:



Nota: Para verificar que el programa está bien ingresado se puede ir al Menú Principal de PLC y escoger la opción **FAB/Rom**. Dentro de esta opción escoger la opción **Rom → Fab** para poder leer lo que se ha grabado dentro del PLC y le aparecerá la siguiente pantalla:



Presionar la tecla [▶] por cada bloque que haya ingresado y visualice al mismo

26. Conectar el motor en configuración delta.

27. Encender la fuente de alimentación del VFD.

28. Dentro del grupo FU2 ingresar a la función H93 y seleccionar la opción “1” para restablecer los parámetros iniciales del VFD.
29. En el Menú Principal dentro de la función [0.00] ingresar el valor de 15 Hz.
30. Dentro de la función [drv] del Menú Principal seleccionar la opción 1 para poder trabajar con el bornero de control.
31. Seleccionar la opción RUN del PLC y presionar [OK].
32. El motor comenzará a girar a una frecuencia de 15Hz. Cerrar el switch de la entrada I1. El programa está diseñado para que cuando exista una señal en la entrada I1, el motor gire 20 segundos en sentido hacia adelante, se detenga durante 20 segundos y por último gire 20 segundos en sentido contrario antes de detenerse.

Segunda parte

33. Para la segunda parte de la práctica apagar la alimentación del VFD y del PLC.
34. Conectar las terminales de salida del PLC a las entradas del VFD como se muestra en la Figura 6.25:

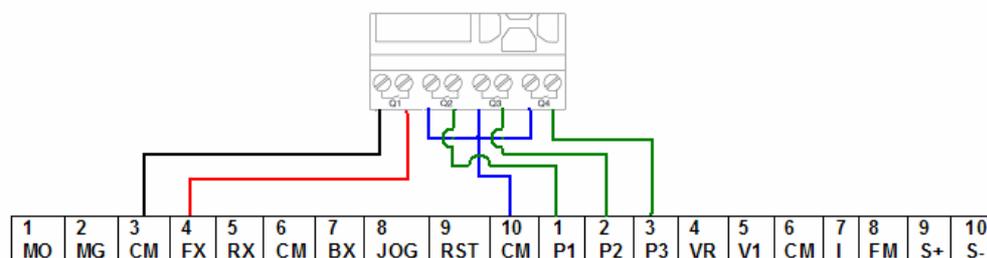


Figura. 6.25. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD

El siguiente programa sirve para poder seleccionar mediante la combinación de tres entradas, 8 distintas velocidades para el motor. El programa completo de esta segunda parte se muestra en la siguiente figura:

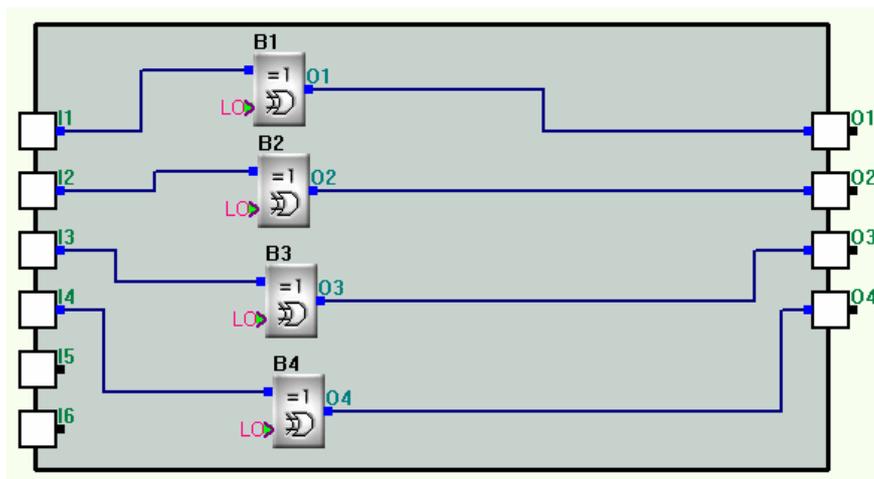
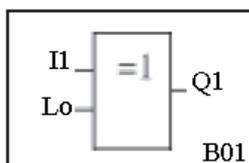


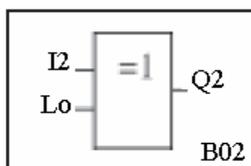
Figura. 6.26. Programa visualizado desde Quick II

35. Conectar la alimentación del PLC.
36. Como se aprendió anteriormente, ingresar al Menú Principal del PLC. (Recordamos que son los pasos del 11 al 15).
37. Seleccionar la opción EDITOR y luego escoger la opción CLEAR PRG para borrar el programa anterior.
38. Ingresar a la opción Edit Prg.
39. Escoger la función XOR e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:



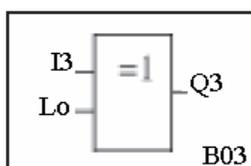
Para la segunda entrada solo se debe escoger la letra L (Low) y presionar [OK]. Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

40. Escoger la función XOR e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:



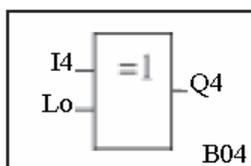
Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

41. Escoger la función XOR e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:



Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

42. Escoger la función XOR e ingresar los valores para que queden de la siguiente manera:



Presionar [ESC] para confirmar la función y salir de la misma.

Ahora se programará el VFD para que pueda aceptar los valores de las entradas I2, I3 e I4.

43. En el grupo IO escoger la función I12 [P1] y setear el valor de 0 [Velocidad Baja].
44. En la función I13 [P2] setear el valor de 1 [Velocidad Media].
45. En la función I14 [P3] setear el valor de 2 [Velocidad Alta].

Al programar los bornes P1, P2 y P3, el variador podrá funcionar a las frecuencias programadas en DRV-05 ~ DRV-07 y I/O-20 ~ I/O-24.

Las frecuencias programadas se determinan mediante la combinación de los bornes P1, P2 y P3 tal como se muestra en la siguiente tabla.

Frecuencia Programada	Código del parámetro	Speed-H (P3) Salida Q4	Speed-M (P2) Salida Q3	Speed-L (P1) Salida Q2
Frec. progr.-0	DRV-00	0	0	0
Frec. progr.-1	DRV-05	0	0	1
Frec. progr.-2	DRV-06	0	1	0
Frec. progr.-3	DRV-07	0	1	1
Frec. progr.-4	I/O-21	1	0	0
Frec. progr.-5	I/O-22	1	0	1
Frec. progr.-6	I/O-23	1	1	0
Frec. progr.-7	I/O-24	1	1	1

Tabla. 6.18. Frecuencia a setear para controlar distintas velocidades del motor

46. En el Menú Principal setear la función [0.00] en 20 Hz.
47. En la función DRV-05 [St1] setear el valor de 5 Hz.
48. En la función DRV-06 [St2] setear el valor de 15 Hz.
49. En la función DRV-07 [St3] setear el valor de 25 Hz.
50. En el grupo IO localizar la función I21 y setear el valor de 50 Hz.
51. En la función I22 setear el valor de 60 Hz.
52. En la función I23 setear el valor de 40 Hz.
53. En la función I24 setear el valor de 10 Hz.

54. En el menú principal del PLC escoger la opción RUN.
 55. Conmutar el switch de la entrada I1 para que gire el motor.
 56. Mediante la Tabla 6.18 se pueden conmutar los switch's de las entradas I2, I3 e I4 para pasar por las distintas frecuencia o velocidades del motor.
 57. Si se desea ver la frecuencia de salida en el VFD vaya a la función [0.00] del Menú Principal.
 58. Conmutar al estado original el switch de la entrada I1 para apagar el motor
 59. Desconectar todas las alimentaciones.
-

PRACTICA No. 6**CONTROL DE PRESIÓN****OBJETIVOS**

- Experimentar el funcionamiento de un sistema de control de presión en un oleoducto.
- Configurar las entradas y salidas tanto del PLC como del VFD para obtener los resultados requeridos.
- Conocer el método de como se pueda grabar un programa desde una PC al PLC, con la ayuda del software Quick II.

PROBLEMA

Una empresa petrolera necesita controlar la presión del crudo en su oleoducto, para que el mismo pueda llegar a su destino. Para ello cuenta con algunas estaciones de bombeo durante el trayecto. Cada estación tiene la misma dinámica de funcionamiento, solo cambia en pequeñas diferencias de acuerdo a las circunstancias o condiciones.



Figura. 6.27. Oleoducto de Alaska

En cada estación de bombeo se tiene una bomba motorizada que es controlada por un variador de velocidad. A su vez el variador recibe datos e instrucciones de otros

dispositivos como se ve en la figura 6.28. El funcionamiento del sistema de bombeo es el siguiente:

- Para poder impulsar a una determinada presión, el sistema cuenta con un Transductor (medidor) de presión, que mide la presión de salida del sistema. (dispositivo 5 de la figura 6.28)
- Ese valor de presión pasa al PIC (Controlador Indicador de Presión), que lleva el valor de presión a un valor predeterminado (Set Point). Es decir da la orden a la bomba para subir o elevar la presión de salida. (dispositivo 4 de la figura 6.28).
- Por el otro lado tenemos un circuito de emergencia. Primero se mide la presión de entrada con un Transductor de presión (dispositivo 1 de la figura 6.28).
- De igual manera este valor es llevado a un PIC (dispositivo 2 de la figura 6.28), que tiene un valor bajo de set point. El valor de presión medida es comparado con éste set point y si es menor el PIC da la orden de parar el sistema ya que es perjudicial para el mismo. Y si es mayor al set point continua el funcionamiento normal.
- Las dos señales de los PIC's deben ser siempre comparadas con un selector de bajas (dispositivo 3 de la figura 6.28). Este dispositivo como su nombre lo indica selecciona la señal más baja de las dos. Si la señal más baja fuese la del PIC de entrada el sistema se detendría, sino funcionaría normalmente.

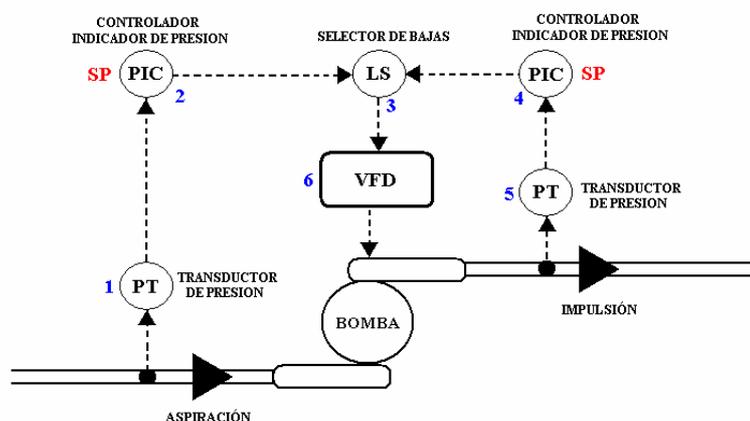


Figura. 6.28. Sistema que controla una estación de bombeo

Como se dijo anteriormente, las estaciones de bombeo son las mismas solo cambian en los Set Point. Por ejemplo existen estaciones antes de una subida. En este caso el SP del PIC de salida debe ser alto para que así la presión sea más alta para poder superar la subida.

También existen estaciones en las bajadas. En este caso el SP del PIC de salida debe ser bajo para que así la presión disminuya y no cause ningún desastre en el trayecto.

Para simular estas condiciones existe un panel de control:



Figura. 6.29. Panel de Control para la simulación

PROCEDIMIENTO

2. Conectar las entradas del PLC como se indica en la Figura 6.30:

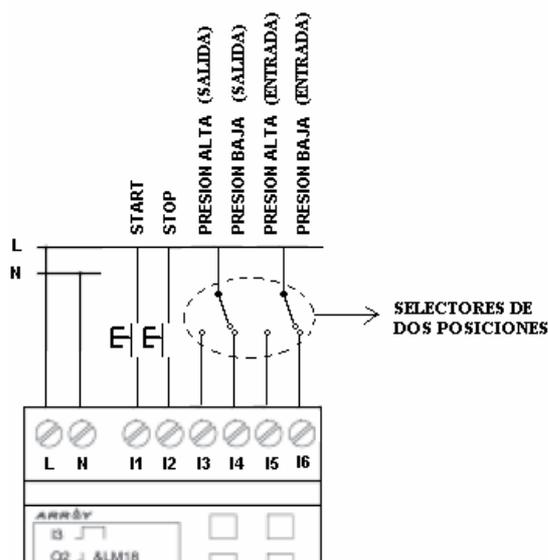


Figura. 6.30. Conexión de entradas al PLC

3. Conectar las salidas del PLC a los terminales de entrada del VFD como se indica en la Figura 6.31:

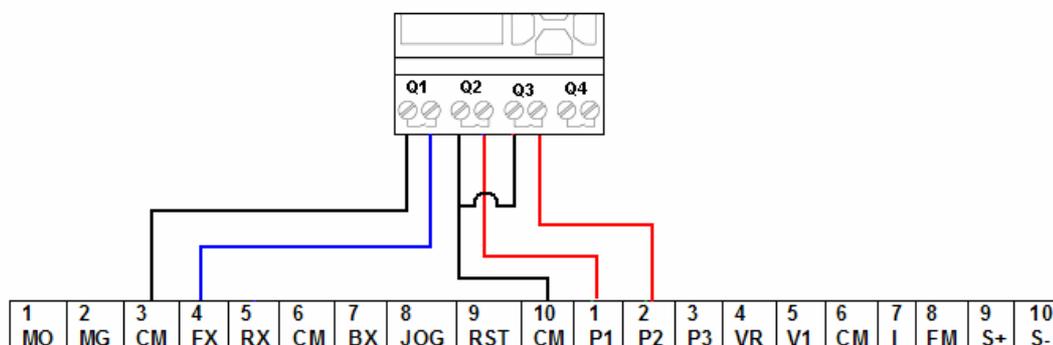


Figura. 6.31. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD

Programación del PLC

4. Para poder grabar dentro del PLC se debe ubicar en la pantalla de inicio del mismo, es decir se vea en el display del PLC la siguiente imagen:



Figura. 6.32. Pantalla inicial

5. Ahora dentro del software Quick II siga los siguientes pasos:
1. Conectar el cable serial a la PC.
 2. Abrir el software Quick II y descargar el archivo Controlpresion.fab en la PC. Como en cualquier opción de Windows desde el menú Archivo y la opción Open.
 3. Una vez visualizado el programa en la PC localizar la opción Com en la barra de Menús como se indica en la figura 6.33:

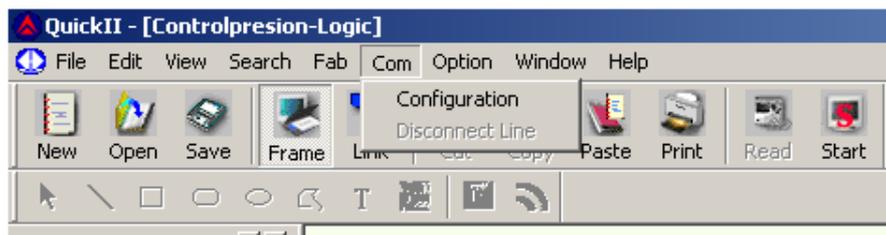


Figura. 6.33. Opción Com en la barra de Menús

4. Escoger la opción Configuration. Aparecerá la siguiente ventana:

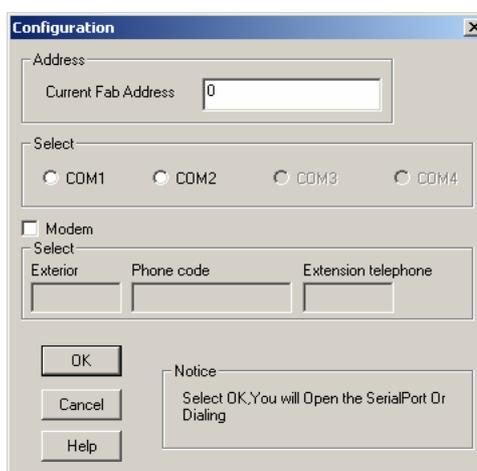


Figura. 6.34. Ventana para configurar el puerto a utilizar para la comunicación

5. Para ingresar Current Fab Address hay que tomar en cuenta que un PC puede conectarse hasta con 255 FABs. Se debe poner la dirección respectiva para cada FAB. El rango de dirección es 000~254. Por lo tanto se deberá poner cero ya que sólo se está trabajando con un FAB.
6. Escoger la opción COM1 o la que en su PC esté configurada y presionar OK
7. Localizar la opción Fab en la barra de Menús como se indica en la figura 6.35:

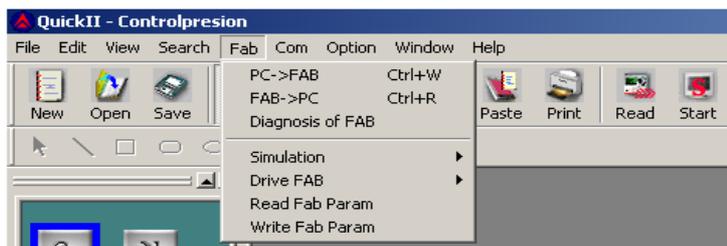


Figura. 6.35. Opción Fab en la barra de Menús

Nota: Se debe recordar el literal 3 para grabar el PLC.

8. Escoger la opción PC->FAB y aparecerá la siguiente ventana:

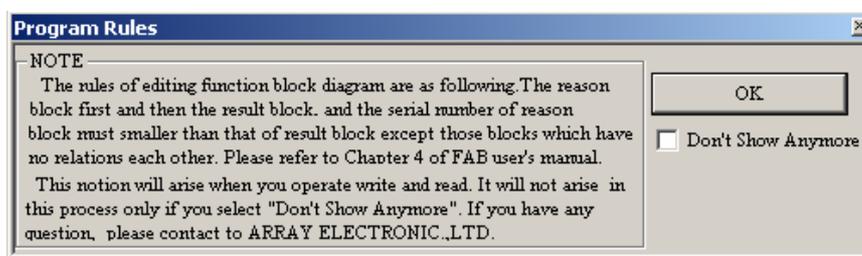


Figura. 6.36. Ventana para indicación de reglas

9. Al presionar OK aparecerá la siguiente ventana:



Figura. 6.37. Ventana para el ingreso de clave

10. Ingresar la clave 0001 y presionar OK.
11. Finalmente aparecerá la siguiente ventana que indica que el programa está siendo grabado.

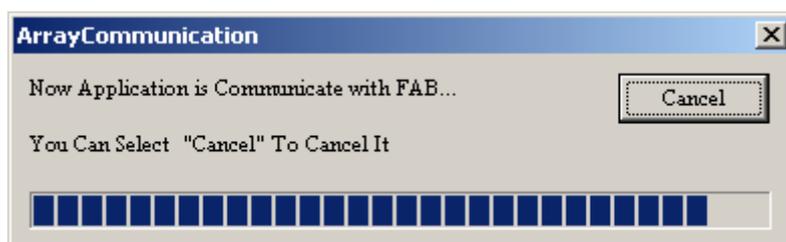


Figura. 6.38. Ventana para confirmar que el programa se está grabando

6. El PLC ahora es manejado desde la PC pero como se desea manipularlo manualmente debe desconectarse la alimentación monofásica del PLC (Línea y neutro) y luego volverla a conectar.
7. Conectar el motor en configuración delta.
8. Dentro del grupo FU2 ingresar a la función H93 y seleccionar la opción “1” para restablecer los parámetros iniciales del VFD.
9. Dentro de la función [drv] del Menú Principal seleccionar la opción 1 para poder trabajar con el bornero de control.
10. En el grupo IO escoger la función I12 [P1] y setear el valor de 0 [Velocidad Baja].
11. En la función I13 [P2] setear el valor de 1 [Velocidad Media].

Las frecuencias programadas se determinan mediante la combinación de los bornes P1y P2. En éste caso solo se necesitan las opciones 10 y 01.

Función	Frecuencia Programada	Speed-M (P2)	Speed-L (P1)
[St1] Menú Principal	15 Hz	0	1
[St2] Menú Principal	30 Hz	1	0

Tabla. 6.19. Frecuencia a ingresar para la simulación

-
12. Correr el programa dentro del PLC escogiendo la opción RUN dentro del Menú Principal del mismo.
 13. Antes de presionar START ver que la presión alta de entrada esté seleccionada en el selector de 2 posiciones, ya que si no lo está no se prenderá el sistema. Esto es porque como se dijo en las condiciones del problema, si existe presión baja a la entrada la bomba no puede aspirar el crudo y la misma tiende a cabecear, por tanto no se puede prender el sistema ya que es peligroso.
 14. Una vez que el sistema esté encendido ver que al seleccionar la presión baja de salida, el motor de la bomba aumenta la velocidad para alcanzar al Set Point. Y cuando se selecciona la presión alta de salida, el motor de la bomba disminuye la velocidad para llegar al Set Point.
 15. Así se puede simular los cambios de presión a la salida y ver que el controlador aumenta o disminuya la velocidad del motor para tener una presión de salida óptima.
 16. Al escoger con el otro seleccionador una presión baja de entrada o presionar STOP, se detiene el sistema.
 17. Desconectar todas las alimentaciones.
-

Explicación del programa:

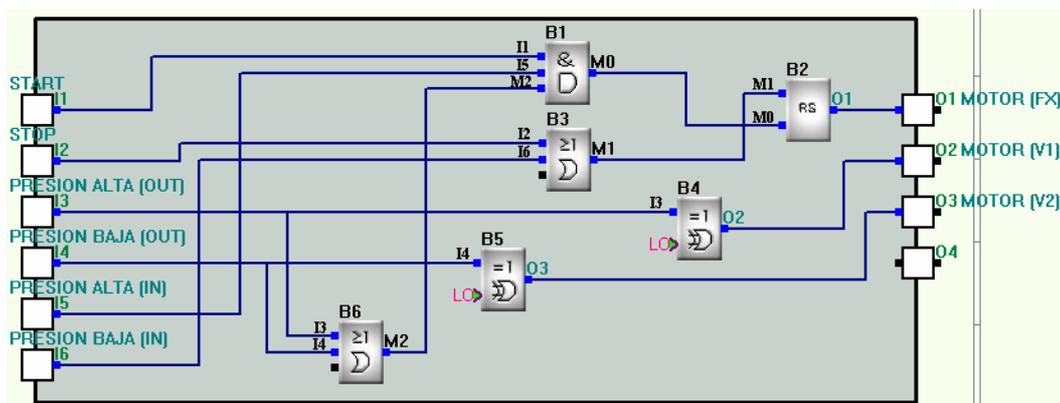


Figura. 6.39. Programa en Quick II

- Para poder encender el sistema debemos cumplir la condición que esté seleccionada cualquier presión de salida y la presión alta de entrada y presionar el botón START. Por eso se utilizó la función AND (bloque 1).

Al decir cualquier presión de salida nos referimos a la una o la otra. Por eso se utilizó la función OR (bloque 6)

- Para apagar el sistema se lo puede hacer al presionar STOP o al tener la presencia de presión baja de entrada. Por eso se utilizó la función OR (bloque 3)
- Las dos condiciones anteriores sirven para enclavar y desenclavar respectivamente el sistema. Por eso se utilizó la función RS (bloque 2).
- Al existir una señal de presión alta de salida el VFD debe bajar la velocidad del motor. Por eso esta señal se conecta directamente a la entrada de velocidad baja del VFD con una función XOR (bloque 4).
- De igual manera, al existir una señal de presión baja de salida el VFD debe subir la velocidad del motor. Por eso esta señal se conecta directamente a la entrada de velocidad media del VFD con una función XOR (bloque 5).

PRACTICA No. 7**BANDA TRANSPORTADORA****OBJETIVOS**

- Controlar un sistema de una Banda Transportadora bajo ciertas condiciones.
- Configurar las entradas de control del VFD y programar el PLC para satisfacer las necesidades de la industria.
- Experimentar más utilidades del bornero de control

PROBLEMA

Se desea controlar una banda transportadora que funciona en una industria de alimentos enlatados. El dueño de dicha empresa nos plantea las siguientes condiciones:

- La banda deberá tener dos velocidades de funcionamiento.
 - Un sensor externo contará el número de latas que pasan por la banda transportadora. Se necesitan llenar cajas con 50 latas, una vez que el sensor cuente las 50, la banda se detendrá durante un instante (1 minuto) para poder quitar la caja llena y poner una vacía.
 - En caso de emergencia o de falla existirá un botón de STOP que detenga la operación.
 - De igual manera cuando exista un error al escoger las dos velocidades al mismo tiempo se detendrá el sistema ya que se entenderá como una falla.
 - Existirá también un botón de START que inicia el sistema y que también sirve para reiniciar la operación una vez que ya se haya corregido el fallo.
 - Es importante mencionar que en el instante que se restablezca el funcionamiento después de una falla, el sistema debe seguir contando con el número de lata en que se quedó antes de la falla.
-

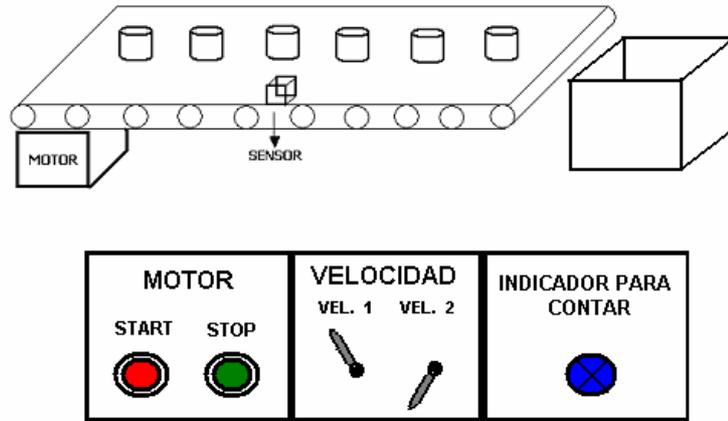


Figura. 6.40. Sistema de una Banda Transportadora de alimentos

PROCEDIMIENTO

18. Conectar las entradas del PLC como se indica en la Figura 6.41:

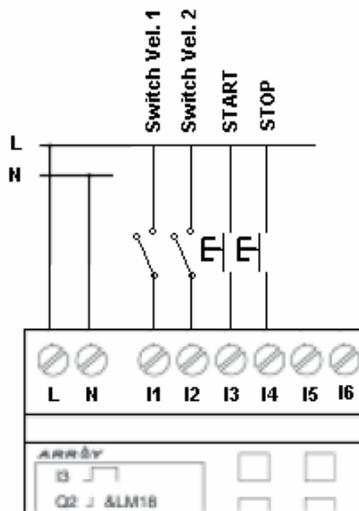


Figura. 6.41. Conexión de entradas

19. Conectar las salidas del PLC a los terminales de entrada del VFD como se indica en la Figura 6.42:

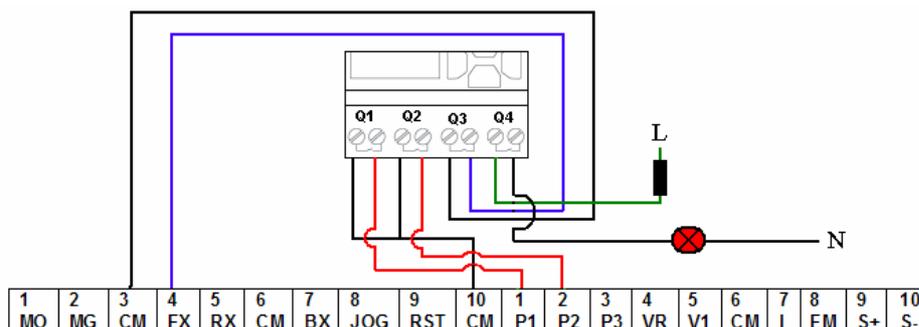


Figura. 6.42. Conexión de salidas

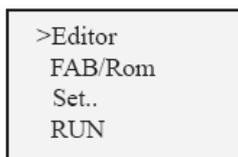
20. Encender la alimentación del PLC y grabar el programa BandaTransportadora.fab en el PLC.
21. Conectar el motor en configuración delta.
22. Dentro del grupo FU2 ingresar a la función H93 y seleccionar la opción “1” para restablecer los parámetros iniciales del VFD.
23. Dentro de la función [drv] del Menú Principal seleccionar la opción 1 para poder trabajar con el bornero de control.
24. En el grupo IO escoger la función I12 [P1] y setear el valor de 0 [Velocidad Baja].
25. En la función I13 [P2] setear el valor de 1 [Velocidad Media].

Las frecuencias programadas se determinan mediante la combinación de los bornes P1y P2. En éste caso solo se necesitan las opciones 10 y 01.

Función	Frecuencia Programada	Speed-M (P2)	Speed-L (P1)
[St1] Menú Principal	15 Hz	0	1
[St2] Menú Principal	30 Hz	1	0

Tabla. 6.20. Frecuencias a ingresar para la simulación

26. Vaya al menú principal del PLC:



27. Seleccionar la opción RUN y presionar [OK].
 28. Escoger una opción de velocidad conmutando uno de los switch's respectivos. Se recuerda que solo un switch a la vez debe ser conmutado.
 29. Presionar el botón de START para que comience a girar el motor a la velocidad escogida. Si no existiera una velocidad escogida, el botón de START no encenderá el sistema.
 30. En ese instante comienza la simulación del conteo. Esto se puede visualizar ya que existe una luz piloto en el panel que parpadea simulando el paso de las 50 latas por la banda transportadora.
 31. Se puede presionar el botón de STOP y el sistema se detiene. Cuando se presione START de nuevo el sistema continúa la cuenta desde el último número en que se quedó.
 32. Al llegar a 50 latas, el sistema se detiene por 1 minuto para que se pueda cambiar la caja llena por una vacía. Luego de eso continua una nueva cuenta.
 33. Se recuerda que se puede presionar STOP en cualquier instante y setear con los switch's otra velocidad.
- Nota:** Si al estar el sistema encendido, se seleccionan las dos velocidades a la vez, el mismo se detendrá. Esta condición significa que el seleccionador de velocidad está fallando.
34. Desconectar todas las alimentaciones.
-

Explicación del programa:

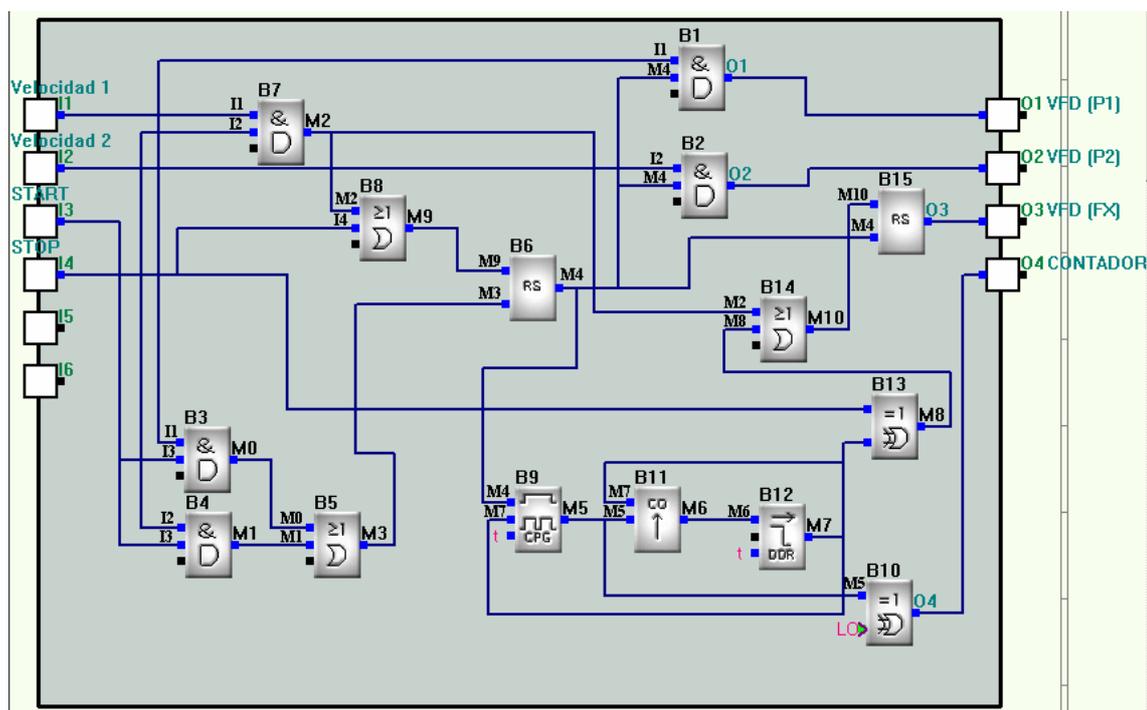


Figura. 6.43. Programa en Quick II

- Para setear las dos velocidades se tienen dos switch's (S1 y S2) que serán conectados a las entradas I1 e I2 del PLC. Es decir si se conmuta S1 el motor de la banda transportadora estará girando a una velocidad 1. Para cambiar a una velocidad 2, se tendrá que volver al estado inicial S1 y conmutar S2. Si se da el caso que dos estén conmutados al mismo tiempo, el motor se detendrá.

Para conseguir esto se utilizó una compuerta AND para cada entrada de los switch's. Así en la función AND (bloque 1) se validó la entrada de S1 y de la señal de encendido que viene del bloque 6 que ya será explicado posteriormente. De igual manera para la función AND (bloque 2) solo que con la entrada de S2 y la señal de encendido.

- Para encender el sistema se utilizó la función RS (bloque 6) que nos permite enclavar al mismo mediante el pulso de un botón (START) y desenclavarlo o apagarlo mediante otro pulso (STOP).

Pero se tienen condiciones que cumplir para encender y apagar el sistema, por eso se debe trabajar antes con las señales de los botones START y STOP.

- Primero para encender se necesita la señal de S1 y de START (función AND, bloque 3) o la señal de S2 y de START (función AND, bloque 4). Como se dice es la combinación de las unas señales o de las otras, así que utilizó una función OR (bloque 5). Esta configuración también nos ayuda para solo encender cuando existe una señal de velocidad, es decir si se presionara START sin haber seleccionado ninguna velocidad, el motor no gira.
- Se puede apagar cuando existe al mismo tiempo las señales de los dos switch's: S1 y S2 (función AND, bloque 7) o la señal de STOP (función OR, bloque 8).

Así que ya se tiene las señales para encender (salida de bloque 5) y la de apagar (salida de bloque 8)

- Una vez que ya se tiene la señal de encendido se procede a simular el paso de las 50 latas. Esto se logra con la función **CPG** que genera un tren de pulsos. En esta función el tiempo en alto y bajo es el mismo así que se setea en un valor de 1. Cada tiempo en alto será una lata que pasa y el tiempo en bajo es el tiempo entre cada lata. Este es el bloque B9 de la figura 6.43.
 - El bloque 10 (función OR) solo nos sirve para pasar la misma señal al contador visual (LUZ piloto que nos permite contar físicamente las 50 latas)
 - Ahora se debe contar las 50 latas así que se utilizó la función **UCN**, que es un contador creciente. Este contador cuenta los flancos ascendentes de un tren de pulsos. Se la configura para llegar hasta un valor de 51, ya que así contará las 50 latas. Al llegar a este valor se activa la salida. Este es el bloque B11 de la figura 6.43.
-

-
- Una vez que se completan las 50 latas, el dueño condicionó que desea un minuto de detención para poder cambiar la caja llena por una vacía. Así que se utilizó la función **DDR** para conseguir este objetivo. Esta función deja transcurrir un tiempo antes de activar la señal de salida. En este caso después de 1 minuto se activará la salida que nos sirve para resetear el generador de pulsos (CPG) y el contador (UCN). Este es el bloque B12 de la figura 6.43.

 - Una vez que ya haya transcurrido el tiempo de espera para cambiar la caja llena por una vacía se da la señal para continuar el conteo desde 0. Así que a la señal de salida del DDR se la valida con la señal de STOP dentro de una compuerta **XOR**. Este es el bloque B13 de la figura 6.43.

 - La señal de salida de la XOR sirve para detener el sistema mientras se cambia de caja. Pero también se puede detener cuando existe un fallo de los switch de velocidad, así que con una función OR (bloque 14) conseguimos detener el sistema con la señal de cambio de caja **o** con el fallo de los dos switch's de velocidad encendidos.

 - Para finalizar la señal de salida de la OR se la valida dentro de la función **RS** con la señal de salida de la primera compuerta RS. Esto se hace ya que el botón de START tiene prioridad ante todo. Este es el bloque B15 de la figura 6.43.
-

PRACTICA No. 8**CONTROL DEL SISTEMA MEZCLADOR DE LIQUIDOS****OBJETIVOS**

- Simular un sistema mezclador con la ayuda del módulo INDUSTRIAL MIXING PROCESS SIMULATOR (UNIT SIM - 115), para tener una visión más real del proceso.
- Satisfacer las necesidades del problema planteado, por medio de la programación del PLC.

PROBLEMA

Se requiere controlar un sistema mezclador de líquidos de una Industria Química de la siguiente manera:

- Se vierten dos tipos de líquidos diferentes procedentes de dos depósitos (A y B), los cuales tienen sus respectivas válvulas (SA y SB).
 - La altura mínima del nivel de líquido en el depósito principal está controlada por un flotador con un interruptor eléctrico (FSL).
 - La altura máxima del nivel de líquido en el depósito principal, está controlada por un flotador con un interruptor eléctrico (FSH).
 - Existe un botón de START para comenzar el funcionamiento del proceso y uno de STOP para detener el mismo. Una vez que se presione el botón de START, las válvulas SA y SB se abrirán es decir los focos indicadores se prenderán.
-

- El depósito principal comienza el proceso completamente vacío. El proceso de llenado se simulará con la conmutación de los switch's FSL y FSH. Una vez que se ha llenado el depósito el flotador envía una señal e inmediatamente se cierra las válvulas de los dos depósitos.
- Una vez que están cerradas las válvulas empieza el proceso de mezcla, es decir el motor comienza a girar durante un instante simulando el proceso de mezclado.
- Cuando se ha acabado este proceso se vacía el contenido por medio de una bomba de descarga que está conectada directamente a otro depósito. El encendido del motor de la bomba, se simula con una indicación visual (luz piloto), que se prende simulando el funcionamiento de la bomba.
- El funcionamiento de la bomba se detiene cuando el líquido del depósito alcanza la altura mínima del flotador inferior FSL y el proceso se repite de forma continua.

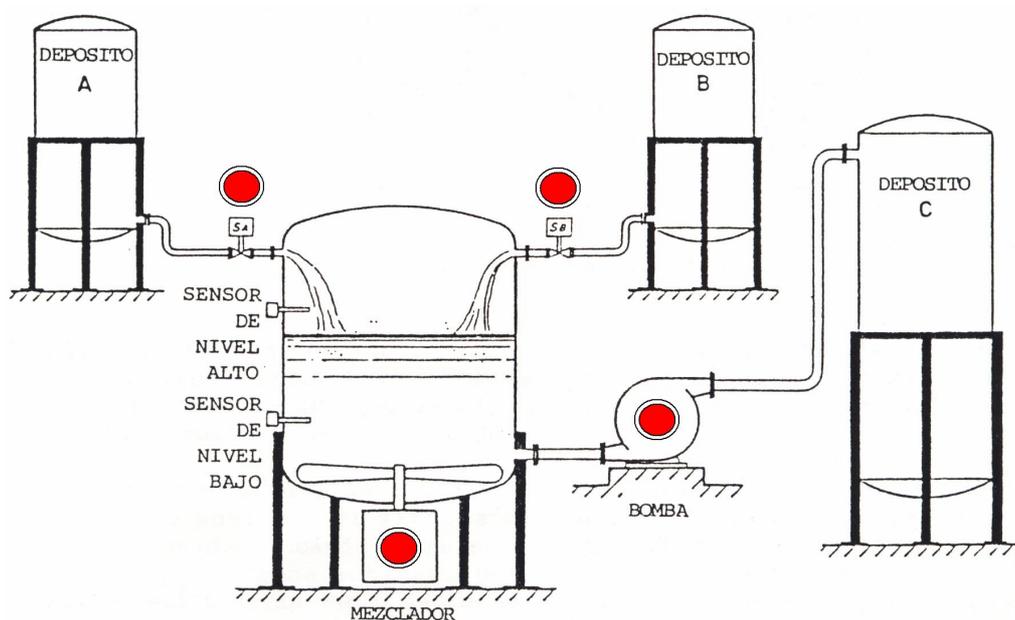


Figura. 6.44. Módulo Industrial Mixing Process Simulator (Unit SIM - 115)

PROCEDIMIENTO

1. Conectar las entradas del PLC a los terminales del simulador de proceso de mezcla industrial de la siguiente manera:

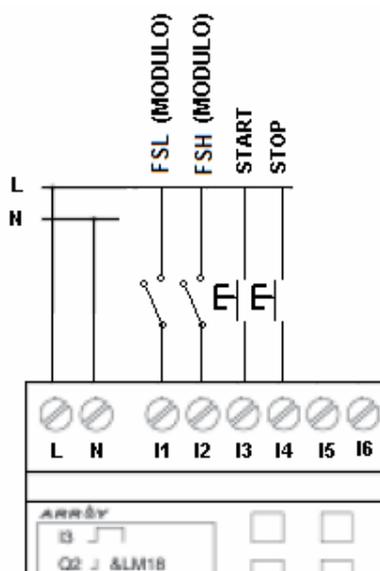


Figura. 6.45. Conexión de entradas del PLC

2. Conectar las salidas del PLC a los terminales de entrada del VFD como se indica en la Figura 6.46:

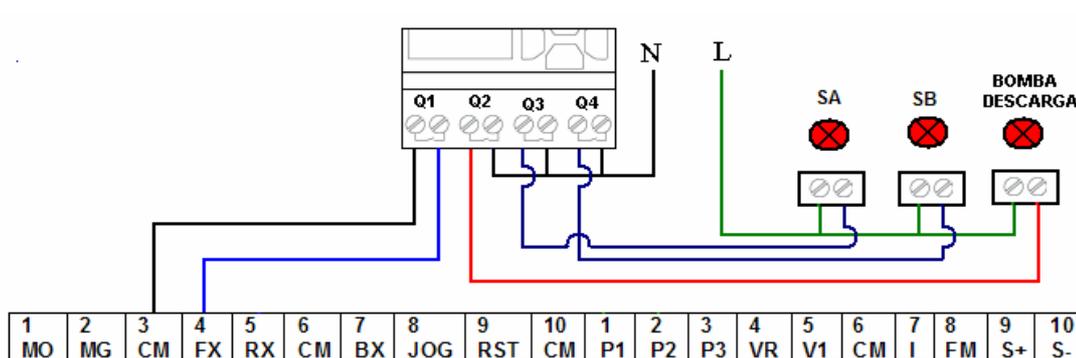


Figura. 6.46. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD y del Simulador

3. Encender la alimentación del PLC y grabar el programa Mezclador.fab en el PLC.
4. Conectar el motor en configuración delta.

-
5. Dentro del grupo FU2 ingresar a la función H93 y seleccionar la opción “1” para restablecer los parámetros iniciales del VFD.
 6. En el Menú Principal dentro de la función [0.00] ingresar el valor de 15 Hz.
 7. Dentro de la función [drv] del Menú Principal seleccionar la opción 1 para poder trabajar con el bornero de control.
 8. Correr el programa dentro del PLC escogiendo la opción RUN dentro del Menú Principal del mismo.
 9. Presione START para iniciar el proceso tomando en cuenta que los switch's FSL y FSH estén en su estado original (ABAJO). Al presionar START se encienden los indicadores (SA y SB), que nos dicen que las válvulas están abiertas.
 10. Conmutar primero el switch FSL y luego el FSH para simular la llenada del depósito principal.

Nota: Es importante recordar que para simular la llenada del tanque se debe seguir la secuencia mencionada: primero el switch FSL y luego el switch FSH.
 11. Una vez que se haya pasado por los dos niveles del depósito, se cierran las válvulas (se apagan los indicadores SA y SB) y comienza el proceso de mezclado (simulado por el motor). Este proceso dura algunos segundos y luego continua el proceso de descarga de la mezcla. Luego simulamos que el tanque comienza a vaciarse primero volviendo al estado original el switch FSH luego el switch FSL. Este último switch nos da la señal que apaga la bomba de descarga. Este ciclo desde el paso 10 se puede volver a repetir.
 12. Cabe recalcar que en cualquier instante se puede presionar el botón de STOP y detener el proceso. Al presionar de nuevo START, el proceso continuará en el lugar en el que se quedó.
 13. Desconectar las alimentaciones del VFD y PLC.
-

Explicación del programa:

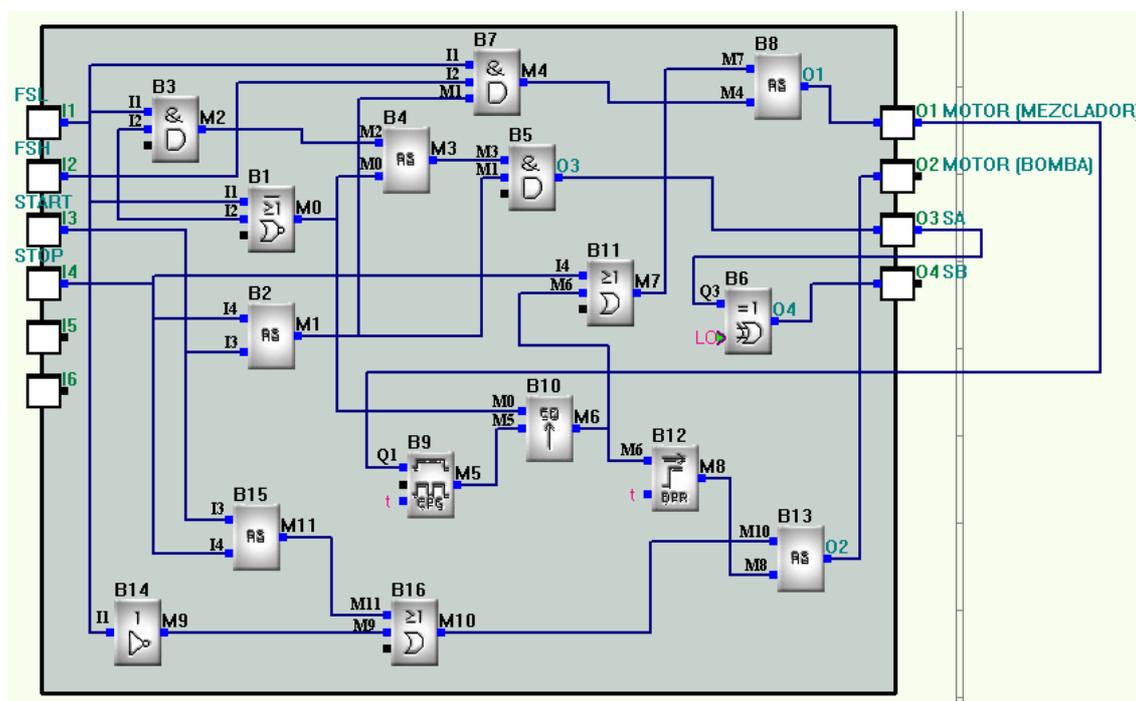


Figura. 6.47. Programa en Quick II

- El proceso debe ser enclavado al presionar START y desenclavado con STOP. Esto se consigue con la función RS (bloque 2).
- El proceso debe encenderse siempre y cuando los switch's (indicadores de nivel) estén abajo, es decir el tanque esté vacío. La función NOR (bloque 1) nos indica si los dos switch's están apagados. Es necesario enclavar esta condición por eso se utiliza una función RS (bloque 4). Para desenclavarla se utiliza la condición de los dos indicadores de nivel encendidos, función AND (bloque 3)
- El proceso se enciende si los dos switch's están apagados y existe señal de START (función AND, bloque 5).
- La función XOR (bloque 6) pasa directamente la señal de la salida Q3 a la salida Q4 para así encender simultáneamente las dos válvulas (SA y SB).

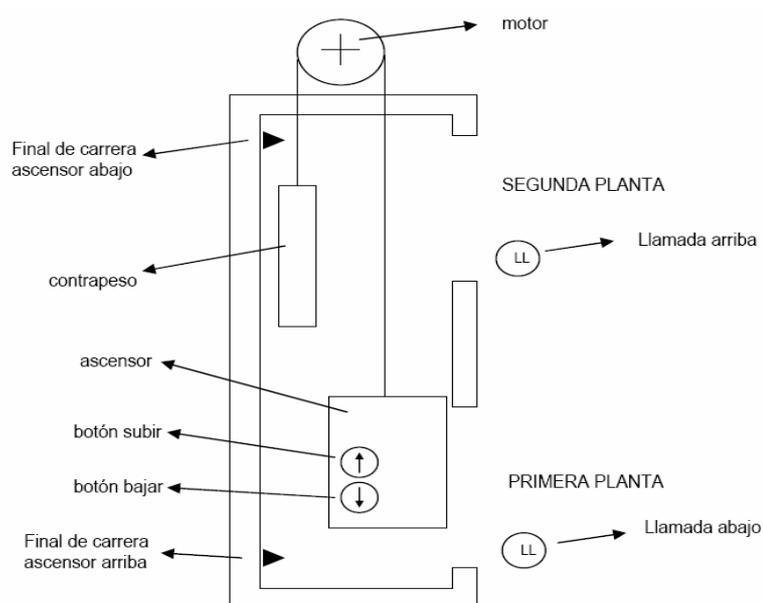
-
- Solo si los dos switch's se prenden, es decir el tanque está lleno, se encenderá el motor de mezclador. Esto se consigue con la función AND (bloque 7).
 - Como se explico este motor debe apagarse después de algún tiempo. Así que se utilizó la función RS (bloque 8) para enclavar el motor con la condición anterior y desenclavarlo cuando haya transcurrido un tiempo.
 - El tiempo de encendido se lo consigue con un generador de pulsos (función CPG, bloque 9) y un contador (función UCN, bloque 10).
 - Algo importante es que se puede desenclavar cuando ya haya transcurrido el tiempo o con el botón de STOP (función OR, bloque 11).
 - Una vez que se apague el motor del mezclador se espera un instante función DPR (bloque 12) para poder encender la bomba de descarga.
 - De igual manera la señal anterior sirve para enclavar a la bomba de descarga, así que se utilizó la función RS (bloque 13).
 - Esta bomba se puede desenclavar de dos modos, con el botón de STOP (función RS, bloque 15) o con la señal (FSL) de nivel bajo del tanque (función NOT, bloque 14). Como vemos es con la una o la otra así que utilizo una función OR (bloque 16).
-

PRACTICA No. 9**CONTROL DE UN ASCENSOR INDUSTRIAL****OBJETIVOS**

- Simular un ascensor industrial o montacargas para una mejor familiarización con este equipo.
- Utilizar las diferentes funciones que ofrece el VFD para un control de aceleración rápido y desaceleración suave.
- Programar el PLC de tal manera que cumpla con los requerimientos expuestos posteriormente.

PROBLEMA

Se tiene un ascensor en una industria maderera, la cual requiere movilizarlo en dos pisos (primera planta y segunda planta). Para realizar el control de este ascensor se va a manejar el siguiente esquema:

**Figura. 6.48. Funcionamiento Ascensor**

El programa de control debe cumplir las siguientes condiciones:

- El ascensor permanecerá en el piso donde hizo su última parada hasta una nueva llamada.
- Cuando el ascensor esté en la primera planta y el usuario presione el llamado abajo o el botón bajar, el ascensor permanecerá en la primera planta.
- Cuando el ascensor esté en la segunda planta y el usuario presione el llamado arriba o el botón subir, el ascensor permanecerá en la segunda planta.
- Si el ascensor está en la primera planta y se pulsa la llamada del piso de arriba o botón subir el motor deberá girar en un sentido (FWD).
- Si el ascensor está en la segunda planta y se pulsa la llamada del piso de abajo o botón bajar el motor deberá girar en sentido contrario (RW).
- Cuando se active el final de carrera de ascensor abajo o arriba, el ascensor se deberá detener totalmente, es decir, el motor totalmente parado.
- Existirá unas luces indicadoras para saber en que piso se encuentra el ascensor.

Es decir un funcionamiento lógico y normal de un ascensor. Para simular el funcionamiento del ascensor se tiene el siguiente panel de control:



Figura. 6.49. Panel de Control para la simulación

PROCEDIMIENTO

14. Conectar las entradas del PLC de la siguiente manera:

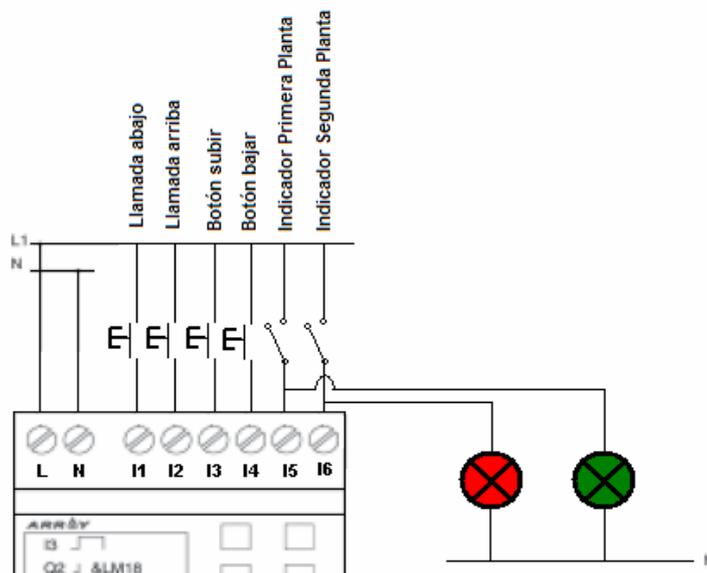


Figura. 6.50. Conexión de entradas al PLC

15. Conectar las salidas del PLC a los terminales de entrada del VFD como se indica en la Figura 6.51:

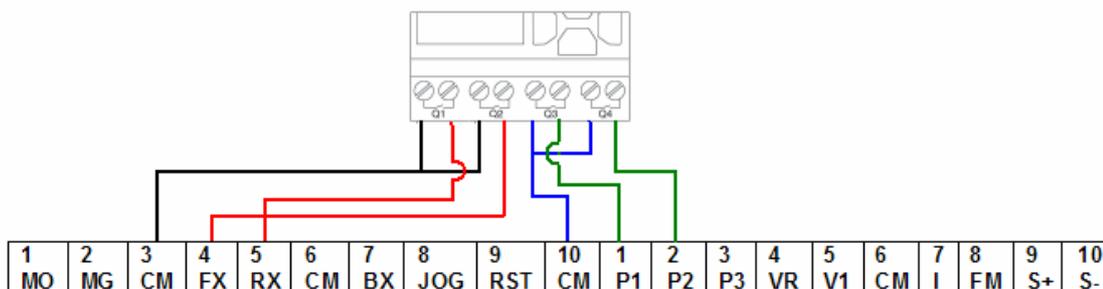


Figura. 6.51. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD

16. Encender la alimentación del PLC y grabar el programa Ascensor.fab en el PLC.

17. Conectar el motor en configuración delta.

18. Dentro del grupo FU2 ingresar a la función H93 y seleccionar la opción "1" para restablecer los parámetros iniciales del VFD.

-
19. Dentro de la función [**drv**] del Menú Principal seleccionar la opción 1 para poder trabajar con el bornero de control.
 20. En el grupo IO escoger la función I12 [P1] y setear el valor de 10 [Up].
 21. En la función I13 [P2] setear el valor de 11 [Down].
 22. Correr el programa dentro del PLC escogiendo la opción RUN dentro del Menú Principal del mismo.
 23. Comenzar conmutado uno de los switch's para simular que el ascensor esta en un determinado piso. Conmute el switch del primer piso (switch entrada I5).
 24. Si se presiona el botón de llamada del primer piso no debe pasar nada como se explicó en las condiciones. Pero si se presiona el botón de llamada del segundo piso, el motor simulará la subida hacia ese piso.
 25. Mientras se mueve el motor, volver al estado original el switch conmutado ya que el ascensor ya no se encuentra en ese piso.
- Nota:** El motor gira hasta llegar a una velocidad constante y luego baja su velocidad, acción que indica que ya esta por llegar al piso deseado.
26. Una vez que el motor este girando lentamente (acción que indica que el ascensor esta a punto de llegar al piso indicado), conmute el otro switch (switch segundo piso, entrada I6) para detener completamente el motor. Al conmutar este switch significa que el ascensor ya está localizado en el piso deseado.
 27. Imaginar que se abren las puertas, la gente ingresa al ascensor y se presiona el botón de BAJAR.

Nota: De igual manera, si estamos en el segundo piso y se presiona el botón SUBIR, no debe moverse el motor.

28. El motor comienza a girar en sentido contrario. Volver al estado original el switch conmutado ya que el ascensor ya no se encuentra en ese piso y después que el motor este girando lentamente (acción que indica que el ascensor ya llega al piso deseado) conmute el otro switch para detener el motor.
29. Y así se puede seguir simulando el funcionamiento del ascensor.
30. Desconectar todas las alimentaciones.

Explicación del programa:

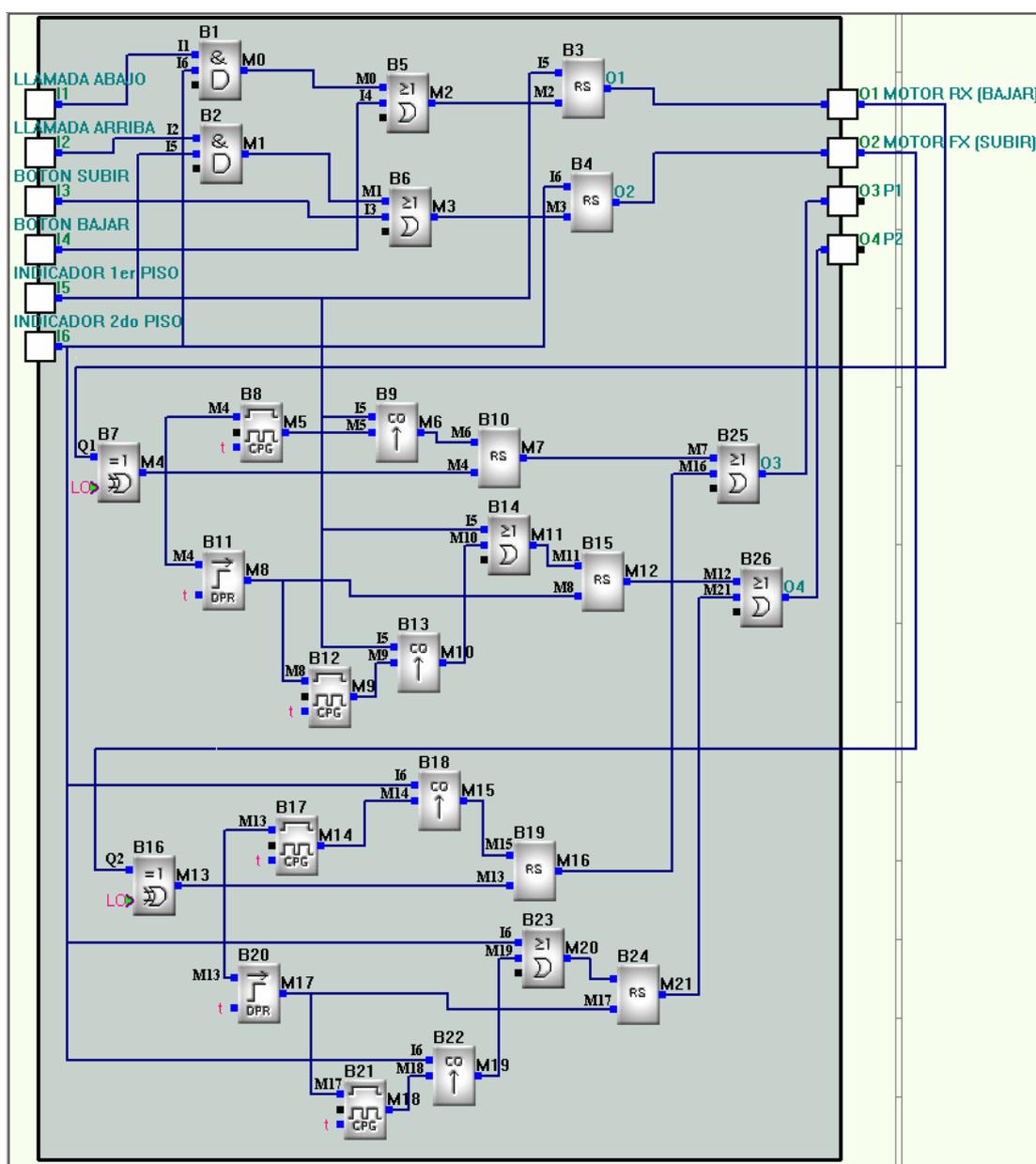


Figura. 6.52. Programa en Quick II

El programa esta dividido en tres bloques:

- El que controla el movimiento del ascensor mediante los botones de llamadas en cada piso y del botón SUBIR y botón BAJAR. (En la figura 6.52 son los bloques B1 al B6).
- El que controla los tiempos para la aceleración y desaceleración del motor del ascensor mientras se baja. (En la figura 6.52 son los bloques B7 al B15).
- El que controla los tiempos para la aceleración y desaceleración del motor del ascensor mientras se sube. (En la figura 6.52 son los bloques B16 al B24).

PRIMER BLOQUE:

- Como se ha visto para enclavar una señal se utiliza la función RS. En este caso queremos enclavar la señal para bajar (función RS, bloque 3). Pero para enclavar esta señal debe cumplirse que el ascensor esté en el segundo piso y exista llamada hacia abajo (función AND, bloque 1). Además puede bajar con ésta combinación de señales **o** al presionar el botón BAJAR (función OR, bloque 5). Así conseguimos que el motor gire en un sentido para bajar.
- Ahora se debe enclavar la señal para subir (función RS, bloque 4). Pero para enclavar esta señal debe cumplirse que el ascensor esté en el primer piso y exista llamada hacia arriba (función AND, bloque 2). Además puede subir con ésta combinación de señales **o** al presionar el botón SUBIR (función OR, bloque 6). Así conseguimos que el motor gire en otro sentido para subir.

SEGUNDO Y TERCER BLOQUE:

La programación para los tiempos de aceleración y desaceleración para subir o bajar son las mismas, así que solo se explicará una de ellas. (En caso de bajar).

- Una vez que exista la señal de que el motor esta subiendo o bajando, se debe cumplir las siguiente grafica de tiempos:
-

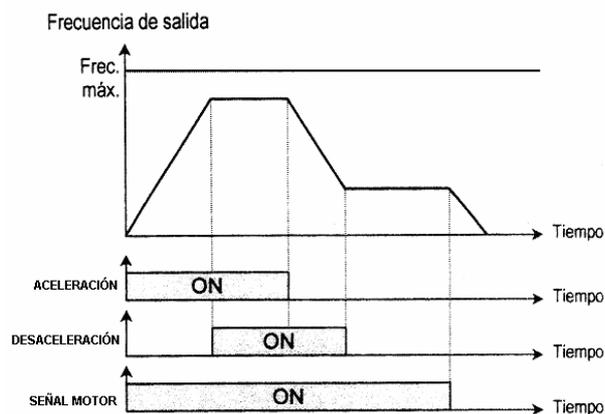


Figura. 6.53. Funcionamiento con aceleración rápida y desaceleración suave

En el instante que exista señal del motor comienza el tiempo de aceleración, es decir el motor comienza a acelerar. En el instante en que exista señal de desaceleración el motor deja de acelerar y permanece en velocidad constante. Cuando ya no exista señal de aceleración y todavía exista señal de desaceleración comienza a desacelerar el motor. Una vez que ya no exista señal de desaceleración, el motor se queda con velocidad constante muy baja. Así se consigue que el motor frene suavemente. Y por último una vez que ya no exista señal del motor el ascensor parará completamente.

Así se puede conseguir el funcionamiento de un ascensor que acelera durante la primera mitad de trayecto de subida o bajada y desacelera en la otra mitad hasta llegar a una velocidad baja un instante antes de llegar. Y cuando ya llega a situarse en el piso indicado se detiene sin causar daño a las personas que están dentro.

- Como dijimos todo comienza con la señal del motor. Así que pasamos esa señal de salida para ser utilizada en la programación con una función XOR (bloque 7).
- Con esta señal se prende la señal de aceleración (borne de control P1 del VFD). Esto se consigue con una función RS (bloque 10). Para configurar el tiempo en que se queda prendida esta señal se utilizó un generador de pulsos (función CPG, bloque 8) y un contador (función UCN, bloque 9). Así al transcurrir cierto tiempo se corta esta señal.

-
- La función DPR (bloque 11) sirve para que una vez que haya transcurrido cierto tiempo se obtenga una señal. Así que la utilizamos para que una vez que haya transcurrido cierto tiempo de la señal de aceleración, se prenda la señal de desaceleración (borne de control P2 del VFD).
 - De igual manera esta señal debe quedarse prendida, así que utilizamos la función RS (bloque 15). Para configurar el tiempo en que se queda prendida esta señal se utilizó un generador de pulsos (función CPG, bloque 12) y un contador (función UCN, bloque 13). Así al transcurrir cierto tiempo se corta esta señal. Pero también esta señal debe cortarse con la señal que indica que se encuentra en el piso de abajo, así que utilizamos la función OR (bloque 14)
 - Como dijimos anteriormente esta misma configuración sirve cuando suba el ascensor. Como vemos sirve para subir o bajar, así que mediante una función OR (bloque 25) prendemos la señal de aceleración cuando se sube o cuando se baja.
 - De igual manera mediante una función OR (bloque 26) prendemos la señal de desaceleración cuando se sube o cuando se baja.
-

PRACTICA No. 10

SISTEMA DE CONTROL DE AIRE ACONDICIONADO

OBJETIVOS

- Simular un sistema de aire acondicionado para una habitación o un ambiente con la ayuda del Módulo Simulador de Aire Acondicionado (UNIT SIM - 129), para tener una visión más real del proceso.
- Satisfacer las condiciones óptimas para que el proceso cumpla su función eficazmente.

PROBLEMA

Se necesita controlar un sistema de aire acondicionado y para ello se cuenta con un simulador que se muestra en la siguiente figura.

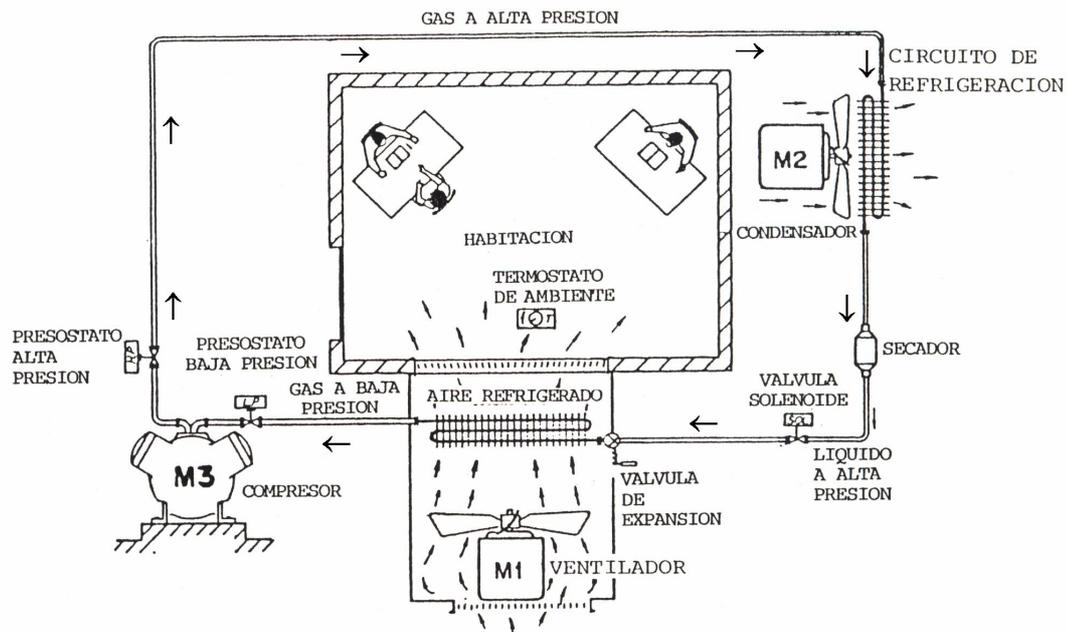


Figura. 6.54. Módulo Simulador de Aire Acondicionado (Unit SIM - 129)

El proceso a simular es el siguiente:

- Se tiene un compresor que está constituido por una bomba. Este compresor recibe gas a baja presión, comprime este gas y expelle gas caliente a alta presión.

Para poder controlar al compresor se tienen 2 presóstatos:

- Uno a la entrada del compresor (Presóstato de Presión Baja) para indicar cuando la presión sea baja, por medio de un switch en ON. Esta señal de presión baja en alto nos indica que el compresor está absorbiendo gas y el ciclo está cerrado.
 - Otro a la salida del compresor (Presóstato de Alta Presión) para indicar cuando la presión sea muy alta, por medio de un switch en ON. Esta señal de presión alta sirve para indicar que existe una sobrecarga al condensador y se apague el sistema.
- El gas a alta presión que sale del compresor llega al condensador, donde pasa por un circuito de enfriamiento por medio de un ventilador. El condensador transforma el gas frío en líquido frío altamente presurizado.
 - Este líquido luego pasa por un secador para eliminar las partículas de agua y obtener un líquido de freón (refrigerante).
 - El líquido a alta presión pasa por una válvula solenoide (que posteriormente será explicada) para llegar a una válvula de expansión en donde la presión y temperatura son bajas.
 - Por último se llega a la unidad de refrigeración que consiste de un ventilador y un evaporador. El ventilador impulsa el aire a través de un circuito evaporador, el cual a la vez que enfría el aire vaporiza el líquido que está a baja presión.
 - El gas a baja presión que abandona el evaporador vuelve al compresor para así completar el ciclo y de nuevo convertirse en gas caliente a alta presión.
-

- Todo este proceso es controlado por un botón de START y un termostato que indica si la temperatura de la habitación es alta o baja. De igual manera existe un botón de STOP para detener el sistema.
- Una vez que se encienda el sistema y exista señal de presión alta se activa la válvula solenoide, compresor, condensador, secador y el gas comienza a circular.

PROCEDIMIENTO

1. Conectar las entradas del PLC de la siguiente manera:

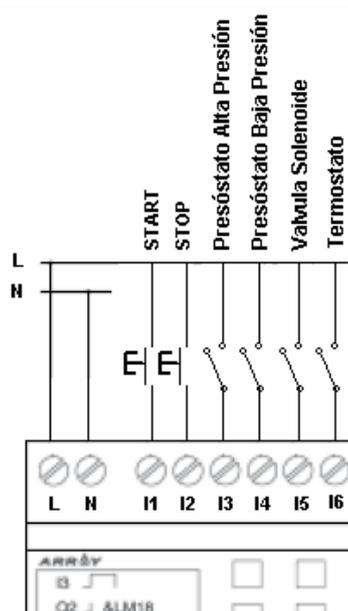


Figura. 6.55. Conexión de entradas al PLC

2. Conectar las salidas del PLC a los terminales de entrada del VFD como se indica en la figura:

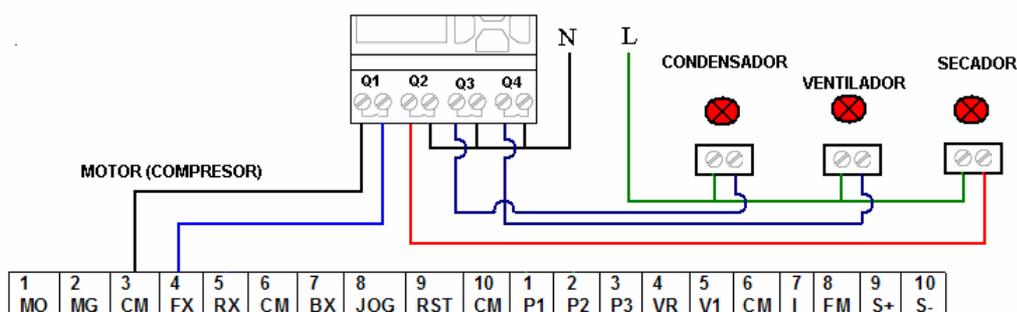


Figura. 6.56. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD

-
3. Encender la alimentación del PLC y grabar el programa AireAcondicionado.fab en el PLC.
 4. Conectar el motor en configuración delta.
 5. Dentro del grupo FU2 ingresar a la función H93 y seleccionar la opción “1” para restablecer los parámetros iniciales del VFD.
 6. Dentro de la función [drv] del Menú Principal seleccionar la opción 1 para poder trabajar con el bornero de control.
 7. En el Menú Principal dentro de la función [0.00] ingresar el valor de 20 Hz.
 8. Correr el programa dentro del PLC escogiendo la opción RUN dentro del Menú Principal del mismo.
 9. Primero verificar que los switch's de los Presóstatos de Presión Alta y Presión Baja, de la Válvula Solenoide y del Termostato estén desactivados, es decir abajo.
 10. Presionar el botón de START y se enciende el indicador de que el ventilador está prendido.
 11. Conmute el switch del Termostato a ON. Cuando existe señal de temperatura alta se encenderán los indicadores de que están prendidos el condensador y el secador y se prenderá el motor que indica que el compresor también está funcionando. También se debe simular que la válvula solenoide deja pasar el líquido refrigerante así que se conmuta a ON el switch de la misma. Es decir funciona el sistema completo.
 12. Conmute el switch indicador de presión baja a ON para indicar que el compresor está absorbiendo gas del evaporador y así el ciclo está cerrado.
 13. El sistema estará funcionado hasta que el Termostato indique baja temperatura, es decir se vuelva al estado original el switch del mismo. En ese instante la válvula
-

solenoide se cierra es decir se vuelve al estado original el switch de la válvula solenoide.

14. El condensador, secador y compresor siguen funcionando ya que existe líquido y gas residual en el circuito. Cuando se conmuta el switch de Baja Presión a su estado original, es decir ya no existe presión a la entrada del compresor, se apaga completamente todo el sistema, excepto por el ventilador.
15. Vuelva a conmutar el switch del Termostato para indicar alta temperatura y se enciende de nuevo todo el sistema. Al conmutar el switch de Alta Presión a ON, es decir indicación de sobrecarga al condensador se debe apagar todo el sistema, incluso el ventilador.
16. Para poder volver a encender el sistema con el botón de START, se deben conmutar al estado original, es decir desactivados todos lo switch's.
17. En cualquier instante se puede presionar el botón de STOP y apagar todos los dispositivos del sistema.
18. Desconectar todas las alimentaciones.

Explicación del programa:

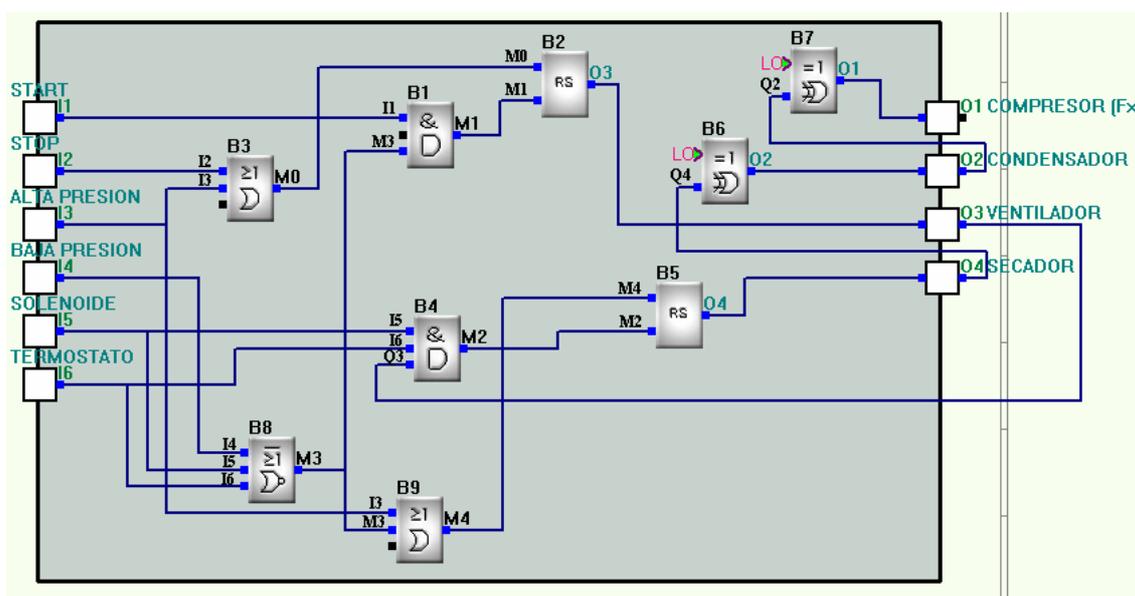


Figura. 6.57. Programa en Quick II

-
- Para poder enclavar el sistema mediante el botón de START se utilizó la función RS (bloque 2). Pero además para encender el sistema debe cumplirse la condición de que ningún indicador o switch's este activado, así que se utilizó la función NOR (bloque 8).

Así con una función AND (bloque 1) se logro enclavar el sistema cuando no exista señal de indicadores y se presione el botón de START.

Para desenclavar el sistema se puede hacer con el botón de STOP **o** con el indicador de Alta Presión en el presóstato de salida, para ello se utilizó la función OR (bloque 3)

- Una vez encendido el sistema se enciende el ventilador y cuando exista señal del termostato y de la válvula solenoide y del mismo ventilador se encienden los demás dispositivos del sistema, es decir funciona completamente el mismo. Para ellos se utilizó una función AND (bloque 4).
 - Para enclavar a estos dispositivos del sistema se utilizó una función RS (bloque 5). Para desenclavarlo se lo hace cuando no existe señal de indicadores (se utilizó el mismo bloque 8) **o** cuando existe señal de alta presión en presóstato. Para ello se utilizó la función OR (bloque 9).
 - Para pasar la misma señal de encendido de un dispositivos a otros se utilizó funciones XOR's (bloques 6 y 7).
-

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- ✚ Los motores que durante décadas las industrias estaban ocupando son los motores de corriente continua. Sin embargo los motores con menor nivel de exigencias en el mantenimiento son los motores asíncronos de jaula de ardilla, debido a que carecen de colector, tienen una relación peso-potencia mucho menor que los de continua, y por tanto un costo significativamente más bajo. Por esta razón pasaron a ser los más utilizados en procesos industriales.
- ✚ En la actualidad la demanda de controles eléctricos industriales automatizados empleando la electrónica de potencia ha ido aumentando progresivamente, la capacitación de los técnicos universitarios debe cambiar de acuerdo a la tecnología, para brindar un desarrollo complementario a la preparación académica impartida.
- ✚ El control de velocidad de un motor se realiza mediante el cambio de frecuencia que realiza el VFD, es decir el variador de velocidad recibe una tensión trifásica a una frecuencia fija y a su salida se obtiene una tensión trifásica a una frecuencia variable. La configuración más usada es: rectificador de onda completa o de Graetz – inversor.
- ✚ Con la realización de la guía de prácticas aplicadas a la industria el estudiante cuenta con una guía para manejar el VFD y el PLC y así tendrá una visión clara de posibles aplicaciones con esos dispositivos, pudiendo ahorrar tiempo en el desarrollo de dichas aplicaciones.

-
- ✚ Las 10 prácticas están hechas de tal manera que permita al usuario una familiarización rápida y práctica del variador de velocidad LG iG5 para un manejo correcto y un máximo aprovechamiento en la industria.
 - ✚ El variador de velocidad LG iG5 controla los motores asíncronos incluyendo el motor de inducción tipo "jaula de ardilla" que es el motor más económico, simple y robusto que hay y se distingue por ser el más usado en la industria por estas ventajas. Es el único control que energiza, protege y permite la variación de la velocidad en el motor, sin ningún accesorio extra entre el motor y la carga.
 - ✚ Uno de los dispositivos más sofisticados que cuenta el mercado actual es el variador de velocidad LG iG5 ya que brinda múltiples funciones en su programación, las cuales pueden ser la solución a diferentes problemas que se presenten en aplicaciones que usen motores.
 - ✚ El variador de velocidad LG iG5 es flexible en cuanto a su alimentación ya que puede trabajar con una red monofásica o trifásica, y esta es una característica muy importante dentro de una industria.
 - ✚ El VFD ha llegado a reemplazar a contactores, relés, arrancadores, temporizadores y circuitos de protección, puesto que cumple con todas éstas funciones y aún más los parámetros de estas funciones son programables.
 - ✚ Los PLC's son dispositivos que nos ayudan a la implementación del proceso seguir para cumplir las condiciones que nos impone el mismo.
 - ✚ El PLC FAB GIANT AF-10MR-A puede ser programado de forma fácil y sencilla por medio de dos maneras: manualmente y por medio de una PC con la ayuda del software Quick II.
 - ✚ La alimentación monofásica de 110 VAC permite que el PLC FAB GIANT AF-10MR-A pueda ser utilizados en cualquier tipo de laboratorio.
-

7.2. RECOMENDACIONES

- ✚ La principal y más importante recomendación que nos indica el fabricante del Variador de Velocidad LG iG5 es que se debe tener cuidado de no conectar las terminales de alimentación (R, S, T) a las terminales de salida del variador (U, V, W), ya que esta es la principal causa de daños en estos equipos.

 - ✚ Para una correcta selección de un variador de velocidad dentro de un proceso se debe tomar en cuenta tanto las características del motor que se va a utilizar como el funcionamiento del proceso.

 - ✚ Para la instalación de un variador de frecuencia es necesario conocer tanto los elementos que se va a disponer para la automatización de un proceso como el funcionamiento de la planta.

 - ✚ El PLC FAB cuenta con pocas entradas y salidas por lo cual se recomienda que se utilicen de una forma óptima analizando el proceso a realizar.

 - ✚ Se debe conectar correctamente la alimentación, entradas y salidas del PLC FAB para evitar fallos en el programa o en el dispositivo.

 - ✚ Es necesario que se cuente con una computadora que tenga el software QUICK II para la programación del PLC, ya que ingresar los programas de las prácticas mediante las teclas de manejo resultaría muy largo.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CHAPMAN, Stephen J.: **Maquinas eléctricas**. Segunda edición. México, DF. McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V., 1995.

NASAR UNNEWEHR, **Electromecánica y Máquinas Eléctricas**, tomo 1,4 Editorial Limusa de México, 1997

ENRÍQUEZ, Gilberto Harper: **Control de Motores Eléctricos**. Primera Edición. México, DF. Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, 1998.

ENRÍQUEZ, Gilberto Harper: **Manual de Electricidad Industrial II, Reparación de motores eléctricos**. Tomo 2. México, DF. Limusa S.A. de C.V., 1996.

KOSOW, Irving, **Máquinas Eléctricas y Transformadores**, Segunda edición, Editorial Prentice Hall México, 1993.

LOBOSCO, Orlando S. y DÍAZ José Luiz P.C.: **Selección y Aplicación de Motores Eléctricos**. Volumen 1. Barcelona, España. Siemens Aktiengesellschaft Marcombo S.A., 1990.

SMEATON, Robert W.: **Motores Eléctricos, Selección, Mantenimiento y Reparación**. Segunda Edición (Primera Edición en Español). Tomo III. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.

TIPPENS, Paul E.: **Física, Conceptos y Aplicaciones**. Sexta Edición. México, DF. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2001.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS PAGINAS WEB

http://www.angelfire.com/sk3/todoarchivos0/archivos/Eficiencia_en_Motores_electricos.pdf, Ing. Cip Eduardo Tiravanti. **Eficiencia Energética En Motores Eléctricos**

http://www.ersp.gob.pa/electric/info_clientes/Motores.pdf, **Guía Para La Protección De Motores Eléctricos.**

http://www.fulp.ulpgc.es/articulos/vector22_01.pdf, **Unión Eléctrica De Canarias, S.A. Análisis De Los Motores Eléctricos**

http://usuarios.lycos.es/mugresoft/caracteristicas_particulares.htm, **Carnegie Mellon University. Variadores De Velocidad.**

http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/Arranque_de_motores.htm. **Arranque De Motores**

<http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/motoresainduccion.htm>, **DLI Watchman. Motores a Inducción**

<http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/motoreselctricosacorrientealternaca.htm>, **DLI Watchman. Motores Eléctricos a Corriente Alterna**

<http://www.carbi.net/tecnica/newpage14.html>, **Alfonso Perales. VARIADORES ELECTRÓNICOS**

<http://www.calormatica.cl/sumi001.htm>, **Calormática Ltda. – Calor y Automatización. Suministros y Componentes**

<http://www.astrogea.org/alasala/variador.htm>, **AstroGea. Características Técnicas Del Variador De Frecuencia Programable**

<http://www.lt-automation.com/Variadores.htm>, **Latin-Tech Inc. Variadores de Frecuencia/Velocidad**

<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica71.html>,
Control y regulación de la velocidad en motores asincrónicos trifásicos /2002

ANEXOS

ANEXO A

LISTA DE PARAMETROS

Grupo de funciones básicas y parámetros de visualización [DRV]

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unids .	Parámetros de fábrica	Ajuste En marcha
DRV-00	Frecuencia de salida en marcha Frecuencia de consigna en paro	0.00	0 a Frec. Máx. (FU1-20)	0.01	00.00[Hz]	Si
DRV-01	Tiempo de aceleración	ACC	0 a 999.9 [seg]	0.1	10.0 [seg]	Si
DRV-02	Tiempo de desaceleración	DEC	0 a 999.9 [seg]	0.1	20.0 [seg]	Si
DRV-03	Control de marcha (método Run/Stop)	Drv	0 (Consola)	-	Fx/Rx-1 1	No
			1 (Fx/Rx-1)			
			2 (Fx/Rx-2)			
			3 (RS485)			
DRV-04	Modo de frecuencia (método de programación de la frecuencia)	Frq	0 [Teclado -1]	-	(V1) 2	No
			1 (Teclado -2)			
			2 (V1)			
			3 (I)			
			4 (V1+I)			
5 (RS485)						
DRV-05	Frecuencia de paso 1	St1	0.00 a (FU1-20)	0.01	10.00 [Hz]	Si
DRV-06	Frecuencia de paso 2	St2		-	20.00 [Hz]	
DRV-07	Frecuencia de paso 3	St3		-	30.00 [Hz]	
DRV-08	Corriente de salida	cUR	* [A]	-	- [A]	-
DRV-09	Velocidad del motor	RPM	* [rpm]	-	- [rpm]	-
DRV-10	Tensión del Bus DC	DCL	* [V]	-	- [V]	-
DRV-11	Visualización del parámetro deseado por el usuario	VOL PoR ToR	Se selecciona en FU2-73 (usuario)	-	-	-
DRV-12	Visualización del tipo de fallo	non	-	-	Ninguno Non	-
DRV-13	Sentido de giro del motor	dcr	F (avance)	-	F	Si
			r (retroceso)			
DRV-20	Selección del grupo FU1	FU1				
DRV-21	Selección del grupo FU2	FU2				
DRV-22	Selección del grupo I/O	IO				

Menú de funciones 1 [FU1]

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unid	Parámetros de fábrica	Ajuste marcha
FU1-00	Salto al código deseado	F0	Del 1 al 99	1	3	Si
FU1-03	Prevención del sentido de giro	F3	0 (Ninguna)	-	Ninguno 0	No
			1 (Prev. Adelante)			
			2 (Prev. Retroceso)			
FU1-05	Tipo de aceleración	F5	0 (Lineal)	-	Lineal 0	No
			1 (Curva-S)			
			2 (Curva-U)			
			3 (Mínima)			
			4 (Optima)			
FU1-06	Tipo de desaceleración	F6	0 (Lineal)	-	Lineal 0	No
			1 (Curva-S)			
			2 (Curva-U)			
			3 (Mínima)			
			4 (Optima)			
FU1-07	Selección del modo de paro	F7	0 (Desacel.)	-	Decel. 0	No
			1 (Frenado en DC)			
			2 (Rueda libre)			
FU1-08 ¹	Frecuencia de frenado por inyección DC	F8	FU1-22 A 50 Hz	0.01	5.00 [Hz]	No
FU1-09	Tiempo de retardo de la inyección de frenado DC	F9	0 a 60 [seg]	0.01	0.10 [seg]	No
FU1-10	Tensión de frenado por inyección DC	F10	0 a 200 [%]	1	50 [%]	No
FU1-11	Tiempo de frenado de inyección DC	F11	0 a 60 [seg]	0.1	1.0 [seg]	No
FU1-12	Tensión de arranque por inyección de frenado DC	F12	0 a 200 [%]	1	50 [%]	No
FU1-13	Tiempo de arranque de la tensión de frenado DC	F13	0 a 60 [seg]	0.1	0.0 [seg]	No
FU1-20	Frecuencia máxima	F20	40.00 a 400.00 [Hz]	0.01	50.00 [Hz]	No
FU1-21	Frecuencia base	F21	30.00 a (FU1-20)	0.01	50.00 [Hz]	No
FU1-22	Frecuencia de arranque	F22	0.1 a 10 [Hz]	0.01	0.50 [Hz]	No
FU1-23	Selección del límite de frecuencia	F23	0 (No)	-	No 0	No
			1 (Si)			
FU1-24 ²	Límite de frecuencia mínima	F24	0.00 a (FU1-25)	0.01	0.00 [Hz]	No
FU1-25	Límite de frecuencia máxima	F25	FU1-24 a FU1-20	0.01	50.00 [Hz]	No
FU1-26	Selección del par Boost manual / automático	F26	0 (Manual)	-	Manual 0	No
			1 (Auto)			
FU1-27	Par Boost en dirección de avance	F27	0 a 15 [%]	0.1	2.0 [%]	No
FU1-28	Par Boost en dirección de retroceso	F28		0.1	2.0 [%]	No

¹ El código FU1-08 hasta FU1-11 aparece únicamente cuando FU1-07 se programa en “Frenado DC”.

² El código FU1-24 hasta FU1-25 aparece únicamente cuando FU1-23 se programa en “Si”.

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unid	Parámetros de fábrica	Ajuste marcha
FU1-29	Ley U/F	F29	0 (Lineal)	-	Lineal 0	No
			1 (Cuadrática)			
			2 (Personalizada)			
FU1-30 ³	Frecuencia1(U/F personalizada)	F30	0.00 a FU1-32	0.01	12.50 [Hz]	No
FU1-31	Tensión1(U/F personalizada)	F31	0 a 100 [%]	1	25 [%]	No
FU1-32	Frecuencia2(U/F personalizada)	F32	FU1-30 a FU1-34	0.01	25.00 [Hz]	No
FU1-33	Tensión2(U/F personalizada)	F33	0 a 100 [%]	1	50 [%]	No
FU1-34	Frecuencia3(U/F personalizada)	F34	FU1-32 a FU1-36	0.01	37.5 [Hz]	No
FU1-35	Tensión3(U/F personalizada)	F35	0 a 100 [%]	1	75 [%]	No
FU1-36	Frecuencia4(U/F personalizada)	F36	FU1-34 a FU1-20	0.01	50.00 [Hz]	No
FU1-37	Tensión4(U/F personalizada)	F37	0 a 100 [%]	1	100 [%]	No
FU1-38	Programación tensión de salida	F38	40 a 110 [%]	0.1	100.0 [%]	No
FU1-39	Nivel ahorro de energía	F39	0 a 30 [%]	1	0 [%]	Si
FU1-50	Selección estado térmico (ETH) Protección Térmica	F50	0 (No)	-	No 0	Si
			1 (Si)			
FU1-51 ⁴	Nivel ETH durante 60 segundos	F51	FU1-52 a 250 [%]	1	180 [%]	Si
FU1-52	Nivel ETH trabajo continuo	F52	50 a FU1-51	1	120 [%]	Si
FU1-53	Selección de la característica ETH según el tipo de ventilación del motor	F53	0 (Ventilación propia)	-	Vent. Propia 0	Si
			1 (Ventilación forzada)			
FU1-54	Nivel de sobrecarga	F54	30 a 250 [%]	1	150 [%]	Si
FU1-55	Retardo del aviso del nivel por sobrecarga	F55	0 a 30 [seg]	0.1	10.0 [seg]	Si
FU1-56	Selección de fallo por sobrecarga	F56	0 (No)	-	Si 1	Si
			1 (Si)			
FU1-57	Nivel de fallo por sobrecarga	F57	30 a 250 [%]	1	200 [%]	Si
FU1-58	Retardo del fallo por sobrecarga	F58	0 a 60 [seg]	1	60.0 [seg]	Si
FU1-59	Selección de la limitación dinámica de corriente	F59	000-111 (bit set) Bit 0: En aceleración Bit 1: Marcha normal Bit 2: En desaceleración	Bit	000	No
FU1-60	Nivel de la limitación dinámica de corriente	F60	30 a 250 [%]	1	200 [%]	No
FU1-99	Código de retroceso	F99		-	-	-

³ El código FU1-30 hasta FU1-37 aparece únicamente cuando FU1-29 se programa en “Frecuencia U/F personalizada”.

⁴ El código FU1-51 hasta FU1-53 aparece únicamente cuando FU1-50 se programa en “Si”.

Menú de funciones 2 [FU2]

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unids	Parámetro de fábrica	Ajuste marcha
FU2-00	Salto al código deseado #	H0	1 a 99	1	30	Si
FU2-01	Histórico de fallo 1	H1		-	Ninguno 0	Si
FU2-02	Histórico de fallo 2	H2				No
FU2-03	Histórico de fallo 3	H3				No
FU2-04	Histórico de fallo 4	H4				No
FU2-05	Histórico de fallo 5	H5				No
FU2-06	Borrar histórico de fallos	H6				0 (No) 1 (Si)
FU2-07	Frecuencia control de freno: Frecuencia inicial a la que se mantiene el variador hasta aplicar la rampa en aceleración	H7	0 a FU1-20	0.01	5.00 [Hz]	No
FU2-08	Tiempo de espera control de freno	H8	0 a 10 [seg]	0.1	0.0 [seg]	No
FU2-10	Selección de salto de frecuencia	H10	0 (No) 1 (Si)	-	No 0	No
FU2-11 ⁵	Salto de frecuencia 1 inferior	H11	0.00 a FU2-12	0.01	0.00 [H z]	No
FU2-12	Salto de frecuencia 1 superior	H12	FU2-11 a FU1-20	0.01	0.00 [Hz]	No
FU2-13	Salto de frecuencia 2 inferior	H13	0.00 a FU2-14	0.01	0.00 [Hz]	No
FU2-14	Salto de frecuencia 2 superior	H14	FU2-13 a FU1-20	0.01	0.00 [Hz]	No
FU2-15	Salto de frecuencia 3 inferior	H15	0.00 a FU2-16	0.01	0.00 [Hz]	No
FU2-16	Salto de frecuencia 3 superior	H16	FU2-15 a FU1-20	0.01	0.00 [Hz]	No
FU2-19	Protección de pérdida de fase de entrada/ salida	H19	00-11 (bit set) Bit 0: Protección fallo fase de salida Bit 1: Protección fallo fase de entrada	-	00	Si
FU2-20	Selección a la puesta en marcha (ON)	H20	0 (No) 1 (Si)	-	No 0	Si
FU2-21	Reinicio tras resetear un fallo	H21	0 (No) 1 (Si)	-	No 0	Si
FU2-22	Selección de búsqueda de velocidad	H22	0000-1111 (bit set) Bit 0: En aceleración Bit 1: Después de resetear un fallo Bit 2: Reinicio después de fallo de la alimentación Bit 3: Cuando FU2-20 está programado en 1 (Si).	-	0000	No

⁵ El código FU2-11 hasta FU2-16 aparece únicamente cuando FU2-10 se programa en "Si".

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unids	Parámetro de fábrica	Ajuste marcha
FU2-23	Nivel de límite de corriente durante la búsqueda de velocidad	H23	80 a 250 [%]	1	180 [%]	Si
FU2-24	Ganancia P durante la búsqueda de velocidad	H24	0 a 9999	1	100	Si
FU2-25	Ganancia I durante la búsqueda de velocidad	H25	0 a 9999	1	1000	Si
FU2-26	Nº de intentos de autoarranque	H26	0 a 10	1	0	Si
FU2-27	Tiempo de retardo entre reintentos de re arranque automático	H27	0 a 60 [seg]	0.1	1.0 [seg]	Si
FU2-30	Selección del tipo de motor	H30	0.4 (0.37 kW) 0.8 (0.75 kW) 1.5 (1.5 kW) 2.2 (2.2 kW) 4.0 (4.0 kW)	-	6	No
FU2-31	Número de polos de motor	H31	2 a 12	1	4	No
FU2-32	Ajuste de deslizamiento del motor	H32	0 a 10 [Hz]	0.01	7	No
FU2-33	Corriente eficaz nominal del motor (RMS)	H33	0.1 a 99.9 [A]	1		No
FU2-34 ⁸	Corriente eficaz en vacío del motor (RMS)	H34	0.1 a 99.9 [A]	1		No
FU2-36	Rendimiento del motor	H36	50 a 100 [%]	1		No
FU2-37	Inercia de la carga	H37	0 a 2	1	0	No
FU2-39	Frecuencia de carga	H39	1 a 10 [kHz]	1	3 [kHz]	Si
FU2-40	Selección del motor de control	H40	0 U/F 1 Comp. Deslizamiento 2 (PID)	-	U/F 0	No
FU2-50 ⁹	Selección de la señal de realimentación (Feedback), control PID	H50	0 (I) 1 (V1)	-	I 0	No
FU2-51	Ganancia P para el control PID	H51	0 a 9999	1	3000	Si
FU2-52	Ganancia I para el control PID	H52	0 a 9999	1	300	Si
FU2-53	Ganancia D para el control PID	H53	0 a 9999	1	0	Si
FU2-54	Límite de frecuencia para el control PID	H54	0 a FU1-20	0.01	50.00 [Hz]	Si
FU2-70	Frecuencia de referencia para aceleración y desaceleración	H70	0 Frec. Máxima 1 Frec. Delta	-	Frec. Máx. 0	No
FU2-71	Base de tiempo acel./desacel.	H71	0 (0.01 seg) 1 (0.1 seg) 2 (1 seg)	-	0.1 [seg] 1	Si

⁶ El tipo de motor se programa automáticamente de acuerdo con el modelo del variador. Si se utilizara un motor diferente, programe la potencia nominal correcta del motor.

⁷ Este valor se introduce automáticamente de acuerdo con el tipo de motor programado en FU2-30. Si fuera diferente, programe el valor correcto según el tipo de motor.

⁸ El código FU2-34 aparece únicamente cuando FU2-40 se programa en “Compensación por deslizamiento”.

⁹ El código FU2-50 hasta FU2-54 aparece únicamente cuando FU2-40 se programa en “PID”.

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unids	Parámetro de fábrica	Ajuste marcha
FU2-72	Visualización del parámetro deseado en DRV-00 al ponerlo en marcha (ON)	H72	0 (Frec. De consigna)	1	0	Si
			1 (Tiempo acel.)			
			2 (Tiempo decel.)			
			3 (Modo Drv)			
			4 (Modo de frecuencia)			
			5 (Frec. De paso 1)			
			6 (Frec. De paso 2)			
			7 (Frec. De paso 3)			
			8 (Corriente)			
			9 (Velocidad)			
			10 (Tensión Bus DC)			
			11 (Parámetro usuario)			
			12 (Visualización fallo)			
			13 (Sentido giro motor)			
FU2-73	Visualización personalizada en el display	H73	0 (Tensión)	-	Tensión 0	Si
			1 (Vatios)			
			2 (Par)			
FU2-74	Ganancia para la visualización, de la velocidad del motor.	H74	1 a 1000 [%]	1	100[%]	Si
FU2-75	Selección del modo de protección de la resistencia de frenado dinámico (DB)	H75	0 (Ninguna)	-	0	Si
			1 (Interna)			
			2 (Ext. DB-R)			
FU2-76	Ciclo de trabajo de la resistencia de frenado dinámico	H76	0 a 30 [%]	1	10 [%]	Si
FU2-79	Versión software	H79		-		Si
FU2-81 ¹⁰	2º tiempo de aceleración	H81	0 a 999.9 [seg]	0.1	5.0 [seg]	Si
FU2-82	2º tiempo de desaceleración	H82	0 a 999.9 [seg]	0.1	10.0 [seg]	Si
FU2-83	2ª frecuencia base	H83	30 a FU1-20	0.01	50.00 [Hz]	No
FU2-84	2ª ley tensión U/F	H84	0 (Lineal)	-	Lineal 0	No
			1 (Cuadrática)			
			2 (U/F)			
FU2-85	2º par boost de avance	H85	0 a 15 [%]	0.1	2.0 [%]	No
FU2-86	2º par boost de retroceso	H86	0 a 15 [%]	0.1	2.0 [%]	No
FU2-87	2º nivel de prevención dinámica de corriente	H87	30 a 250 [%]	1	200 [%]	No
FU2-88	2º nivel de protección térmica durante 1 minuto	H88	FU2-89 a 250 [%]	1	180 [%]	Si
FU2-89	2º nivel de protección térmica continuada	H89	50 a FU2-88	1	120 [%]	Si

¹⁰ El código FU2-81 hasta FU2-90 aparece únicamente cuando una de las entradas I/O-12 ~ I/O-14 está configurada en "2ª función".

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unids	Parámetro de fábrica	Ajuste marcha
FU2-90	2ª corriente nominal del motor	H90	0.1 A 99.9 [A]	0.1	1.8 [A]	No
FU2-91	Lectura de los parámetros del variador al teclado	H91	0 (No)	-	No 0	No
			1 (Si)			
FU2-92	Volcado de los parámetros del teclado al variador	H92	0 (No)	-	No 0	No
			1 (Si)			
FU2-93	Inicialización de los parámetros	H93	0 (No)	-	No 0	No
			1 (Todos los grupos)			
			2 (DRV)			
			3 (FU1)			
			4 (FU2)			
5 (I/O)						
FU2-94	Protección de escritura de parámetros	H94	0 a 255 ¹¹	1	0	Si
FU2-99	Código de retorno	rt		-	1	Si

Menú de entradas y salidas [I/O]

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unids	Parámetro de fábrica	Ajuste en marcha
I/O-00	Salto al código deseado #	I0	1 a 99	1	1	Si
I/O-01	Constante temporal de filtrado para la señal de entrada V1	I1	0 a 9999 [ms]	1	500 [ms]	Si
I/O-02	Tensión V1 mínima de entrada	I2	0 a I/O-04	0.01	0.00 [V]	Si
I/O-03	Frecuencia correspondiente a la tensión V1 mínima de entrada	I3	0 a FU1-20	0.01	0.00 [Hz]	Si
I/O-04	Tensión V1 máxima de entrada	I4	I/O-02 a 12.00 [V]	0.01	10.00 [V]	Si
I/O-05	Frecuencia correspondiente a la tensión V1 máxima de entrada	I5	0.00 a FU1-20	0.01	50.00 [Hz]	Si
I/O-06	Constante temporal de filtrado para la señal de entrada	I6	0 a 9999 [ms]	1	500 [ms]	Si
I/O-07	Corriente I mínima de entrada	I7	0.00 a I/O-09	0.01	4.00 [mA]	Si
I/O-08	Frecuencia correspondiente a la corriente I mínima de entrada	I8	0 a FU1-20	0.01	0.00 [Hz]	Si
I/O-09	Corriente I máxima de entrada	I9	I/O-07 a 20 [mA]	0.01	20.00 [mA]	Si
I/O-10	Frecuencia correspondiente a la corriente I máxima de entrada	I10	0.00 a FU1-20	0.01	50.00 [Hz]	Si

¹¹ Esta función se utiliza para bloquear la programación de los parámetros. Cuando los parámetros están bloqueados, las flechas del display aparecen difuminadas. El código de bloqueo y desbloqueo es "12".

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unids	Parámetro de fábrica	Ajuste marcha
I/O-11	Criterio para la pérdida de la señal analógica de entrada	I11	0 (Ninguno)	-	Ninguno 0	Si
			1 (La mitad de x1)			
			2(Inferior a x1)			
I/O-12	Entrada configurable "P1" 8,9,15,20,21,22,23,24,25,26 (Reservados)	I12	0 (Velocidad-L)	-	Speed-L 0	No
			1 (Velocidad-M)			
			2 (Velocidad-H)			
			3 (XCEL-L)			
			4 (XCEL-M)			
			5 (XCEL-H)			
			6 (Frenado DC)			
			7 (2ª función)			
			10 (Arriba)			
			11 (Abajo)			
			12 (Tres hilos)			
			13 (Fallo externo A)			
			14 (Fallo externo B)			
			16 (Lazo abierto)			
17 (Menú principal)						
18(analógica anterior)						
19 (XCEL stop)						
I/O-13	Entrada configurable "P2"	I13	Igual que el anterior	-	Speed-M 1	No
I/O-14	Entrada configurable "P3"	I14	Igual que el anterior	-	Speed-H 2	No
I/O-15	Estado de los bornes de entrada	I15	00000000-11111111 (bit set)	-	-	-
I/O-16	Estado de los bornes de salida	I16	0-1 (bit set)	-	-	-
I/O-17	Constante temporal de filtrado para las entradas configurables	I17	2 a 50	1	15	Si
I/O-20	Programación de la frecuencia Jog	I20	0.00 a FU1-20	0.01	10.00 [Hz]	Si
I/O-21	Frecuencia a pasos 4	I21	0.00 a FU1-20	0.1	40.00 [Hz]	Si
I/O-22	Frecuencia a pasos 5	I22	0.00 a FU1-20	0.1	50.00 [Hz]	Si
I/O-23	Frecuencia a pasos 6	I23	0.00 a FU1-20	0.1	40.00 [Hz]	Si
I/O-24	Frecuencia a pasos 7	I24	0.00 a FU1-20	0.1	30.00 [Hz]	Si
I/O-25	Tiempo de aceleración 1 para la frecuencia de pasos	I25	0 a 999.9 [seg]	0.1	20.0 [seg]	Si
I/O-26	Tiempo de desaceleración 1 para la frecuencia de pasos	I26	0 a 999.9 [seg]	0.1	20.0 [seg]	Si
I/O-27	Tiempo de aceleración 2	I27	0 a 999.9 [seg]	0.1	30.0 [seg]	Si
I/O-28	Tiempo de desaceleración 2	I28	0 a 999.9 [seg]	0.1	30.0 [seg]	Si
I/O-29	Tiempo de aceleración 3	I29	0 a 999.9 [seg]	0.1	40.0 [seg]	Si
I/O-30	Tiempo de desaceleración 3	I30	0 a 999.9 [seg]	0.1	40.0 [seg]	Si
I/O-31	Tiempo de aceleración 4	I31	0 a 999.9 [seg]	0.1	50.0 [seg]	Si
I/O-32	Tiempo de desaceleración 4	I32	0 a 999.9 [seg]	0.1	50.0 [seg]	Si
I/O-33	Tiempo de aceleración 5	I33	0 a 999.9 [seg]	0.1	40.0 [seg]	Si
I/O-34	Tiempo de desaceleración 5	I34	0 a 999.9 [seg]	0.1	40.0 [seg]	Si
I/O-35	Tiempo de aceleración 6	I35	0 a 999.9 [seg]	0.1	30.0 [seg]	Si
I/O-36	Tiempo de desaceleración 6	I36	0 a 999.9 [seg]	0.1	30.0 [seg]	Si
I/O-37	Tiempo de aceleración 7	I37	0 a 999.9 [seg]	0.1	20.0 [seg]	Si

Código	Descripción	Visual. display	Rango	Unids	Parámetro de fábrica	Ajuste marcha
I/O-38	Tiempo de desaceleración 7	I38	0 a 999.9 [seg]	0.1	20.0 [seg]	Si
I/O-40	Selección de medición de la frecuencia de salida (FM)	I40	0 (Frecuencia)	-	Frecuencia 0	Si
			1 (Corriente)			
			2 (Tensión)			
			3 (Tensión Bus DC)			
I/O-41	Ajuste de la medición de la frecuencia de salida	I41	10 a 200 [%]	1	100 [%]	Si
I/O-42	Nivel de detección de frecuencia	I42	0 a FU1-20	0.01	30.00 [Hz]	Si
I/O-43	Ancho de banda de detección de frecuencia	I43	0 a FU1-20	0.01	10.00 [Hz]	Si
I/O-44	Definición de la salida multifunción (MO) 15,16,18,19,20 (Reservados)	I44	0 (FDT-1)	-	Run 12	Si
			1 (FDT-2)			
			2 (FDT-3)			
			3 (FDT-4)			
			4 (FDT-5)			
			5 (OL)			
			6 (IOL)			
			7 (Stall)			
			8 (OV)			
			9 (LV)			
			10 (OH)			
			11 (Pérdida consigna)			
			12 (Run)			
			13 (Stop)			
14 (Estable)						
17 (Búsqueda)						
I/O-45	Ajuste del relé de fallo de salida (30A,30B,30C)	I45	000-111 (bit set) Bit 0: LV Bit 1: Todos los fallos Bit 2: Autointentos	-	010	Si
I/O-46	Número del variador	I46	1 a 32	1	1	Si
I/O-47	Velocidad en baudios	I47	0 (1200bps)	-	9600 bps 3	Si
			1 (2400bps)			
			2 (4800bps)			
			3 (9600bps)			
			4 (19200bps)			
I/O-48	Selección de funcionamiento ante la pérdida de la referencia de frecuencia	I48	0 (Ninguno)	-	Ninguno 0	Si
			1 (Marcha libre)			
			2 (Stop)			
I/O-49	Tiempo de espera tras la pérdida de la referencia de frecuencia	I49	0.1 a 120 [seg]	0.1	1.0 [seg]	Si
I/O-50	Selección del protocolo de comunicación	I50	0 (LG-BUS)	-	Modbus-RTU 7	Si
			7 (Modbus-RTU)			
I/O-99	Código de retorno	rt		-	1	Si

Nota: Los parámetros programados por bits estarán activados ON (1) cuando el LED superior esté encendido como se muestra a continuación. (F59, H19, H22, I15, I16, I45 son los parámetros programados por bits)

Ejemplo: cuando en la pantalla se visualiza “00000011”

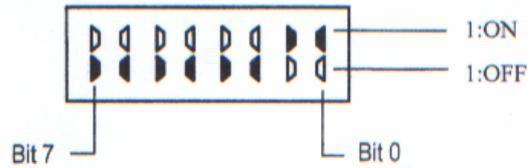


Figura. A.1. Visualización de parámetros programados por bits

ANEXO B

DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DE FUNCIONES DEL FAB AF-10MR-A

AND: Es la conexión serial de cierto número de contactos normalmente abiertos (NO) como se muestra en la Figura B.1.

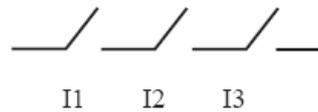


Figura. B.1. Contactos normalmente abiertos en serie

El símbolo de AND se muestra a continuación:

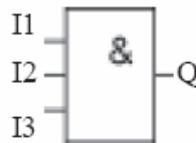


Figura. B.2. Símbolo de AND

Se llama AND porque sólo cuando todos sus contactos (I1, I2 e I3) están activados (estado 1) la salida se activa (estado 1). La siguiente tabla muestra el funcionamiento de esta compuerta.

I1	I2	I3	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Tabla. B.1. Tabla del funcionamiento de AND

OR: Es la conexión paralela de cierto número de contactos normalmente abiertos (NO) que se muestran a continuación conjuntamente con el símbolo de OR:

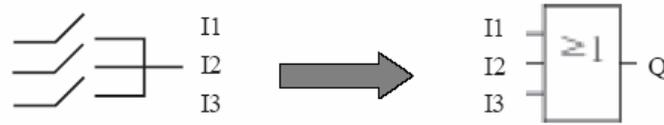


Figura. B.3. Contactos en paralelo y símbolo de OR

Con esta compuerta la salida se activa cuando por lo menos una de las entradas esté activada. La siguiente tabla muestra el funcionamiento de la OR:

I1	I2	I3	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Tabla. B.2. Tabla del funcionamiento de OR

NOT: Se llama así porque cuando la entrada está activada, la salida se desactiva y viceversa. En otras palabras invierte el estado de la entrada. Su símbolo se muestra a continuación:

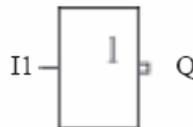


Figura. B.4. Símbolo de NOT

La siguiente tabla muestra el funcionamiento de la compuerta:

I1	Q
0	1
1	0

Tabla. B.3. Tabla del funcionamiento de NOT

NAND: Es la conexión paralela de cierto número de contactos normalmente cerrados como se muestra a continuación junto con el símbolo de esta compuerta:

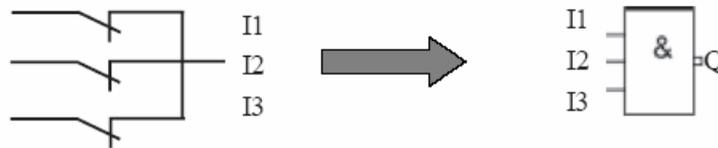


Figura. B.5. Diagrama eléctrico y símbolo de NOT

Se llama NAND porque la salida está en estado cero cuando todas las entradas están en estado 1. Su funcionamiento se muestra a continuación:

I1	I2	I3	Q
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Tabla. B.4. Tabla del funcionamiento de NAND

NOR: Es la conexión en serie de cierto número de contactos normalmente cerrados, su diagrama se muestra a continuación junto con su símbolo:

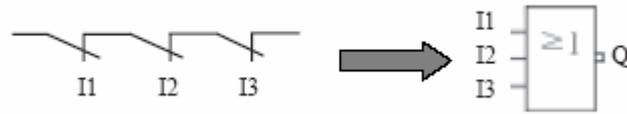


Figura. B.6. Diagrama eléctrico y símbolo de NOR

Sólo cuando todas las entradas de esta compuerta están en estado 0 la salida está en estado 1. Si cualquier entrada tiene estado 1 la salida tiene estado 0 como se muestra en la siguiente tabla:

I1	I2	I3	Q
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Tabla. B.5. Tabla del funcionamiento de NOR

XOR: Es la conexión serial de dos contactos conmutadores. El diagrama y su símbolo se muestran a continuación:



Figura. B.7. Diagrama eléctrico y símbolo de XOR

Cuando el estado de las entradas no son los mismos, el estado de la salida es 1. Si el estado de las entradas son los mismos la salida es 0. Su funcionamiento se muestra en la siguiente tabla:

I1	I2	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla. B.6. Tabla del funcionamiento de XOR

DPR:

Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada TRG	Después de que el TRG se activa, el tiempo de retardo empieza a transcurrir.
	Parámetro T	Después de transcurrido el tiempo T la salida Q se activa
	Salida Q	Si la señal de TRG se desactiva antes de transcurrir el tiempo, la salida no se activa.

Tabla. B.7. Descripción de la función DPR

El funcionamiento se muestra en el siguiente gráfico:

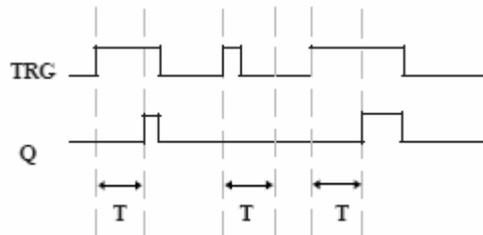


Figura. B.8. Funcionamiento de DPR

Cuando la entrada TRG cambia de estado 0 a 1, el tiempo de retardo empieza a transcurrir.

Si la entrada TRG espera en estado 1 por un tiempo suficiente (mayor que T), la salida cambia a 1 después del tiempo transcurrido y se desactiva cuando el TRG cambia de estado 1 a 0. Si el TRG está desactivado la salida siempre va a estar desactivada. El rango de T es de 0.01 a 99.99, y las unidades de tiempo pueden ser horas (H), minutos (M) y segundos (S).

DDR:

Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada TRG	Cuando el TRG se desactiva, el tiempo de retardo empieza a transcurrir.
	Entrada R	Encera tanto el tiempo como la salida
	Parámetro T	La salida se desactiva una vez transcurrido el tiempo T.
	Salida Q	Cuando la señal de TRG se activa la salida se activa.

Tabla. B.8. Descripción de la función DDR

Su funcionamiento se muestra a continuación:

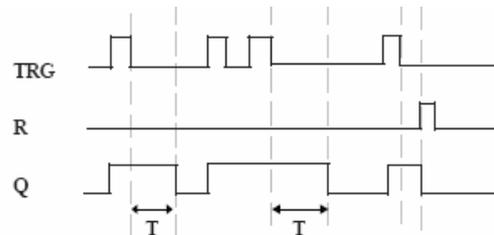


Figura. B.9. Funcionamiento de DDR

Cuando la entrada TRG está activada la salida también se activa y al cambiar de estado el TRG empieza a transcurrir el tiempo, una vez concluido el tiempo la salida se desactiva. Si hay dos pulsos seguidos de TRG el tiempo empieza a transcurrir después del último pulso. Cuando haya una señal en R desactiva la salida y tiene prioridad antes que la señal TRG. Tiene el mismo rango que la función DPR.

PLR:

Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada TRG	Hace que la salida de active y se desactive.
	Entrada R	La salida se encera.
	Salida Q	Mientras TRG cambie de estado la salida se activa y desactiva.

Tabla. B.9. Descripción de la función PLR

Su funcionamiento se muestra a continuación:

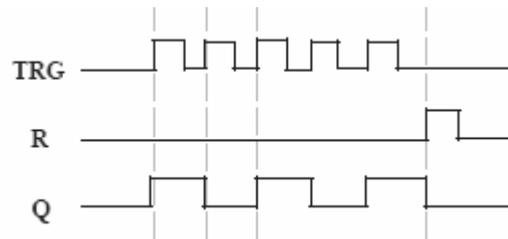


Figura. B.10. Funcionamiento de PLR

La salida se activa cuando hay un cambio de estado en TRG de 0 a 1, y la salida se desactiva cuando nuevamente se produce otro pulso en TRG (cambio de 0 a 1). Cuando se produce el R la salida se desactiva, tiene prioridad sobre TRG.

RS:

Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada S	Fija la salida Q a 1.
	Entrada R	Fija la salida Q a 0.
	Salida Q	Si S está en 1 la salida se activa hasta que haya una señal en R

Tabla. B.10. Descripción de la función RS

Su funcionamiento se muestra en la siguiente tabla:

S	R	Q
0	0	Mantiene el estado original
0	1	0 Reset
1	0	1 Set
1	1	0 Reset (teniendo prioridad Set)

Tabla. B.11. Funcionamiento de RS

CPG:

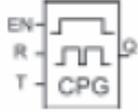
Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada EN	Hace que el generador de pulsos esté en ON.
	Entrada R	Encera la salida Q.
	Parámetro T	T es el tiempo de los pulsos de salida
	Salida Q	Generadora de pulsos

Tabla. B.12. Descripción de la función CPG

Su funcionamiento se muestra a continuación:

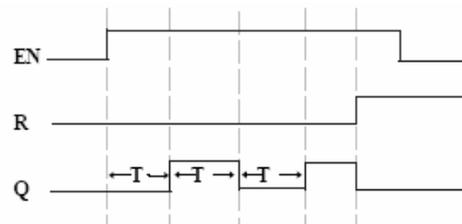


Figura. B.11. Funcionamiento de CPG

La salida genera pulsos dependiendo del parámetro T que se ingrese siempre y cuando exista señal en la entrada EN. En caso de haber señal en R la salida Q se desactiva. El rango del parámetro T es de 0.01 a 99.99 que pueden estar en horas minutos o segundos.

RPR:

Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada TRG	Cuando TRG está en ON se activa el tiempo de retardo.
	Entrada R	Encera la salida Q.
	Parámetro T	Después de que TRG esté activada y el tiempo T transcurra, la salida se activa.
	Salida Q	Después de que el tiempo transcurra la salida se activa.

Tabla. B.13. Descripción de la función RPR

Su funcionamiento se muestra a continuación:

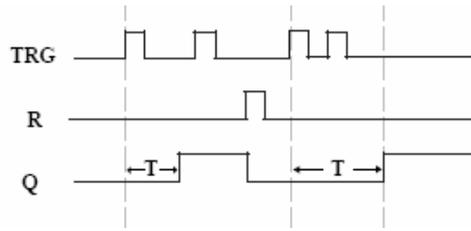


Figura. B.12. Funcionamiento de RPR

Una vez que hay un pulso en TRG (0 a 1) el tiempo T ingresado empieza a transcurrir, una vez finalizado el tiempo la salida se activa hasta que haya un pulso en R y la señal se desactive. El R tiene prioridad sobre TRG. El T va de 0.01 a 99.99 horas, minutos o segundos.

UCN:

Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada R	Tiene prioridad sobre cualquier otra entrada.
	Entrada CNT	Ingreso de los pulsos que serán contados cuando cambien su estado de 0 a 1.
	Parámetro PAR	Ingreso de el número de pulsos a contar.
	Salida Q	Cuando cuente hasta el número ingresado en PAR la salida se activa.

Tabla. B.14. Descripción de la función UCN

Su funcionamiento se muestra a continuación:

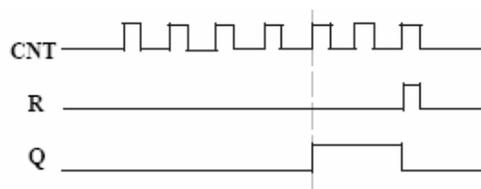


Figura. B.13. Funcionamiento de UCN

Los pulsos ingresados en CNT son contabilizados cuando su estado pasa de 0 a 1, una vez acabada la cuenta (hasta llegar al número ingresado en PAR), la salida se activa hasta que haya señal en R y la salida nuevamente se desactive.

DCN:

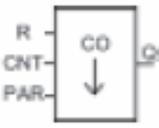
Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada R	Tiene prioridad sobre cualquier otra entrada.
	Entrada CNT	Ingreso de los pulsos que serán contados de forma descendente hasta llegar a 1 cuando cambien su estado de 0 a 1.
	Parámetro PAR	Ingreso de el número de pulsos a contar.
	Salida Q	Cuando la cuenta haya finalizado se activa.

Tabla. B.15. Descripción de la función DCN

MPLR:

Símbolo	Pin	Descripción
	Entrada TRG	Cuando se activa TRG empieza a transcurrir el tiempo T.
	Entrada R	Encera la salida Q.
	Parámetro T	Ingreso del tiempo de duración del pulso.
	Salida Q	Mientras TRG cambia de 0 a 1, los pulsos de salida tiene una duración de T.

Tabla. B.16. Descripción de la función MPLR

Su funcionamiento se muestra a continuación:

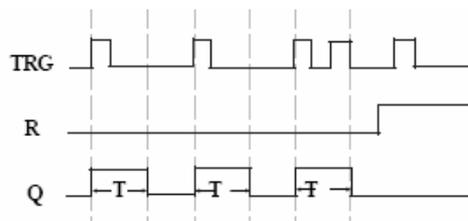


Figura. B.14. Funcionamiento de MPLR

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura. 1.1. Motor de Jaula de ardilla utilizado en el proyecto	2
Figura. 1.2. Variadores de Velocidad	3
Figura. 1.3. Componentes de un variador de velocidad	4
Figura. 1.4. PLC FAB GIANT AF-10MR-A	5
Figura. 1.5. Variador de Frecuencia LG iG5	5

CAPITULO II

Figura. 2.1. Efecto de campo giratorio sobre una espira en cortocircuito	8
Figura. 2.2. Generación del movimiento de rotación	9
Figura. 2.3. Partes de un motor de AC	9
Figura. 2.4. Tipos de estatores	10
Figura. 2.5. Tipos de rotores	11
Figura. 2.6. Cojinete de deslizamiento	12
Figura. 2.7. Cojinete de rodamiento	13
Figura. 2.8. Factor de potencia	16
Figura. 2.9. Par de torsión	18
Figura. 2.10. Motor de Inducción CA	21

CAPITULO III

Figura. 3.1. Convertidor de Frecuencia	34
Figura. 3.2. Rectificador trifásico de media onda	36
Figura. 3.3. Rectificador trifásico de onda completa o puente de Graetz	37
Figura. 3.4. Ondulador	39
Figura 3.5. Curva N(C) [N_s velocidad síncrona]	41
Figura. 3.6. Montaje a la red trifásica	42
Figura. 3.7. Rectificador con tensión de salida variable	44
Figura. 3.8. Rectificador con tensión de salida constante	45
Figura. 3.9. Forma de onda teórica para una frecuencia cercana al máximo y luego para frecuencia y tensión reducidas a la mitad	46

Figura. 3.10. Sistema de Calefacción	47
Figura. 3.11. Sistema de Refrigeración	47
Figura. 3.12. Proceso que sigue el sistema de calefacción o ventilación	48
Figura. 3.13. Sistema para disminuir el caudal.....	48
Figura. 3.14. Sistema de Nivel de agua	49

CAPITULO IV

Figura. 4.1. Estructura de FAB.....	51
Figura. 4.2. Instalación en un riel DIN de FAB	55
Figura. 4.3. Conexión de alimentación de FAB	56
Figura. 4.4. Conexión de switch's a las entradas de FAB	56
Figura. 4.5. Conexión de una lámpara a la salida de FAB	57
Figura. 4.6: Teclado del FAB	59
Figura. 4.7. Pantalla de FAB	60
Figura. 4.8. Pantalla de verificación de la contraseña	60
Figura. 4.9. Pantalla de opciones.....	60
Figura. 4.10. Opciones de Editor.....	61
Figura. 4.11. Opciones de Edit Prg.....	62
Figura. 4.12. Opciones del parámetro de tiempo.....	62
Figura. 4.13. Opciones del parámetro PAR.....	63
Figura. 4.14. Ingreso a Insert FB.....	63
Figura. 4.15. Ingreso a Delete FB.....	64
Figura. 4.16. Ingreso a Clear prg.....	64
Figura. 4.17. Ingreso a FAB/Rom	65
Figura. 4.18. Valores de la plantilla de trabajo.....	66
Figura. 4.19. Valores de la plantilla de trabajo.....	66
Figura. 4.20. Barra de funciones.....	67
Figura. 4.21. Sección de trabajo	67
Figura. 4.22. Ventana para el ingreso de entradas en funciones lógicas	68
Figura. 4.23. Ventana para el ingreso de entradas en funciones de tiempo.....	68
Figura. 4.24. Ventana para el ingreso de entradas en funciones de conteo	69
Figura. 4.25. Enlace entre funciones	69
Figura. 4.26. Visualización de la opción Com	70

Figura. 4.27. Pantalla de configuración de puerto de comunicación.....	70
Figura. 4.28. Opciones de Fab	71
Figura. 4.29. Reglas de Programación.....	71
Figura. 4.30. Contraseña.....	71
Figura. 4.31. Comunicación con FAB.....	72

CAPITULO V

Figura. 5.1. Ubicación de la consola de programación	73
Figura. 5.2. Partes de la Consola de programación	73
Figura. 5.3. Terminales del bornero de control	74
Figura. 5.4. Terminales de alimentación	74
Figura. 5.5: Conexión del motor y fuente trifásica al VFD.....	75
Figura. 5.6. Desplazamiento por los códigos del Menú Principal.....	76
Figura. 5.7. Desplazamiento por los códigos del grupo FU1	77
Figura. 5.8. Tiempos de aceleración y desaceleración	79
Figura. 5.9. Patrones de aceleración y desaceleración	84
Figura. 5.10. Selección del modo de parada.....	85
Figura. 5.11. Señal de Inyección de Frenado	86
Figura. 5.12. Frecuencias: máxima, base y de arranque.....	87
Figura. 5.13. Patrón Voltios/Hz.....	89
Figura. 5.14. Diagrama de control de cloque PID.....	96
Figura. 5.15. Funcionamiento con frecuencia configurable	102
Figura. 5.16. Funcionamiento con tiempo de acel/decel configurable.....	103
Figura. 5.17. Funcionamiento Subir/Bajar	104
Figura. 5.18. Cableado para la operación a tres hilos, P2 programado a 3-Hilos	104
Figura. 5.19. Cableado a 3 hilos	105
Figura. 5.20. [Funcionamiento mantenimiento analógico]	106

CAPITULO VI

Figura. 6.1. Bornero de Potencia	120
Figura. 6.2. Configuración de arranque del motor	120
Figura. 6.3. Conexión del motor y fuente trifásica al VFD.....	121
Figura. 6.4. Consola de Programación	121

Figura. 6.5. Vista Frontal de la consola de programación.....	121
Figura. 6.6. Desplazamiento por los códigos del Menú Principal.....	122
Figura. 6.7. Desplazamiento por los códigos del grupo FU1	123
Figura. 6.8. Rueda volante colocada al motor	126
Figura. 6.9. Gráfica velocidad vs. frecuencia	127
Figura. 6.10. Para aceleración lineal.....	134
Figura. 6.11. Para aceleración curva-S	134
Figura. 6.12. Control Personalizado	135
Figura. 6.13. Valores teóricos.....	142
Figura. 6.14. Valores reales	142
Figura. 6.15. Circuito de conexión del VFD y Motor para pérdida de fase de salida	144
Figura. 6.16. Simulador de puerta eléctrica colocado al motor.....	149
Figura. 6.17. Colocación del PLC en el riel del Panel de Control	153
Figura. 6.18. Partes de PLC	153
Figura. 6.19. Teclas de operación.....	153
Figura. 6.20. Conexión de la alimentación del PLC.....	154
Figura. 6.21. Terminales del bornero de control	154
Figura. 6.22. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD	155
Figura. 6.23. Conexión de entradas al PLC	155
Figura. 6.24. Programa visualizado desde Quick II	157
Figura. 6.25. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD	165
Figura. 6.26. Programa visualizado desde Quick II	166
Figura. 6.27. Oleoducto de Alaska	170
Figura. 6.28. Sistema que controla una estación de bombeo.....	171
Figura. 6.29. Panel de Control para la simulación.....	172
Figura. 6.30. Conexión de entradas al PLC	172
Figura. 6.31. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD	173
Figura. 6.32. Pantalla inicial.....	173
Figura. 6.33. Opción Com en la barra de Menús.....	174
Figura. 6.34. Ventana para configurar el puerto a utilizar para la comunicación	174
Figura. 6.35. Opción Fab en la barra de Menús	175
Figura. 6.36. Ventana para indicación de reglas.....	175
Figura. 6.37. Ventana para el ingreso de clave.....	175

Figura. 6.38. Ventana para confirmar que el programa se está grabando	176
Figura. 6.39. Programa en Quick II	178
Figura. 6.40. Sistema de una Banda Transportadora de alimentos.....	180
Figura. 6.41. Conexión de entradas	180
Figura. 6.42. Conexión de salidas	181
Figura. 6.43. Programa en Quick II	183
Figura. 6.44. Módulo Industrial Mixing Process Simulator (Unit SIM - 115).....	187
Figura. 6.45. Conexión de entradas del PLC	188
Figura. 6.46. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD y del Simulador.....	188
Figura. 6.47. Programa en Quick II	190
Figura. 6.48. Funcionamiento Ascensor	192
Figura. 6.49. Panel de Control para la simulación.....	193
Figura. 6.50. Conexión de entradas al PLC	194
Figura. 6.51. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD	194
Figura. 6.52. Programa en Quick II	196
Figura. 6.53. Funcionamiento con aceleración rápida y desaceleración suave	198
Figura. 6.54. Módulo Simulador de Aire Acondicionado (Unit SIM - 129).....	200
Figura. 6.55. Conexión de entradas al PLC	202
Figura. 6.56. Conexión de salidas del PLC a entradas del VFD	202
Figura. 6.57. Programa en Quick II	204

ANEXOS

Figura. A.1. Visualización de parámetros programados por bits	223
Figura. B.1. Contactos normalmente abiertos en serie	225
Figura. B.2. Símbolo de AND	225
Figura. B.3. Contactos en paralelo y símbolo de OR	226
Figura. B.4. Símbolo de NOT	226
Figura. B.5. Diagrama eléctrico y símbolo de NOT	227
Figura. B.6. Diagrama eléctrico y símbolo de NOR	228
Figura. B.7. Diagrama eléctrico y símbolo de XOR	228
Figura. B.8: Funcionamiento de DPR	229
Figura. B.9. Funcionamiento de DDR.....	230

Figura. B.10. Funcionamiento de PLR.....	231
Figura. B.11. Funcionamiento de CPG	232
Figura. B.12. Funcionamiento de RPR.....	233
Figura. B.13. Funcionamiento de UCN.....	233
Figura. B.14. Funcionamiento de MPLR	234

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla. 2.1. Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA.	23
--	----

CAPITULO IV

Tabla. 4.1. Especificaciones de FAB.....	52
--	----

CAPITULO V

Tabla. 5.1. Funciones de las partes de la consola de programación	74
Tabla. 5.2. Terminales del Bornero de Control	75
Tabla. 5.3. Selección de Modos de funcionamiento.....	79
Tabla. 5.4. Selección de Modos de frecuencia	80
Tabla. 5.5. Selección de Sentido de giro	82
Tabla. 5.6. Selección de Protección de marcha	83
Tabla. 5.7. Selección de Patrones de aceleración y desaceleración	83
Tabla. 5.8. Selección del modo de parada	84
Tabla. 5.9. Visualización de Histórico de fallos.....	92
Tabla. 5.10. Selección de la protección por pérdida de fase	93
Tabla. 5.11. Selección del método de control.....	95
Tabla. 5.12. Selección de frecuencia de referencia acel/decel	97
Tabla. 5.13. Selección de Visualización de puesta en marcha	98
Tabla. 5.14. Selección del Display por el usuario	98
Tabla. 5.15. Selección de Inicialización de los parámetros.....	99
Tabla. 5.16. Selección del Funcionamiento de los bornes de control P1, P2 y P3.....	100
Tabla. 5.17. Selección de P1, P2 y P3 para Speed-L, Speed-M, Speed-H.....	101
Tabla. 5.18. Selección de P1, P2 y P3 para XCEL-L, XCEL-M, XCEL-H.....	103
Tabla. 5.19. Selección para la configuración del relé de fallo.....	108
Tabla. 5.20. Selección del protocolo de comunicación	109
Tabla. 5.21. Fallos del Variador	110
Tabla. 5.22. Solución a los Fallos del Variador.....	112
Tabla. 5.23. Solución a los Problemas del Variador	114

Tabla. 5.24. Puntos a revisar en diario y periódicamente en el Variador	116
---	-----

CAPITULO VI

Tabla. 6.1. Funciones de las partes de la consola de programación	122
Tabla. 6.2: Grupo de Funciones del Menú Principal	124
Tabla. 6.3. Toma de datos	126
Tabla. 6.4. Protección de marcha en sentido incorrecto	129
Tabla. 6.5. Aceleración Lineal.....	131
Tabla. 6.6. Aceleración Curva-S	132
Tabla. 6.7. Frecuencia y Tensiones del Control Personalizado.....	137
Tabla. 6.8. Valores a setear dentro de la funciones de Control Personalizado.....	137
Tabla. 6.9. Frecuencia visualizada en la función [0.00]	138
Tabla. 6.10. Voltaje visualizado en la función [vOL]	139
Tabla. 6.11. Funciones para la Protección Térmica	139
Tabla. 6.12. Valores a setear para producir el fallo intencional	140
Tabla. 6.13. Opciones para la selección de pérdida de fase a la entrada y salida	145
Tabla. 6.14. Opciones para escoger el tipo de motor	146
Tabla. 6.15. Opciones para visualizar el primer parámetro en el VFD	147
Tabla. 6.16. Opciones para seleccionar el tipo de pantalla a visualizar en DRV-11.....	148
Tabla. 6.17. Opciones para reinicializar los parámetros del VFD.....	150
Tabla. 6.18. Frecuencia a setear para controlar distintas velocidades del motor	168
Tabla. 6.19. Frecuencia a ingresar para la simulación.....	176
Tabla. 6.20. Frecuencias a ingresar para la simulación.....	181

ANEXOS

Tabla. B.1. Tabla del funcionamiento de AND	225
Tabla. B.2. Tabla del funcionamiento de OR	226
Tabla. B.3. Tabla del funcionamiento de NOT	227
Tabla. B.4. Tabla del funcionamiento de NAND	227
Tabla. B.5. Tabla del funcionamiento de NOR	228
Tabla. B.6. Tabla del funcionamiento de XOR	229
Tabla. B.7. Descripción de la función DPR	229
Tabla. B.8. Descripción de la función DDR.....	230

Tabla. B.9. Descripción de la función PLR.....	230
Tabla. B.10. Descripción de la función RS	231
Tabla. B.11.12. Funcionamiento de RS.....	231
Tabla. B.12. Descripción de la función CPG	232
Tabla. B.13. Descripción de la función RPR.....	232
Tabla. B.14. Descripción de la función UCN.....	233
Tabla. B.15. Descripción de la función DCN.....	234
Tabla. B.16. Descripción de la función MPLR	234

Sangolquí, Agosto del 2005

ELABORADO POR:

Sr. Fabricio Fernando Flores Céspedes

Srta. Fanny del Rocío Robalino Acuña

AUTORIDADES:

Sr. Ing. Tncrn.

Marcelo Gómez

Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica

Sr. Dr. Jorge Carvajal

Secretario de la Facultad de Ingeniería Electrónica