

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE
LABORATORIO CON VARIADOR DE FRECUENCIA PARA
EL CONTROL DEL ARRANQUE, ACELERACIÓN,
FRENADO, INVERSIÓN DE GIRO Y PROTECCIÓN
INTEGRADA DE MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE
ALTERN A ”**

SEGOVIA SEGOVIA DIEGO RAMÓN

CHIMBAY VALLEJO LEITER VINICIO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

DERECHOS DE AUTORÍA

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

f) Diego Ramón Segovia Segovia f) Leiter Vinicio Chim bay Vallejo

A G R A D E C I M I E N T O

M i 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 siendo un gran apoyo en mi vida.

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

Diego Ramón Segovia Segovia

M i 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 compañero, que no solo ha sido la persona con la cual hemos trabajado arduamente, sino que se ha convertido en un gran amigo en el cual he podido apoyarme.

Leiter Vinicio Chim bay Vallejo

DEDICATORIA

El resultado a un gran esfuerzo y dedicación ha permitido que consiga alcanzar la meta que me he impuesto. 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.

Diego Ramón Segovia Segovia

Este resultado es el cumplimiento a una promesa que hice hace años atrás, por eso este proyecto lo dedico a una persona muy especial para mí: mi madre que siempre fue mi apoyo incondicional en todo momento.

Leiter Vinicio Chim bay Vallejo

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO PÁGINA

1.	GENERALIDADES	
1.1	Introducción	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo General	3
1.3.2	Objetivos Específicos	3
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Controladores de frecuencia variable	4
2.2	Variador de velocidad por variador de frecuencia	6
2.3	Principales funciones de los variadores de frecuencia	8
2.4	Tipos de variadores de velocidad	9
2.5	Aplicaciones de los variadores de frecuencia	14
2.6	Ventajas y desventajas del uso de variadores de frecuencia	17
2.6.1	Ventajas	17
2.6.2	Desventajas	18
2.7	Variador de velocidad Siemens SINAMICS G110	18
2.7.1	Puntos clave para seleccionar correctamente un variador Sinamics G110	18
2.7.2	Ajustes de fábrica	19
2.7.3	Comunicación	20
2.8	El módulo lógico universal (LOGO)	21
2.8.1	Presentación de LOGO	21
2.8.2	Identificación de LOGO	22
2.8.3	Funciones de LOGO	22
2.8.4	Software de LOGO	28
2.8.5	Aplicaciones posibles de LOGO	30
2.8.6	Ventajas al utilizar LOGO	30
2.9	Motor eléctrico CA	31
2.9.1	Principio de funcionamiento	31
2.9.2	Motores de inducción	32
2.9.3	Principio de funcionamiento del motor asíncrono	32

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE LABORATORIO CON VARIADOR DE FRECUENCIA

3.1	Diseño y construcción	34
3.1.2	Elementos constitutivos	36
3.1.3	Planeación del ensamble del módulo de laboratorio	55
3.1.4	Programación del variador de frecuencia	58
3.2	Funciones	60
3.2.1	Arranque	60
3.2.2	Aceleración	60
3.2.3	Frenado	60
3.2.4	Inversión de giro	61
3.2.5	Protección integrada	61
3.3	Mediciones con el variador de frecuencia	62
3.4	Pruebas de funcionamiento	63
3.4.1	Pruebas realizadas	63

4. GUIAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.1	Elaboración de un manual de prácticas	65
4.1.1	Práctica de laboratorio 1	65
4.1.2	Práctica de laboratorio 2	68
4.1.3	Práctica de laboratorio 3	73
4.1.4	Práctica de laboratorio 4	83
4.2	Elaboración de un manual de mantenimiento	86
4.2.1	Puntos a revisar diaria y periódicamente	86
4.2.2	Códigos de fallo	89
4.2.3	Códigos de alarma	95

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	99
5.2	Recomendaciones	100

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

TABLA PÁGINA

2.1	LISTA DE FUNCIONES GF	25
2.2	PROGRAMACIÓN DE TEXTO DE AVISO	28
3.1	ESTADOS DE OPERACIÓN DE LOGO	43
3.2	IDENTIFICACIÓN ENTRADAS Y SALIDAS LOGO	44
3.3	MEDIDAS PARA EL MONTAJE	48
3.4	DATOS TÉCNICOS VFD SINAMICS G110	49
3.5	BORNERA DEL VFD	51
3.6	CONEXIONES DE LA VARIANTE ANALÓGICA	53
3.7	FUNCIONES DEL BOP	54
3.8	INDICADORES DE ESTADO LED	55
3.9	FALLOS VFD	55
3.10	ALARMAS VFD	56
4.1	EJEMPLO DE MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS	68
4.2	TAREAS DE MANTENIMIENTO DEL MÓDULO	88

LISTA DE FIGURAS

FIGURA PÁGINA

2.1	Esquema básico de un variador de frecuencia.....	6
2.2	Etapas del rectificador.....	6
2.3	Rectificador trifásico de media onda.....	7
2.4	Rectificador trifásico de onda completa o puente de Graetz.....	7
2.5	Banda transportadora.....	14
2.6	Bomba centrífuga.....	14
2.7	Bomba de desplazamiento positivo.....	15
2.8	Ascensor.....	15
2.9	Prensa mecánica.....	16
2.10	Máquina textil.....	16
2.11	Conexiones de la variante USS.....	19
2.12	Ejemplo de bus USS.....	19
2.13	Interruptor DIP para frecuencia nominal del motor y terminación de bus.....	20
2.14	Comunicación G110 Starter.....	20
2.15	Logo versión estándar.....	21
2.16	Pantalla de presentación LOGO SoftComfort.....	29
2.17	Pantalla de programación de LOGO SoftComfort.....	29
2.18	Esquema de instalación del motor.....	33
2.19	Principio de funcionamiento de un motor de inducción.....	34
3.1	VFD Siemens Sinamics G110.....	35
3.2	Fuente de alimentación, laboratorio de Control Industrial.....	36
3.3	Diagrama del breaker.....	36
3.4	Selector de dos posiciones.....	37
3.5	Luz piloto.....	37
3.6	Pulsador.....	38
3.7	Pulsador de emergencia.....	38
3.8	Ubicación del potenciómetro en las borneras del convertidor.....	39
3.9	Potenciómetro de precisión.....	39
3.10	Relé 24Vcd.....	40
3.11	Guardamotor.....	41
3.12	Desmontaje de LOGO.....	42
3.13	Conexión de LOGO a la red.....	43

3.14	Conexión de las entradas de LOGO.....	43
3.15	Conexión de salidas por relé.....	44
3.16	Identificación de bornes de LOGO.....	45
3.17	Distancias para el montaje.....	49
3.18	Bornes de red y del motor.....	51
3.19	Esquema de bloques SINAMICS G110.....	52
3.20	Conexiones de la variante analógica.....	53
3.21	Diseño del tablero.....	57
3.22	Montaje elementos de mando.....	57
3.23	Módulo terminado.....	58
3.24	Numero de bits.....	63
3.25	Conexión entre el motor CA y el VFD.....	64
3.26	Diseño del programa LOGO SoftComfort.....	65
4.1	Bornero de red y motor.....	67
4.2	Configuración de arranque del motor.....	68
4.3	Ejemplo de una placa de características de un motor.....	70
4.4	Circuito de conexión del VFD y el motor.....	71
4.5	Principio de funcionamiento de la regulación de velocidad.....	77
4.6	Montaje de LOGO.....	80
4.7	Identificación de entradas y salidas.....	80
4.8	Teclas de operación.....	80
4.9	Conexión de la alimentación del LOGO.....	81
4.10	Terminales del bornero de control.....	81
4.11	Conexión de salidas del LOGO a entradas del VFD.....	81
4.12	Conexión de entradas al LOGO.....	82
4.13	Ingreso a programación.....	82
4.14	Programa visualizado desde LOGO SoftComfort.....	83

LISTA DE ABREVIACIONES

AC	Corriente alterna
ADC	Convertidor analógico-digital
ADR	Dirección
AFM	Modificación de la frecuencia
AIN	Entrada analógica
AOP	Unidad de manejo con visualización en texto claro /Memoria de los parámetros
AOUT	Salida analógica
ASP	Valor nominal analógico
ASVM	Modulación de aguja espacial asimétrica
BOP	Unidad de manejo con indicación numérica
C	Puesta en servicio
CCW	A la izquierda, en sentido antihorario
CDS	Record de datos de comando
CI	Entrada del conector
CM	Gestión de configuración
CMD	Comando
CM M	Maestro combinado
CO	Salida del conector
CO/BO	Salida del conector/Salida del binector
COM	Link interface de comunicación
CT	Puesta en servicio, listo para el servicio
CT	Par de giro constante
CWA	la derecha, en sentido horario
DC	Corriente continua
DIN	Entrada digital
DIP	Interruptor
DOUT	Salida digital
DS	Estado de accionamiento
EEPROM	Circuito integrado (programable y borrable eléctricamente)
TEM	Tolerancia electromagnética
FEM	Fuerza electromagnética
FCL	Limitación rápida de la corriente
FF	Frecuencia fija
FFB	Bloque funcional libre

F S A	T a m a ñ o d e c o n s t r u c c i ó n A
I / O	E n t r a d a / S a l i d a
I G B T	T r a n s i s t o r b i p o l a r c o n c o m p u e r t a a i s l a d a
J O G	I m p u l s o r d e a v a n c e
L C D	D i s p l a y d e c r i s t a l l í q u i d o
L E D	D i o d o l u m i n o s o

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A: Mediciones con el variador de frecuencia
- ANEXO B: Lista de parámetros SINAMICS G110
- ANEXO C: Control de presión
- ANEXO D: Banda transportadora
- ANEXO E: Control del sistema mezclador de líquidos

RESUMEN

La investigación es Diseño y Construcción de un Módulo con Variador de Frecuencia para el Control del Arranque, aceleración, frenado, inversión de giro y protección integrada de motores de corriente alterna, brinda al estudiante una guía de prácticas acerca del manejo del Variador de Velocidad SIEMENS SINAMICS G110 y el LOGO 230RC que hoy en día son dispositivos muy utilizados en la industria.

El convertidor de frecuencia SINAMICS G110 permite operar mediante variantes: digital, USS y analógica, permitiéndonos el control de la velocidad y el voltaje de un motor eléctrico CA, por medio de la regulación de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Este es el método más eficiente en el manejo de la velocidad en procesos industriales, permitiendo el ahorro energético, son las principales razones para el empleo de variadores de velocidad.

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 LOGO) para controlar motores asíncronos, y conseguir un óptimo manejo del LOGO y VFD, se los ha estudiado cuidadosamente en temas como: Partes fundamentales, formas de operación y manejo y parámetros a modificar.

Lo que se desea alcanzar 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.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

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 parte 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.

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 Mecánica y de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento en particular adquieran conocimientos teórico-prácticos acerca de los variadores de velocidad.

1.2 Justificación

Sabiendo que la evolución de la tecnología avanza a una velocidad vertiginosa, el Control Automático de procesos es una de las disciplinas que más se ha desarrollado, dando bases a una segunda revolución industrial. Muchos de estos equipos tienen un costo elevado

siendo por esta razón muy difíciles de ser adquiridos; con esta dificultad en cuanto a costo es necesario conseguir equipos u otros insumos que tengan estas características y que cumplan con nuestras expectativas a un menor costo.

La idea principal del presente proyecto está centrada en la posibilidad de reducir costos, poder controlar la frecuencia y la tensión de alimentación de un motor eléctrico a voluntad del operador; además de ir renovando los diferentes equipos y materiales utilizados en el laboratorio de Control Industrial.

Al momento de empezar a realizar el diseño y la construcción del módulo de laboratorio con variador de frecuencia la idea será elaborar un equipo que cumpla con las siguientes características:

- Fácil construcción
- Bajo costo de fabricación
- Tiempo de fabricación mínimo
- Que no dependa de equipo externo para su fabricación y funcionamiento
- Que el costo de mantenimiento sea mínimo
- El tiempo de mantenimiento sea reducido

Con todas estas características la idea es poder demostrar que no se necesitan de grandes recursos para poder lograr cumplir con nuestras metas y de esta manera dar una solución efectiva, rápida y confiable a problemas reales que se encuentran en distintos tipos de industrias y empresas.

Los controladores de frecuencia variable (Variable Frequency Drives), más conocidos por sus siglas VFD son dispositivos complejos. Sin embargo, trabajan con motores estándar por lo tanto admiten su fácil adición a unidades motrices existentes. Los sistemas de variación de velocidad alteran la velocidad del motor cambiando el voltaje y la frecuencia de la electricidad suministrada a este en base a los requerimientos del sistema. Mediante estas características se permitirá a los estudiantes una formación teórico-práctica con guías de laboratorio que serán utilizadas para realizar diferentes pruebas y monitoreo de los parámetros de funcionamiento de este dispositivo electrónico, el cual forma parte activa durante la

desarrollo de los estudiantes, logrando un mejoramiento continuo y fomentando la investigación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y construir un módulo de laboratorio con variador de frecuencia para el control del arranque, aceleración, frenado, inversión de giro y protección integrada de motores eléctricos de corriente alterna.

1.3.2 Objetivos específicos

- Conocer la estructura y características de los variadores de frecuencia.
- Analizar las ventajas y desventajas de su uso.
- Realizar el montaje y pruebas de buen funcionamiento del módulo.
- Elaborar guías de laboratorio para el manejo y programación del variador de frecuencia.
- Elaborar un plan de mantenimiento del módulo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Controladores de Frecuencia Variable

Una gran parte de los equipos utilizados en la industria moderna funcionan a velocidades variables, como por ejemplo los trenes laminadores, los mecanismos de elevación, las máquinas-herramientas, etc.

En estos equipos se requiere un control preciso de la velocidad para lograr una adecuada productividad, una buena terminación del producto elaborado, o garantizar la seguridad de personas y bienes. El control de velocidad puede realizarse por métodos mecánicos, mediante la utilización de poleas, engranajes reductores, o por medios eléctricos.

La máquina de inducción alimentada con corriente C.A., particularmente la que utiliza un rotor en jaula de ardilla, es el motor eléctrico más común en todo tipo de aplicaciones industriales y el que abarca un margen de potencias mayor. Pero no basta conectar un motor a la red para utilizarlo correctamente, sino que existen diversos elementos que contribuyen a garantizar un funcionamiento seguro.

La fase de arranque merece una especial atención. El par debe ser el necesario para mover la carga con una aceleración adecuada hasta que se alcanza la velocidad de funcionamiento en régimen permanente, procurando que no aparezcan problemas eléctricos o mecánicos capaces de perjudicar al motor, a la instalación eléctrica o a los elementos que hay que mover.

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad. La velocidad del motor asincrónico depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación. Como la frecuencia de alimentación que entregan las compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos.

El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

Velocidad Angular

Se define como el ángulo girado en una unidad de tiempo; el símbolo de la velocidad angular es $[\omega]$, no obstante, en la industria se utiliza también para referirse, la letra: "n" para el movimiento de rotación de un sólido rígido.

$$\omega = n = 2\pi f \quad (1)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

Donde:

ω : velocidad angular

π : Constante [3.1416]

f: Frecuencia

T: Periodo

Las unidades de la velocidad son los *radianes por segundo (rad/s)*, sin embargo velocidad también se mide en *metros por segundo (m/s)*.

Revoluciones por minuto (R.P.M.)

Para calcular las rpm de un motor se utiliza la ecuación.

$$\text{rpm} = \frac{60 \cdot f}{\# \text{Pares polares}} \quad (3)$$

Donde:

rpm : Revoluciones por minuto

f: Frecuencia

2.2 Variador de velocidad por variador de frecuencia

Un variador o convertidor de frecuencia transforma la tensión de alimentación trifásica o monofásica con frecuencia fija (60 Hz), en tensión trifásica de frecuencia variable. Esta transformación se realiza para manipular la velocidad de motores trifásicos de corriente alterna. El convertidor de frecuencia se puede dividir en cuatro partes diferenciadas¹:

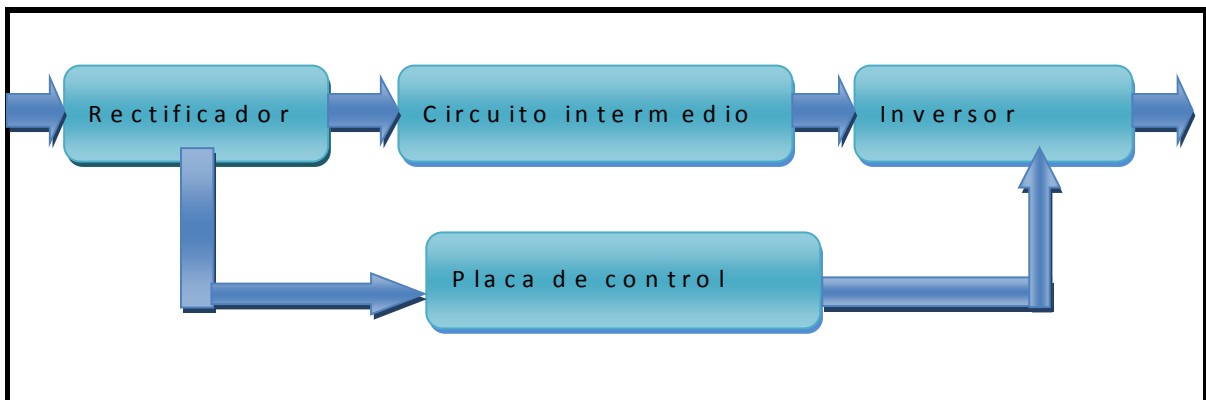


Figura 2.1: Esquema básico de un variador de frecuencia

Rectificador; Convierte la entrada de tensión alterna monofásica o trifásica, en voltaje directo pulsante. Existen de dos tipos controlado formado por SCR's que permiten regular el voltaje DC, y no controlado compuesto por diodos en los que el nivel de DC obtenido es fijo.

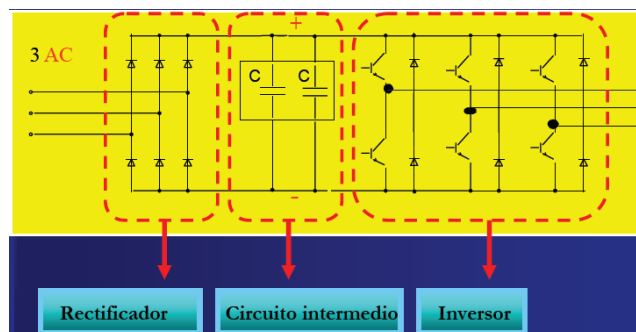


Figura 2.2: Etapas del rectificador

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.

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.

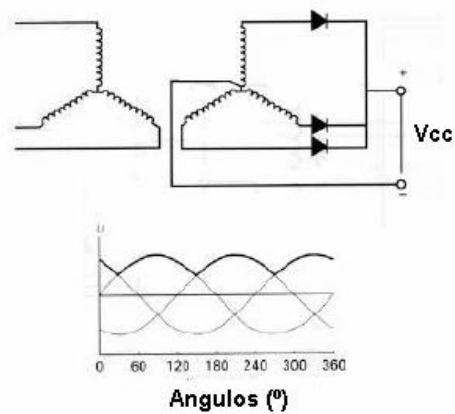


Figura 2.3: Rectificador trifásico de media onda

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.

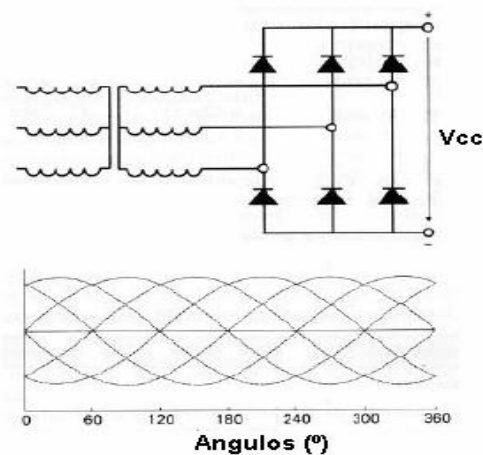


Figura 2.4: Rectificador trifásico de onda completa o puente de Graetz

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.

Circuito intermedio; Funciona como acumulador de energía que será suministrada al inversor. Dependiendo de la aplicación cumple con proporcionar corriente continua variable mediante un inductor, estabilizar o suavizar el voltaje DC pulsante usando un capacitor, u obtener voltaje DC variable por medio de un transistor que trocea el voltaje y luego se fija por el capacitor conectado al bus DC.

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

Controlador; Cumple con las siguientes funciones: controlar los semi-conductores del variador de frecuencia, intercambiar datos entre el variador y los periféricos, almacenar y reportar fallos, manejar las funciones de operación.

2.3 Principales funciones de los variadores de frecuencia

Aceleración controlada; La aceleración del motor se controla por medio de una rampa de aceleración lineal o en forma de S. Generalmente, la rampa puede regularse y, por tanto, permite variar el tiempo de aceleración

Variación de velocidad; La regulación permite que la velocidad sea prácticamente insensible a las perturbaciones, generalmente, la precisión de un regulador se expresa en % del valor nominal de la magnitud regulada

Deceleración controlada; Cuando se corta la alimentación de un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina. Los variadores de frecuencia permiten controlar la deceleración por medio de una rampa lineal o en forma de S, que suele ser independiente de la rampa de aceleración. Es posible regular la rampa para que el tiempo de transición entre la velocidad en régimen estable y una velocidad intermedia o nula sea:

- **Inferior al tiempo de deceleración natural.** El motor debe desarrollar un par resistente que se añade al par resistente de la máquina.
- **Superior al tiempo de deceleración natural.** El motor debe desarrollar un par inferior al par resistente de la máquina.

Inversión del sentido de marcha; Puede controlarse a velocidad nula después de la deceleración sin frenado eléctrico, o con frenado eléctrico, para que la deceleración y la inversión sean rápidas.

Protección integrada; Se garantiza tanto la protección térmica de los motores como la suya propia. En caso de recalentamiento excesivo, genera una señal de alarma o de fallo. Por otra parte, los variadores, especialmente los convertidores de frecuencia, suelen incluir protección contra:

- cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra
- sobretensiones y caídas de tensión
- desequilibrios de fases
- funcionamiento monofásico

2.4 Tipos de variadores de velocidad

En términos generales, puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos. Dentro de cada tipo pueden

encontrarse más subtipos, que se detallarán a continuación. Cabe aclarar que los variadores más antiguos fueron los mecánicos, que se emplearon originalmente para controlar la velocidad de las ruedas hidráulicas de molinos, así como la velocidad de las máquinas de vapor. Los variadores de velocidad mecánicos e hidráulicos generalmente son conocidos como transmisiones cuando se emplean en vehículos, equipo agroindustrial o algunos otros tipos de maquinaria.

2.4.1 Variadores mecánicos

- Variadores de paso ajustable: estos dispositivos emplean poleas y bandas en las cuales el diámetro de una o más poleas puede ser modificado.
- Variadores de tracción: transmiten potencia a través de rodillos metálicos. La relación de velocidades de entrada/salida se ajusta moviendo los rodillos para cambiar las áreas de contacto entre ellos y así la relación de transmisión.

2.4.2 Variadores hidráulicos

- **Variador hidrostático:** Consta de una bomba hidráulica y un motor hidráulico (ambos de desplazamiento positivo). Una revolución de la bomba o el motor corresponde a una cantidad bien definida de volumen del fluido manejado. De esta forma la velocidad puede ser controlada mediante la regulación de una válvula de control, o bien, cambiando el desplazamiento de la bomba o el motor².
- **Variador hidrodinámico:** Emplea aceite hidráulico para transmitir par mecánico entre un impulsor de entrada (sobre un eje de velocidad constante) y un rotor de salida (sobre un eje de velocidad ajustable). También llamado acoplador hidráulico de llenado variable.
- **Variador hidrovicoso:** consta de uno o más discos conectados con un eje de entrada los cuales estará en contacto físico (pero no conectados mecánicamente) con uno o más discos conectados al eje de salida. El par mecánico (torque) se transmite desde el eje de entrada a la salida a través de la película de aceite entre los discos. De esta forma, el par transmitido es proporcional a la presión ejercida por el cilindro hidráulico que presiona los discos.

2.4.3 Variadores eléctrico-electrónicos

Los variadores eléctrico-electrónicos incluyen tanto el controlador como el motor eléctrico, sin embargo es práctica común emplear el término variador únicamente al controlador.

Los primeros variadores de esta categoría emplearon la tecnología de los tubos de vacío. Con los años después se han ido incorporando dispositivos de estado sólido, lo cual ha reducido significativamente el volumen y costo, mejorando la eficiencia y confiabilidad de los dispositivos. Existen cuatro categorías de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos

- variadores para motores de CC
- variadores de velocidad por corrientes de Eddy
- variadores de deslizamiento
- para motores de CA conocidos como variadores de frecuencia.

2.4.4 Variadores para motores de CC

Estos variadores permiten controlar la velocidad de motores de Corriente continua serie, derivación, compuesto y de imanes permanentes. Para el caso de cualquiera de las máquinas anteriores se cumple la siguiente expresión:

$$V_t = K * \Phi_m * N_m \quad (4)$$

Donde:

V_t : Voltaje terminal (V).

K : Constante de la máquina.

Φ_m : Flujo magnético producido por el campo (Wb)

N_m : Velocidad mecánica (rpm).

Despejando la velocidad mecánica, se obtiene

$$N_m = \frac{V_t}{K \cdot I_F} \quad (5)$$

Entonces, de la ecuación 5 puede observarse que la velocidad mecánica de un motor de CC es directamente proporcional al voltaje terminal (V_t) e inversamente proporcional al flujo magnético (I_F), el cual a su vez depende de la corriente de campo (I_F).

Aprovechando esta situación es que este tipo de variadores puede controlar la velocidad de un motor de CC: controlando su voltaje terminal, o bien, manipulando el valor de la corriente de campo.

$$k = \frac{V_b}{N_d} \quad (6)$$

K es la constante de FCEM del motor y se expresa en Voltios / rpm. N_d es la Velocidad de giro del motor en rpm, V_b es FCEM debido al giro del motor (voltios)³.

2.4.5 Variadores por corrientes de Eddy

Un variador de velocidad por corrientes de Eddy consta de un motor de velocidad fija y un embrague de corrientes de Eddy. El embrague contiene un rotor de velocidad fija (acoplado al motor) y un rotor de velocidad variable, separados por un pequeño entrehierro. Se cuenta, además, con una bobina de campo, cuya corriente puede ser regulada, la cual produce un campo magnético que determinará el par mecánico transmitido del rotor de entrada al rotor de salida. De esta forma, a mayor intensidad de campo magnético, mayor par y velocidad transmitidos, y a menor campo magnético menores serán el par y la velocidad en el rotor de salida. El control de la velocidad de salida de este tipo de variadores generalmente se realiza por medio de lazo cerrado, utilizando como elemento de retroalimentación un tacómetro de CA.

2.4.6 Variadores de deslizamiento

Este tipo de variadores se aplica únicamente para los motores de inducción de rotor devanado. En cualquier un motor de inducción, la velocidad mecánica (N_m) puede determinarse mediante la siguiente expresión:

$$N_m = \frac{120 * f * (1 - s)}{\#Pares\ polares} \quad (7)$$

Donde "s" es el deslizamiento del motor, cuyo valor oscila entre 0 y 1. De esta forma, a mayor deslizamiento, menor velocidad mecánica del motor. El deslizamiento puede incrementarse al aumentar la resistencia del devanado del rotor, o bien, al reducir el voltaje en el devanado del rotor. De esta forma es que puede conseguirse el control de la velocidad en los motores de inducción de rotor devanado. Sin embargo, este tipo de variadores es de menor eficiencia que otros, razón por la cual en la actualidad tiene muy poca aplicación.

2.4.7 Variadores para motores de CA

Los variadores de frecuencia permiten controlar la velocidad tanto de motores de inducción (asíncronos de jaula de ardilla o de rotor devanado), como la velocidad de motores síncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor. Para el caso de un motor síncrono, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión.

$$N_s = \frac{120 * f}{\#Pares\ polares} \quad (8)$$

Cuando se trata de motores de inducción, se tiene:

$$N_m = \frac{120 * f * (1 - s)}{\#Pares\ polares} \quad (9)$$

Donde:

N_s : velocidad síncrona (rpm)

N_m : velocidad mecánica (rpm)

f: frecuencia de alimentación (Hz)

s: deslizamiento (adimensional)

Como puede verse en las expresiones anteriores, la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad de la flecha, y al reducir el valor de la frecuencia

disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina

Estos variadores mantienen la razón Voltaje/ Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximo de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida⁴.

2.5 Aplicaciones de los variadores de frecuencia

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

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



Figura 2.5: Banda transportadora

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



Figura 2.6: Bomba centrífuga

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



Figura 2.7: Bomba de desplazamiento positivo

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



Figura 2.8: Ascensor

Extrusoras; se obtiene una gran variación de velocidades y control total de de la cupla del motor

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

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



Figura 2.9: Prensa mecánica

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



Figura 2.10: Máquina textil

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

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

Otras aplicaciones

Elevadores de cangilones, transportadores helicoidales, continuas de papel, máquinas herramientas, máquinas para soldadura, pantógrafos, máquinas para vidrios, fulones de curtiembres, secaderos de tabaco, clasificadoras de frutas, conformadoras de cables, trefiladoras de caños, laminadoras, mezcladoras, trefiladoras, mezcladoras, trefiladoras de aluminio, cable, etc., trituradoras de minerales, trapiches de caña, hornos giratorios de cemento, hornos de industrias alimenticias, puentes grúa, bancos de prueba, secadores industriales, tapadoras de envases, norias para frigoríficos, agitadores, cardeadoras, dosificadoras, dispersores, reactores, pailas, lavadoras industriales, lustradoras, molinos rotativos, pulidoras, fresas, bobinadoras y desbobinadoras, arenadoras, separadores, vibradores, locomotoras, vehículos eléctricos, escaleras mecánicas, aire acondicionado, portones automáticos, plataformas móviles, tornillos sinfin, válvulas rotativas, calandras, tejedoras, extractores, posicionadores, etc.

2.6 Ventajas y desventajas del uso de los variadores de frecuencia

2.6.1 Ventajas de la utilización del Variador de Velocidad SINAMICS G 110.

- El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Limita la corriente de arranque.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia.
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómat o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.
- Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, rpm, etc...).

2.6.2 Desventajas de la utilización del Variador de Velocidad SINAMICS G 110

- Es un sistema caro, pero rentable a largo plazo.
- Requiere estudio de las especificaciones del fabricante.
- Requiere un tiempo para realizar la programación.

2.7 Variador de velocidad Siemens Sinamics G 110

2.7.1 Puntos claves para seleccionar correctamente un variador Sinamics G 110

- Características del motor a controlar:
 - a.- Corriente máxima (considerando factor de servicio).
 - b.- Voltaje nominal.
 - c.- Frecuencia nominal.
 - d.- El motor debe ser apto para ser controlado por un variador.

- Tipos de carga o aplicación. De acuerdo al tipo de carga (según su característica de torque o par) se establecerá el modelo (aspecto económico) y su programación (prestaciones).
- Condiciones ambientales y de trabajo
 - a.- Temperatura ambiente.
 - b.- Altura (por razones térmicas, a mayor altura de operación, la presión atmosférica disminuye ocasionando una menor capacidad de refrigeración del equipo). A temperaturas mayores a 50°C ó alturas de trabajo superiores a los 1.000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), en caso de no tener una muy buena ventilación (ejemplo: forzada) el equipo deberá ser derrateado (desclasificado), es decir la potencia real del variador será menor a la que indica su placa, por lo que deberá considerarse variadores de mayor potencia para cubrir/compensar el derrateo.
 - c.- Humedad, vibración y contaminación (ejemplo: polvo, melaza, etc.), en cuyo caso deberán ser aislados o protegidos adecuadamente (gabinete con grado de protección idóneo).
- Condiciones de red y calidad de energía.
 - a.- Bajo existencias de cargas sensibles adyacentes a los variadores o si se quiere disminuir la generación de armónicos producto de los variadores, deberán instalarse inductancias de entrada (antes de los variadores a manera de filtros). Se lo pide como accesorio para cada modelo de variador Sinamics.
 - b.- Necesidad de frenado rápido del motor implicará el instalar unidades de frenado dinámico o resistencia de frenado. Se lo pide como accesorio para cada modelo de variador Sinamics.

2.7.2 Ajuste de fábrica

El convertidor SINAMICS G110 sale de fábrica ajustado para poder funcionar sin necesidad de parametrizaciones adicionales. Los parámetros (P0304, P0305, P0307, P0310) se han ajustado para un motor de Siemens de 4 polos y hay que cotejarlos con los datos asignados del motor a conectar (véase la placa de características).

Ajustes de fábrica específicos para la variante USS

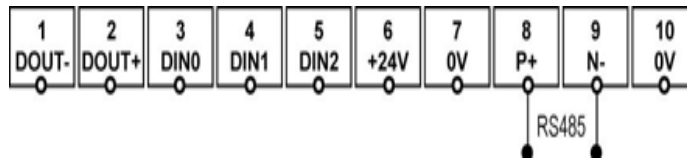


Figura 2.11: Conexiones de la variante USS



Figura 2.12: Ejemplo de bus USS

Interruptores DIP

Los SINAMICS G110 están preajustados para motores con una frecuencia nominal de 50 Hz. Se pueden adaptar, por medio el interruptor DIP que se encuentra en la parte frontal, para el funcionamiento con motores de 60 Hz.

Terminación de bus para la variante USS

El último convertidor necesita una terminación de bus. Ponga los interruptores DIP, en la parte frontal (interruptores DIP 2 y 3), en la posición "terminación de Bus"(ON). El potencial 0 V (borne 10) hay que conectarlo a todos usuarios del bus USS.



Figura 2.13: Interruptor DIP para frecuencia nominal del motor y terminación de bus

2.7.3 Comunicación

Estructura de la comunicación SINAMICS G110 ⇔ STARTER

La comunicación entre el STARTER y el SINAMICS G110 requiere de los siguientes componentes opcionales:

- Kit de conexión PC-convertidor
- BOP, hay que modificar los valores estándar USS en los convertidores SINAMICS G110.

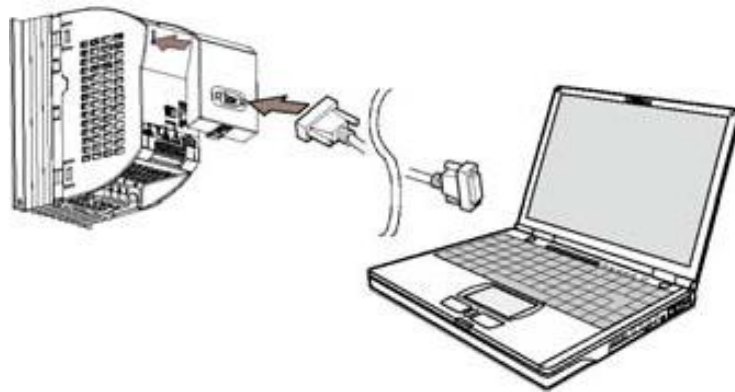


Figura 2.14: Comunicación G110 Starter

2.8 El Módulo lógico universal (LOGO)

2.8.1 Presentación de LOGO

LOGO es el módulo lógico universal de Siemens, lleva integrados:

- Control
- Unidad de operación y visualización
- Fuente de alimentación
- Interfase para módulos de programa y cable de PC
- Ciertas funciones básicas usuales en la práctica, por ejemplo, para activación/desactivación retardada y relé de impulsos.
- Reloj temporizador
- Marcas binarias
- Determinadas entradas y salidas según el tipo del equipo

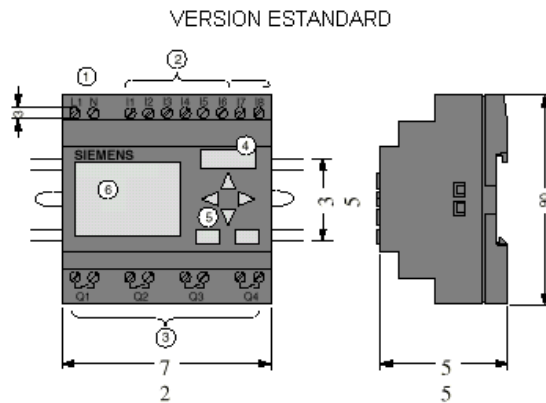


Figura 2.15: Logo versión estándar

1. Alimentación de tensión
2. Entradas
3. Salidas
4. Receptáculo de módulo con revestimiento
5. Panel de manejo
6. Display LCD
7. Conexión de interfase

LOGO se prevé para 12 Vcc, 24 Vcc, 24 Vca y 230 Vca y se utilizara la variante con 8 entradas y 4 salidas, integrada en 72 x 90 x 55 mm. Todas las variantes incluyen 29 funciones básicas y especiales listas para la redacción de programas. Las distintas variantes permiten la adaptación sumamente flexible a su aplicación especial.

LOGO ofrece soluciones que abarcan desde la pequeña instalación doméstica, pasando por cometidos de automatización menores, hasta las aplicaciones de gran envergadura con implementación del sistema bus de interfase AS.

2.8.2 Identificación de LOGO

De la identificación de LOGO se deducen diferentes características del mismo o:

- 12: Versión de 12 V
- 24: Versión de 24 V
- 230: Versión de 115/230 V

- R: Salidas de relé (sin R: salidas de transistor)
- C: Reloj de temporización semanal integrado
- O: Variante sin display
- L: Cantidad doble de salidas y entradas
- B11: Esclavo con conexión de bus de interfase AS

2.8.3 Funciones de LOGO

LOGO pone a disposición diferentes elementos en el modo de programación. Para orientación, se distribuyen dichos elementos en distintas 'listas', que se especifican a continuación:

- ↓ **Co**: Lista de bornes (**C**onnecto**r**)
- ↓ **GF**: Lista de funciones básicas AND, OR, etc.
- ↓ **SF**: Lista de funciones especiales
- ↓ **BN**: Lista de bloques ya listos en el circuito y utilizables posteriormente

Todas las listas incluyen elementos disponibles en LOGO. Normalmente se trata de todos los bornes, todas las funciones básicas y todas las funciones especiales que se encuentran en LOGO. También van incluidos todos los bloques que se ya ha creado en LOGO antes de haber solicitado la respectiva lista **_BN**.

Ocultación de algunos elementos

LOGO no visualiza todos los elementos en los casos siguientes:

- Si no puede insertarse ningún otro bloque
- En este caso es insuficiente la capacidad de memoria o se alcanzó la máxima cantidad de bloques posibles (56).
- Si un bloque especial requiere más capacidad de memoria que la disponible aún en LOGO.
- Si resultaran entonces más de 7 bloques funcionales conectados en serie.

Constantes y bornes ↓ **Co**

Se denominan constantes y bornes (en inglés Connectors = Co) a las entradas, salidas, marcas y niveles de tensión fijos (constantes).

Entradas; Las entradas se identifican mediante una I. Los números de las entradas (I1, I2,...) corresponden a los números de los bornes de entrada en LOGO.

Entradas analógicas; En las variantes de LOGO! LOGO! 24, LOGO! 12/24RC y LOGO! 12/24RCo se prevén las entradas I7 y I8 que, según la programación, pueden utilizarse también como AI1 y AI2. Si se emplean las entradas como I7 y I8, la señal aplicada se interpreta como valor digital. Al utilizar AI1 y AI2 se interpretan las señales como valor analógico.

En las funciones especiales que en el lado de entrada sólo resulta conveniente enlazar con entradas analógicas se ofrecen en el modo de programación para elegir la señal de entrada únicamente las entradas analógicas AI1 y AI2.

Salidas; Las salidas se identifican mediante una Q. Los números de las salidas (Q1, Q2,...) corresponden a los números de los bornes de salida en LOGO.

Marcas; Las marcas se identifican mediante una M. Las marcas son salidas virtuales que poseen en su salida el mismo valor que hay aplicado a su entrada. En LOGO se prevén las 8 marcas M1... M8.

Utilizando marcas es posible rebasar en un programa la cantidad máxima de bloques conectados en serie.

Marca inicial; La marca M8 está activada en el primer ciclo del programa de aplicación y puede utilizarse por lo tanto en su programa como marca inicial.

Una vez transcurrido el primer ciclo de la ejecución del programa su respuesta es automáticamente.

En los demás ciclos puede emplearse la marca M 8 para activar, borrar y evaluar igual que las marcas M 1 a M 7.

Niveles; Los niveles de tensión se identifican mediante hi y lo. Si un bloque debe llevar aplicado constantemente el estado “1” = hi o el estado “0” = lo, se cablea su entrada con el nivel fijo o el valor constante hi o lo.


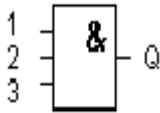
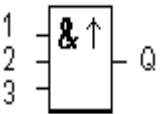

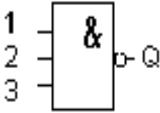
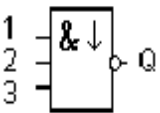

Bornes abiertos; Si no debe ser cableado el pin de conexión de un bloque, se simboliza ello mediante una x.

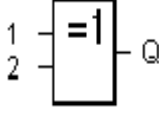
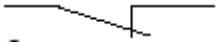
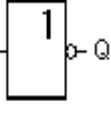
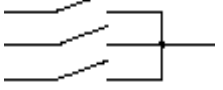
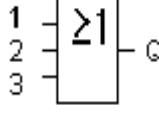
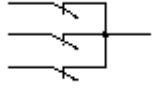
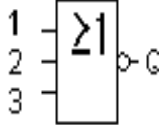
Lista de funciones básicas – GF

Las funciones básicas son elementos lógicos sencillos del álgebra de Boole. En la lista GF se especifican los bloques de funciones básicas para la introducción de un circuito.

Se indican las siguientes funciones básicas más utilizadas con sus respectivas representaciones eléctricas, en LOGO y como se designa la función en la tabla 2.1:

TABLA 2.1: LISTA DE FUNCIONES GF

Representación en el esquema	Representación en LOGO	Designación de la función básica
 <p>Conexión de cierre Contacto de cierre</p>		Y (AND)
		Y con evaluación de flanco
 <p>Conexión en serie contacto de apertura</p>		Y - negada (NAND)
		Y - negada con evaluación de flanco
		

Alternador doble		O - Exclusiva (XOR)
 Contacto de apertura		Inversor (NOT)
 Contacto en paralelo, contacto de cierre		O (OR)
 Conexión en paralelo, contacto de apertura		O - Negada (NOR)

Y (AND) La salida de AND sólo ocupa el estado 1 cuando **todas** las entradas tienen estado 1, es decir, están cerradas. Si no es cableado (x) un pin de entrada de ese bloque, rige para la entrada $x = 1$.

Y-Negada (NAND) La salida de NAND sólo ocupa el estado 0 cuando **todas** las entradas tienen estado 1, es decir, están cerradas. Si no es cableado (x) un pin de entrada de ese bloque, rige para la entrada $x = 1$.

O (OR) La salida de OR ocupa el estado 1 cuando **por lo menos** una entrada tiene estado 1, es decir, está cerrada. Si no es cableado (x) un pin de entrada de ese bloque, rige para la entrada $x = 0$.

O-Negada (NOR) La salida de NOR sólo ocupa el estado 1 cuando **todas** las entradas tienen estado 0, es decir, están desactivadas. Tan pronto como se active alguna de las entradas (estado 1), se repone a 0 la salida de NOR. Si no es cableado (x) un pin de entrada de ese bloque, rige para la entrada $x = 0$.

O-Exclusiva (XOR) La salida de XOR ocupa el estado 1 cuando las entradas tienen estados **diferentes**. Si no es cableado (x) un pin de entrada de ese bloque, rige para la entrada $x = 0$.

Inversor (NOT) La salida ocupa el estado 1 cuando la entrada tiene estado 0. El bloque NOT invierte el estado en la entrada. Un ejemplo de la ventaja que supone INVERSOR: Para LOGO ya no se requiere ningún contacto de apertura, pues basta con utilizar un contacto de cierre y convertirlo en uno de apertura mediante NOT.

Nociones básicas sobre las funciones especiales

Las funciones especiales se distinguen a primera vista de las funciones básicas en la denominación diferente de sus entradas. Las funciones especiales abarcan funciones de tiempo, remanencia y múltiples posibilidades de parametrización para adaptar el programa a sus necesidades individuales. Se expone una breve vista de conjunto de las designaciones de las entradas, así como algunas aclaraciones particulares a las funciones especiales.

Designación de las entradas

Entradas de vinculación; A continuación se describen las conexiones vinculables con otros bloques o las entradas del aparato LOGO.

- **S (set):** A través de la entrada S se puede activar la salida a "1".
- **R (reset):** La entrada de reposición R tiene preferencia sobre las demás entradas y repone salidas a "0".
- **Trg (trigger):** A través de esta entrada se inicia la ejecución de una función.
- **Cnt (count):** A través de esta entrada se reciben impulsos de cómputo.
- **Fre (frequency):** Las señales de frecuencia a evaluar se aplican a la entrada con esta designación.
- **Dir (direction):** A través de esta entrada se determina el sentido en que por ejemplo debe contar un contador.

- **En (enable):** Esta entrada activa la función de un bloque. Si la entrada está en “0”, son ignoradas las demás señales del bloque.
- **Inv (invert):** La señal de salida del bloque es invertida al activarse esta entrada.
- **Ral (resetall):** Son repuestos todos los valores internos.

Entradas parametrizables; En ciertas entradas no se aplican señales, sino que se parametriza el bloque de función con determinados valores.

- **Par (parameter):** Esta entrada no es cableada. Aquí se ajustan parámetros para el bloque.
- **T (time):** Esta entrada no es cableada. Aquí se ajustan tiempos para un bloque.
- **No (number):** Esta entrada no es cableada. Aquí se ajustan intervalos de tiempo.
- **P (priority):** Esta entrada no es cableada. Aquí se asignan prioridades.

Textos de aviso

- **Visualización de un texto de aviso parametrizable en el modo RUN.**

TABLA 2.2: PROGRAMACIÓN DE TEXTO DE AVISO

Símbolo en LOGO	Cableado	Descripción
	Entrada En	Al cambiar de 0 a 1 el estado en la entrada En (Enable) se inicia la edición del texto de aviso.
	Parámetro P	P es la prioridad del texto de aviso.
	Parámetro Par	Par es el texto para el mensaje editado.
	Salida Q	Q tiene el mismo estado que la entrada En.

Restricción: Como máximo son posibles 5 funciones de texto de aviso.

Descripción de la función: Al pasar de 0 a 1 el estado en la entrada, en el modo RUN aparece en el display el texto de aviso que se ha parametrizado. Al pasar de 1 a 0 el estado en la entrada, desaparece el texto de aviso. Si se activaron varias funciones de texto de aviso con $E_n=1$, es visualizado el mensaje que tiene la prioridad máxima.

- Pulsando la tecla ∇ es posible visualizar también los mensajes de prioridad inferior.
- Se puede conmutar entre el display estándar y el de textos de aviso pulsando las teclas \blacktriangle y \blacktriangledown .

2.8.4 Software de LOGO

LOGO SoftComfort

Este programa presenta a LOGO en pantalla, con una representación del circuito físico de las entradas y salidas. La simulación se limita a la activación de las entradas y la obtención de resultados en las lámparas que indican el estado de las salidas. Antes de iniciar la programación se debe elegir el tipo de LOGO a utilizar.

Este software incluye las facilidades siguientes:

- Creación offline de programas para su aplicación.
- Simulación de su circuito (o su programa) en el ordenador.
- Generación e impresión de un esquema general del circuito.
- Protección de los datos del programa en el disco duro u otro medio.
- Transferencia del programa desde LOGO al PC y desde el PC a LOGO.

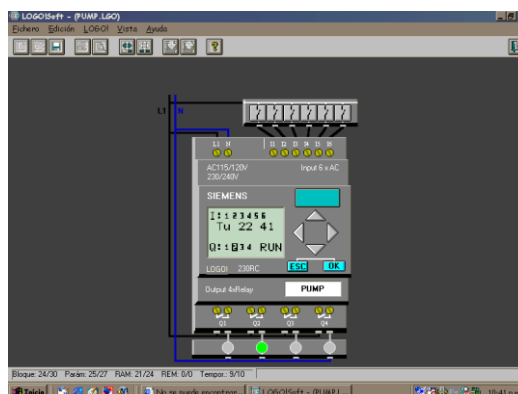


Figura 2.16: Pantalla de presentación LOGO SoftComfort.

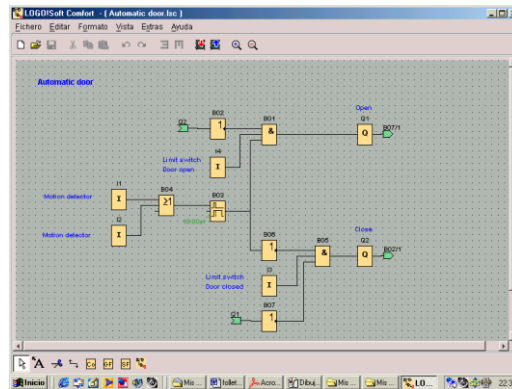


Figura 2.17: Pantalla de programación de LOGO Soft Comfort.

Alternativa; Por consiguiente, el software de programación de LOGO le ofrece una alternativa a la planificación convencional:

- Puede desarrollar sus aplicaciones previamente en su escritorio
- Puede simular su aplicación en el ordenador y verificar su funcionalidad aún antes de utilizar el circuito en la práctica.
- Puede imprimir el circuito completo en un diagrama general o en varios diagramas clasificados por salidas
- Puede archivar sus circuitos en el sistema de ficheros de su PC, de forma que un circuito vuelve a quedar disponible directamente en caso de modificaciones posteriores.
- Puede transferir el programa a LOGO Pulsando sólo unas pocas teclas, de forma que su LOGO Queda convertido en un tiempo mínimo.

2.8.5 Aplicaciones posibles de LOGO

Entre otras, se puede utilizar para las aplicaciones siguientes:

- Irrigación de plantas en invernáculos
- Control de cintas transportadoras
- Control de una máquina dobladora
- Control de una centrifugadora de leche
- Control secuencial de máquinas para soldar cables de grandes secciones
- Interruptores escalonados, por ejemplo para ventiladores

- Control secuencial de calderas de calefacción
- Control de varios pares de bombas con operación centralizada
- Dispositivos cortadores, por ejemplo para mechas detonantes
- Supervisión de la duración de servicio, por ejemplo en una central solar
- Conmutador de pedal inteligente, por ejemplo para preseleccionar velocidades
- Control de una plataforma de elevación
- Impregnación de tejidos,
- Activación de las cintas calentadoras y transportadoras, etcétera.

2.8.6 Ventajas al utilizar LOGO

Resulta particularmente conveniente la aplicación de LOGO sobre todo en los casos siguientes:

- Cuando las funciones integradas en LOGO permiten prescindir de varios elementos conectores auxiliares.
- Cuando se desee evitar los trabajos de cableado y montaje, aprovechando en vez de ello el cableado de LOGO.
- Cuando se desee reducir el espacio ocupado por los componentes en el armario de conexiones o la caja de distribución.
- Cuando se desee introducir o modificar funciones posteriormente sin tener que montar un equipo de conmutación adicional ni cambiar el cableado.
- Cuando se deba ofrecer a los clientes nuevas funciones adicionales para la instalación en edificios comerciales y residenciales.
- Al utilizar interruptores y pulsadores corrientes en el mercado, simplificándose así el montaje de los mismos en la instalación de un edificio.
- Conectar LOGO directamente a la instalación de un edificio, gracias a la fuente de alimentación que lleva integrada.

2.9 Motor eléctrico CA

2.9.1 Principio de funcionamiento

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción. El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

La velocidad constante de un motor síncrono es ventajosa en ciertos aparatos. Sin embargo, no pueden utilizarse este tipo de motores en aplicaciones en las que la carga mecánica sobre el motor llega a ser muy grande, ya que si el motor reduce su velocidad cuando está bajo carga puede quedar fuera de fase con la frecuencia de la corriente y llegar a pararse. Los motores síncronos pueden funcionar con una fuente de potencia monofásica mediante la inclusión de los elementos de circuito adecuados para conseguir un campo magnético rotatorio.

El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el motor de inducción de caja de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas.

2.9.2 Motores de inducción

La denominación de motores asíncronos obedece a que la velocidad de giro del motor no es la de sincronismo, impuesta por la frecuencia de la red. Hoy en día se puede decir que más del 80% de los motores eléctricos utilizados en la industria son de este tipo, trabajando en general a velocidad prácticamente constante. No obstante, y gracias al desarrollo de la electrónica de potencia (inversores y cicloconvertidores), en los últimos años está aumentando considerablemente la utilización de este tipo de motores a velocidad variable.

La gran utilización de los motores asíncronos se debe a las siguientes causas: construcción simple, bajo peso, mínimo volumen, bajo coste y mantenimiento inferior al de cualquier otro tipo de motor eléctrico. Hay dos tipos básicos de motores asíncronos:

- **Motores de jaula de ardilla:** el devanado del rotor está formado por barras de cobre o aluminio, cuyos extremos están puestos en cortocircuito por dos anillos a los cuales se unen por medio de soldadura o fundición.
- **Motor de rotor bobinado:** el devanado del rotor de estos motores está formado por un bobinado trifásico similar al del estator, con igual número de polos.

2.9.3 Principio de funcionamiento del motor asíncrono

El esquema básico de funcionamiento de este tipo de motores es el mostrado en la Figura:

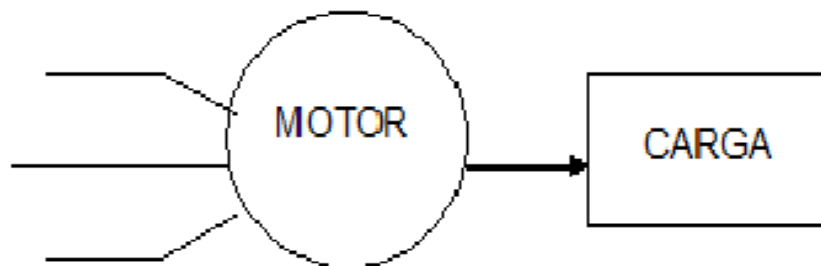


Figura 2.18: Esquema de instalación del motor

Siendo el principio de funcionamiento el de la Figura:

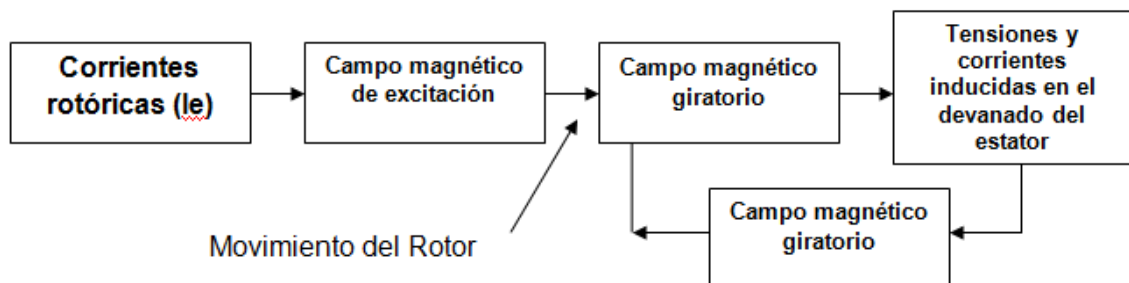


Figura 2.19: Principio de funcionamiento de un motor de inducción

Cuando se alimenta el estator de un motor asíncrono con un sistema trifásico de tensiones de frecuencia f_1 , se origina en el entrehierro un campo magnético giratorio de amplitud constante cuya velocidad es:

$$rpm = \frac{60 \cdot f}{\#Pares\ polares} \quad (10)$$

Donde m es el número de pares de polos del motor. Esta velocidad recibe el nombre de velocidad de sincronismo. En los conductores del rotor, el campo giratorio inducirá unas fuerzas electromagnéticas, que al estar el devanado en cortocircuito darán lugar a unas corrientes. Éstas en presencia de un campo magnético, determinan que sobre los conductores actúen unas fuerzas, las cuales producen un par, que de acuerdo a la ley de Lenz, hace que el rotor tienda a seguir el campo del estator.

La velocidad de giro del rotor (n) no podrá igualar a la de sincronismo n_1 , ya que entonces no se produciría la variación de flujo en el devanado del rotor y no se induciría ninguna fuerza electromagnética. Se denomina deslizamiento (s), a la velocidad relativa del campo giratorio respecto del rotor, expresado en tanto por uno de la velocidad del campo, es decir⁵:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (11)$$

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE LABORATORIO CON VARIADOR DE FRECUENCIA

3.1 Diseño y Construcción

Los variadores de velocidad (drives) son dispositivos que permiten variar la velocidad en un motor controlando electrónicamente el voltaje y la frecuencia entregada al motor, manteniendo el torque constante (hasta la velocidad nominal). Su uso en cargas de torque cuadrático (bombas y ventiladores) permita ahorrar energía significativamente. La idea es poder demostrar que no se necesitan de grandes recursos para poder lograr cumplir con todos los objetivos descritos anteriormente; y de esta manera dar una solución efectiva rápida y confiable a problemas reales que se encuentran en distintos tipos de industrias y empresas.

La industria requiere en numerosas ocasiones el control de un motor con precisión. Como se ha contemplado en el capítulo anterior hay ciertos parámetros de los motores que no son modificables, como por ejemplo la potencia o la tensión de trabajo, son parámetros nominales sobre los que no se tiene control alguno, salvo en el momento de decidir qué motor comprar. Pero si se toma en cuenta la fórmula 10 que determina el número de revoluciones por minuto en un motor trifásico asíncrono; donde f es la frecuencia en Hertz, vemos como el número de rpm's es directamente proporcional a la frecuencia a la que conectamos el motor. Por lo tanto variando la frecuencia se varía directamente la velocidad de giro del motor.

Con este principio, los variadores de frecuencia son capaces de proporcionar un control más completo y preciso sobre el motor, permitiéndose actuar sobre el número máximo y mínimo de rpm's a las que gira un motor, controlando su rampa de aceleración y deceleración o su frenado, controlando el motor por medio de entradas digitales, y en este caso utilizando un LOGO, por medio de entradas analógicas y así encontrar más y más prestaciones en función del tipo de variador utilizado.

Se ha tomado como ejemplo de lo que puede ser el comportamiento en general de los variadores de frecuencia el Sinamics G110 de Siemens (Figura 3.1), aunque otras marcas o modelos van a tener funciones similares, conociendo un modelo se logra una idea bastante

aproximada de cómo pueden funcionar los demás. Para cada variador el fabricante va a facilitar un manual, así que las diferencias para cada marca/modelo no tienen por qué asustar.



Figura 3.1: VFD Siemens Sinamics G110

Como se observa en la figura 3.1 un variador es un aparato de mayor o menor tamaño según la potencia que pueda suministrar con una botonera mediante la que se programarán los parámetros necesarios de acuerdo con la aplicación del motor. Cuenta con un display para ver sobre qué parámetro se está actuando en cada momento. Básicamente el modo de programarlo es eligiendo un determinado parámetro y aplicándole un valor. Para ver a qué función pertenece cada parámetro se cuenta con la inestimable ayuda del manual del variador, que será preciso leer detenidamente antes de proceder con la configuración. El variador también cuenta con una entrada/salida de RS485 para ser programado mediante un equipo informático.

3.1.1 Diseño del circuito eléctrico para la instalación del variador de frecuencia

Para el diseño y construcción del módulo de variador de velocidad, para los motores de CA, se ha tomado en cuenta que, debe ser o estar constituido de tal forma que facilite el aprendizaje e ilustre las partes más importantes del estudio, como también que este se ajuste perfectamente a los módulos que se localizan en el laboratorio de Control Industrial de la Facultad de Mecánica, tomando en cuenta las normas establecidas para la instalación de los diferentes dispositivos eléctricos-electrónicos. El circuito eléctrico está diseñado de acuerdo a las aplicaciones que se ha propuesto en el proyecto; es así que mediante la utilización de un LOGO se realizó la comunicación entre el VFD y el motor, debido a la versatilidad que ofrece el VFD de manejarse mediante salidas analógicas y digitales. Se ha utilizado elementos de

mando y señalización así como una protección independiente de las de las alarmas del VFD. El circuito eléctrico de cómo se realizará el módulo se puede observar en el PLANO 1.

3.1.2 Elementos constitutivos

3.1.2.1 Fuente de alimentación

El Laboratorio de Control Industrial, cuenta con módulos con su propia fuente de alimentación regulable la misma que alimenta a través de sus borneras CC de 0-120V-25A y corriente alterna regulable de 0-120/220 V-15A (figura 3.2) y fuente fija 120/220 V-15A de CA, para nuestro fin utilizaremos 220V CA que será necesario para poner en funcionamiento el módulo de variador de velocidad.



Figura 3.2: Fuente de alimentación, laboratorio de Control Industrial

3.1.2.2 Breaker

Los equipos eléctricos están protegidos de sobrecargas eléctricas por medio de fusibles o breakers. Los breakers hacen la misma función que los fusibles, con la ventaja que pueden ser restaurados manualmente en lugar de tener que ser reemplazados. Los breakers tienen forma de botón, que salta hacia afuera cuando se ve sometido a una sobrecarga; el piloto solo tiene que pulsar sobre el breaker ("botón") para volver a restaurarlo.



Figura 3.3: Diagrama del breaker

3.1.2.3 Selector 2 y 3 posiciones – luz piloto

Los dispositivos de mando son de gran importancia para la comunicación persona-dispositivos en el área de aplicaciones industriales.

El selector de dos posiciones que será utilizado, está montado en la parte frontal del panel, proporcionando el mando de la energía al VFD. Al ubicarlo en la posición 1; en la pantalla del LOGO se muestra un mensaje señalando que el variador está listo, es decir, en el momento de accionamiento se encenderá la luz de color tomate que indicará el paso de energía al módulo.

El selector de tres posiciones a su vez da la señal de inversión de giro con un respectivo mensaje en la pantalla del LOGO y una luz piloto a izquierda y derecha respectivamente sea el sentido de giro.

En el campo industrial podemos ver que los selectores se hallan montados en pletinas de conmutación, paneles de control, por ambas manos, en la manufactura de ascensores, y en las plantas de manejo de materiales, incluidas cintas transportadoras. El accionamiento manual de los dispositivos empieza operando secuencias y procesos funcionales, o sirve para conducir éstos a un final.



Figura 3.4: Selector de dos posiciones



Figura 3.5: Luz piloto

3.1.2.4 Pulsador arranque y paro- luz piloto

También llamados interruptores momentáneos. Este tipo de interruptor requiere que el operador mantenga la presión sobre el actuante para que los contactos estén unidos. En este caso cumplen la función de arranque y paro del motor eléctrico.



Figura 3.6: Pulsador

3.1.2.5 Pulsador emergencia

Los interruptores de parada de emergencia son pulsadores importantes en razón de la seguridad con una función mecánica de enganchado. Los interruptores de parada de emergencia se pueden utilizar también para la función de parada de emergencia según la normativa y pueden activar diversas categorías de parada (en función de la aplicación de seguridad). Se aplican los siguientes criterios:

- Un interruptor de parada de emergencia tiene que estar disponible en todo momento.
- Una pulsación única tiene que conllevar una desconexión inmediata (detención).
- La reposición del pulsador de parada de emergencia no debe causar el re arranque.
- El equipo de conmutación tiene que engancharse.

- Un sistema de parada de emergencia tiene que estar marcado claramente (rojo/amarillo).



Figura 3.7: Pulsador de emergencia

3.1.2.6 Potenciómetro

Para el control VFD del motor a través de la entrada analógica y USS, se lo efectúa mediante un potenciómetro, en las borneras correspondientes para su instalación (figura 3.8). El potenciómetro utilizado es de precisión de $4.7\text{K}\Omega$ (figura 3.8 y 3.9), el cual permitirá regular la frecuencia y por tanto la velocidad del motor, para este fin se debe definir el parámetro correspondiente en el panel básico de operación, no está por demás señalar que es la manera para controlar la velocidad del motor en las variantes analógicas y digital.

El potenciómetro está montado en la parte lateral derecha del variador de velocidad en este se coloca una perilla para manipularlo.

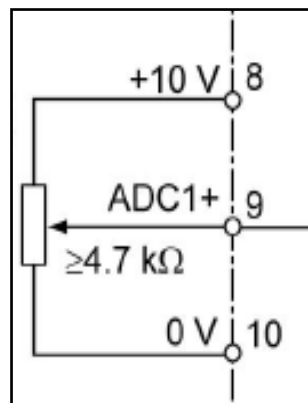


Figura 3.8: Ubicación del potenciómetro en las borneras del convertidor



Figura 3.9: Potenciómetro de precisión

3.1.2.7 Relé 24Vcd

Su comportamiento es similar al relé de sobreintensidad no retardado, distinguiéndose en dos tipos: de *mínima* y *máxima* tensión.

- El relé de *mínima* tensión actúa cuando la tensión de red disminuye a un valor que pudiera ser peligroso para los receptores ($< 85\%$ de V_L) y que persiste durante cierto tiempo.
- El relé de *máxima* tensión tiene la misión de evitar la elevación de la tensión de red a valores superiores al máximo previsible.
- El relé de *vigilancia de la tensión trifásica* se coloca en redes trifásicas para la vigilancia de las tres tensiones en relés de protección o contadores y así evitar disparos o mediciones erróneas. Generalmente señalan fuertes descensos o la caída de una o varias tensiones.

Se ha utilizado el relé de *mínima* tensión para dar una señal en caso de producirse este fallo.



Figura 3.10: Relé 24Vcd

3.1.2.8 Guardamotor

Un Guardamotor es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobrecargas transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K. Las características principales de los guardamotors, al igual que de otros interruptores automáticos magneto-térmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

La programación del guardamotor se realiza de acuerdo a la intensidad nominal con datos tomados de la placa de información del motor, mediante la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{W}{Vl * \sqrt{3} * \cos\phi} \quad (12)$$

$$I_n = \frac{370W}{220V * \sqrt{3} * \cos(0.68)} = 0.97A$$



Figura 3.11: Guardamotor

3.1.2.9 El Módulo lógico universal (LOGO)

Montaje Desmontaje y cableado de LOGO

Montaje

Para montar y cablear LOGO se debe observar y seguir las siguientes directrices:

- Durante el cableado de LOGO deben cumplirse todas las normas obligatorias vigentes.
- Es necesario utilizar conductores con la sección adecuada para la respectiva intensidad de corriente.
- No debe apretarse excesivamente los bornes de conexión. El par máximo permitido es: 0,5 Nm.
- Los conductores siempre deben tenderse siempre lo más cortos posible.
- El cableado de corriente alterna y el de corriente continua a alta tensión deberá separarse del cableado de señalización a baja tensión mediante rápidas secuencias de maniobras.
- Hay que garantizar de que los conductores poseen el alivio de tracción necesario.
- Hay que ubicar una protección contra sobretensión para los conductores sensibles a las descargas atmosféricas.
- Tomar en cuenta no conectar una fuente de alimentación externa a una carga de salida en paralelo a una salida de c.c.

Desmontaje

Para el desmontaje se debe introducir un destornillador en el orificio del extremo inferior del pestillo (Figura 3.12) y tire del pestillo hacia abajo.

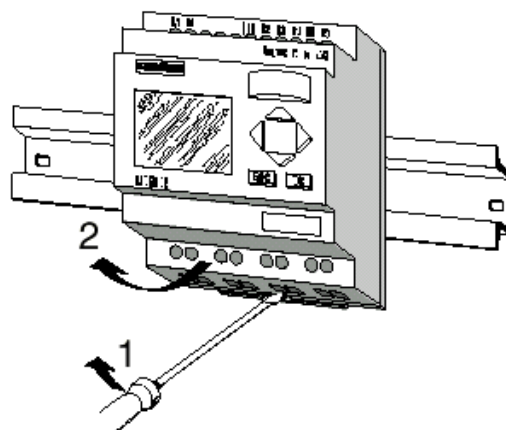


Figura 3.12: Desmontaje de Logo

Cableado de LOGO

Para realizar el cableado de LOGO, se utiliza un destornillador con ancho de hoja de 3 mm. Para los bornes no se requieren casquillos terminales, pudiendo utilizarse conductores con secciones de hasta:

- 1 x 2,5 mm²
- 2 x 1,5 mm² por cada segundo portabornes.
- Pares de giro para la conexión: 0,4...0,5 Nm ó 3...4 Lbin

A l i m e n t a c i ó n d e l L O G O

Las variantes de LOGO 230 que es la que se está usando es adecuada para tensiones de red con valor nominal de 115Vca y 230Vca. Respecto a las indicaciones de conexión esta información es proporcionada por el fabricante, así como los datos técnicos para las tolerancias de tensión, frecuencias de red y consumos de corriente admisibles.

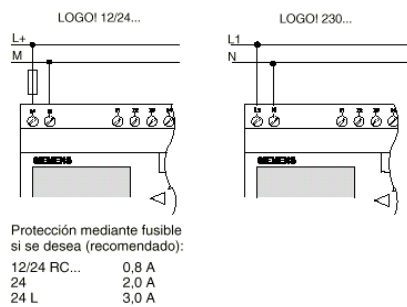


Figura 3.13: Conexión de Logo a la red

C o n e c t a r l a s e n t r a d a s d e L O G O

Se indica la configuración al momento de conectar los diferentes tipos de sensores a las entradas. Tales sensores pueden ser: pulsadores, conmutadores, barreras fotoeléctricas, interruptores de luminosidad, etc.

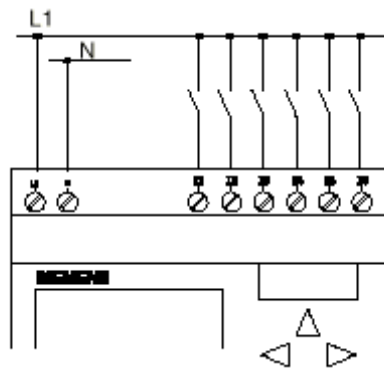


Figura 3.14: Conexión de las entradas de LOGO

Conectar las salidas de LOGO

Las salidas de LOGO son relés. En los contactos de los relés está separado el potencial de la tensión de alimentación y de las entradas.

Condiciones para las salidas de relé; A las salidas pueden conectarse distintas cargas, por ejemplo. Lámparas, tubos fluorescentes, motores, contactores, etc. La carga conectada a LOGO debe poseer las propiedades siguientes:

- La máxima corriente de conmutación depende de la clase de carga y de la cantidad de maniobras que se desea.
- En el estado conectado ($Q = 1$) puede circular como máximo una corriente de 10 amperios (8 A para 230Vca) en caso de carga óhmica, y como máximo 3 amperios (2 A para 12/24Vca/cc) en caso de carga inductiva.

Conexión de salidas por relé.

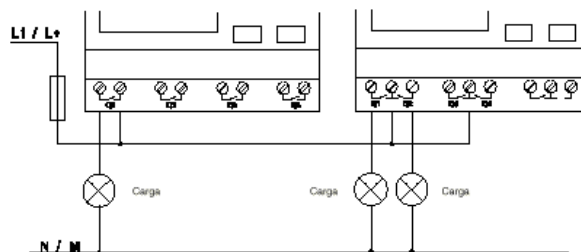


Figura 3.15: Conexión de salidas por relé

Estados de operación de LOGO

En este equipo se prevén 2 estados de operación: STOP y RUN

Tabla 3.1: ESTADOS DE OPERACIÓN DE LOGO

STOP	RUN
<ul style="list-style-type: none"> Se visualiza "No Program" (Excepto en LOGO ... RCo) LOGO conectado al modo de servicio "Programación" (Excepto en LOGO ... RCo) Luce LED rojo (Solo en LOGO ... RCo) 	<ul style="list-style-type: none"> Se visualiza la máscara para observar las entradas y salidas (tras START en el menú principal) LOGO conectado al modo de servicio "Programación" (Excepto en LOGO ... RCo) Luce el LED verde (Solo en LOGO ... RCo)
Acciones de LOGO: <ul style="list-style-type: none"> No son leídas las entradas No es procesado el programa Están siempre abiertos los contactos de relé o desconectadas las salidas de transistor 	Acciones de LOGO: <ul style="list-style-type: none"> LOGO lee el estado de las entradas LOGO calcula mediante el programa el estado de las salidas LOGO activa o desactiva los relés/salidas de transistor

Bornes de LOGO

Las entradas se designan con la letra I y una cifra. Visto LOGO por delante, los bornes para las entradas aparecen arriba. Las salidas se designan con la letra Q y una cifra. Los bornes de las salidas se hallan en la parte inferior.

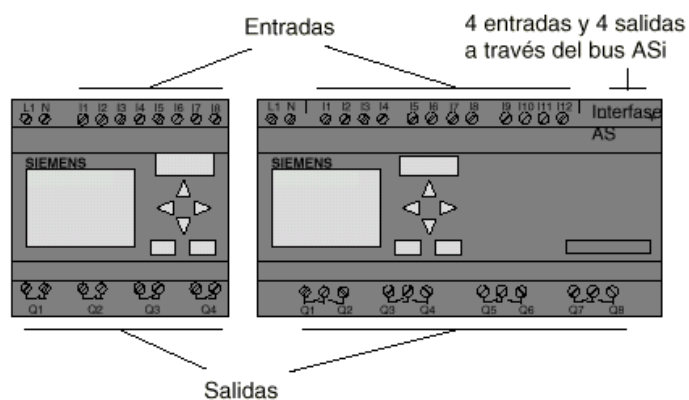





Figura 3.16: Identificación de bornes de LOGO

Bornes de LOGO

Se entiende por borne a todas las conexiones y estados que encuentran aplicación en LOGO. Las entradas y salidas pueden tener el estado "0" o el estado "1". El estado "0" significa que la entrada no lleva aplicada tensión y el estado "1" que hay aplicada tensión.

Se han previsto los bornes hi, lo y x para facilitar la introducción del programa. “hi” (high) lleva asignado fijamente el estado “1” y “lo” (low) el estado “0”. Si no se desea cablear la entrada de un bloque, debe utilizarse el borne “x”. En LOGO se identifican los bornes siguientes:

TABLA 3.2: IDENTIFICACIÓN ENTRADAS Y SALIDAS LOGO

BORNES			
ENTRADAS	I1 ... I6, I7 (A11) I8 (A12)	I1 ... I12	I1 ... I12 así como Ia1 ... Ia4 (Interfase AS)
SALIDAS	Q1 ... Q4	Q1 ... Q8	
HI	Señal con nivel 1 (Conect.)		
LOW	Señal con nivel 0 (Desc.)		
X	Terminal existente no utilizado		

Reglas fundamentales para operar con LOGO

Regla 1: Pulsación triple. Los circuitos se introducen en el modo de servicio “Programación”. A este modo de servicio se llega pulsando simultáneamente las 3 teclas **◀**, **▶** y **OK**. Los valores de los tiempos y parámetros se modifican en el modo de servicio “Parametrización”. A este modo de servicio se llega pulsando simultáneamente las 2 teclas **ESC** y **OK**.

Regla 2: Salidas y entradas. Cada circuito debe introducirse siempre desde la salida hacia la entrada. Es posible enlazar una salida con varias entradas, pero no conectar varias salidas a una entrada. Dentro de una ruta del programa no se puede enlazar una salida con una entrada precedente. Para tales retroacciones internas es necesario intercalar marcas o salidas.

Regla 3: Cursor y posicionamiento del cursor. Para introducir un circuito rige lo siguiente:

- Si el cursor se representa subrayado, se puede **posicionarlo**:
- Pulsar las teclas **◀**, **▶**, **▲** o **▼** para desplazar el cursor dentro del circuito
- Cambiar a “elegir borne/bloque” pulsando **OK**
- Terminar la introducción del circuito pulsando **ESC**
- Si el cursor se representa enmarcado, se deberá **elegir un borne/bloque**
- Pulsar las teclas **▼** o **▲** para elegir un borne o un bloque
- Confirmar la selección pulsando **OK**

- Pulsar ESC para retroceder un paso

Regla 4: Planificación. Antes de introducir un circuito, se debería dibujarlo íntegramente en papel, o bien programar LOGO directamente mediante LOGOSoftComfort. LOGO puede almacenar sólo programas completos. Si no se introduce por completo un circuito, LOGO no puede abandonar el modo de servicio **Programación**.

Programación de LOGO

Por programación se entiende aquí la introducción de un circuito. Un programa LOGO equivale sencillamente a un esquema de circuitos, pero representado de manera algo diferente. La representación se ha adaptado a la pantalla de LOGO y a un software. En este caso particular se ha decidido utilizar LOGOSoftcomfort para convertir mediante éste sus aplicaciones en programas LOGO.

Vinculaciones lógicas

En el programa se puede visualizar cómo LOGO relaciona los bloques entre sí a través de sus números. A través del número de bloque, es posible añadir casi cualquier bloque a una entrada del bloque actual. De esta manera, se puede utilizar repetidas veces los resultados intermedios de vinculaciones lógicas u otras operaciones. Con ello se ahorra trabajo y capacidad de memoria, a la vez que el circuito resulta más transparente. En dicho caso se tiene que saber cómo designó LOGO esos bloques. Los bloques más sencillos son vinculaciones lógicas:

- AND (Y)
- OR (O)

Software de LOGO

Después de haber estudiado el LOGO, y haber hecho el diagrama eléctrico de acuerdo a la propuesta, es necesario realizarla en el software. Para el PC es obtenible varios paquetes dentro de los cuales se presenta una breve indicación del programa y su manejo:

Instalación del software de LOGO: Antes de la instalación, se debe consultar las indicaciones en el folleto o en los ficheros de texto incluidos en el CD-ROM. Para instalar el software, y observar las instrucciones que se dan en el programa de instalación. (En un CD-ROM debería arrancar la instalación automáticamente):

Requisitos del sistema: Para LOGO SoftComfort V 6.1 deberán cumplirse los requisitos siguientes:

- Windows 98 SE, NT 4.0, ME, 2000, XP o Vista
- PC de Pentium
- 90 MB de espacio libre en disco
- 64 MB de RAM
- Tarjeta gráfica SVGA con resolución de al menos 800 x 600
- CD-ROM

Conexión de LOGO a un PC

Para poder conectar LOGO a un PC, se requiere el cable de PC para LOGO. Su número de referencia es el siguiente: 6ED1 057-1AA00-0BA0. Se procede a retirar en LOGO la tapa de revestimiento o el módulo de programa/tarjeta y enchufar el cable en el receptáculo. El otro extremo del cable se enchufa en la interfase en serie del PC.

Ajustes para la transmisión: Para transferir programas entre el PC y LOGO es necesario efectuar determinados ajustes en el software de LOGO. Tales ajustes pueden realizarse a través de la estructura de menús del software utilizado.

Determinar LOGO: LOGO SoftComfort calcula la variante de LOGO que se requiere por lo menos para poder utilizar el programa redactado.

Opciones _ Interfase: Aquí puede registrarse la interfase en serie que lleva conectado un LOGO. La interfase correcta también puede ser determinada automáticamente (el programa detecta todas las interfases a las que hay conectado un LOGO).

Transferencia: PC _ LOGO y viceversa: De esta forma se transfiere a LOGO un programa creado mediante LOGO SoftComfort.

3.1.2.10 Variador de velocidad SINAMICS G110

Instalación

Distancias para el montaje

Los convertidores se pueden montar adosándolos unos a otros. Sin embargo, si se montan uno sobre otro deberá dejarse un espacio de 100 mm por encima y por debajo de cada convertidor.

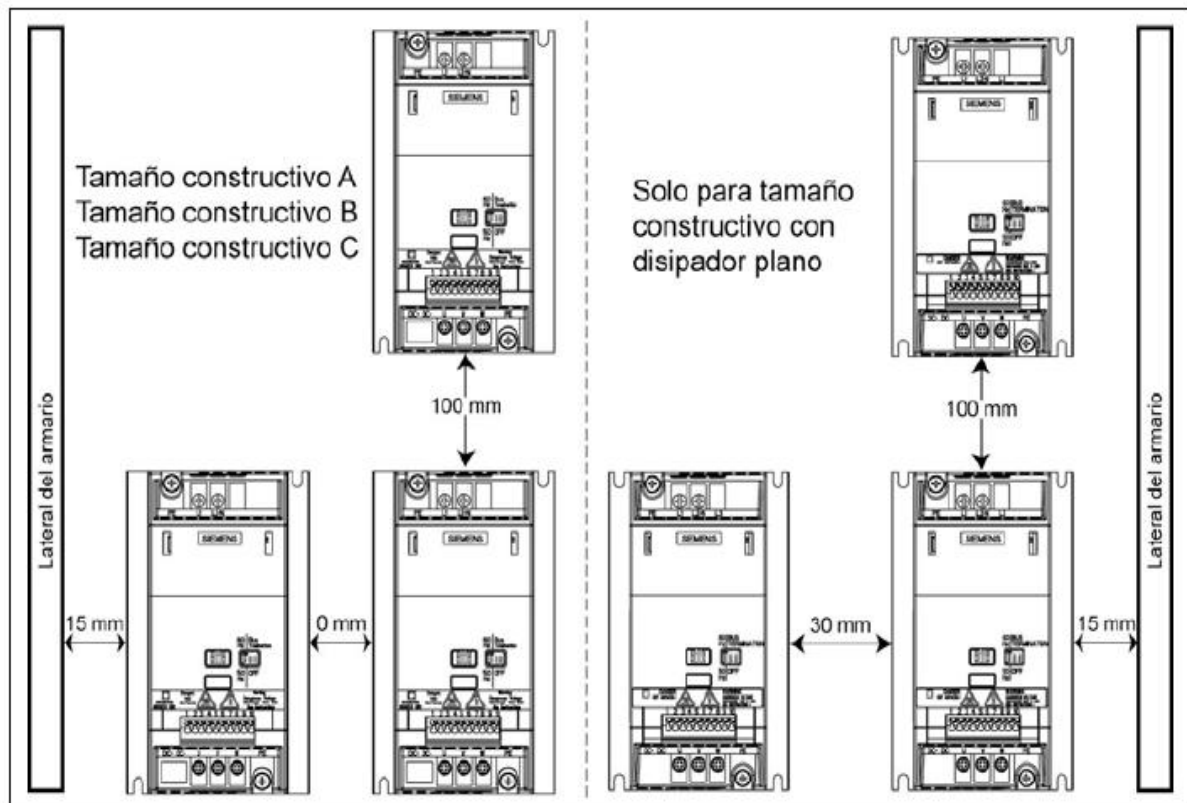
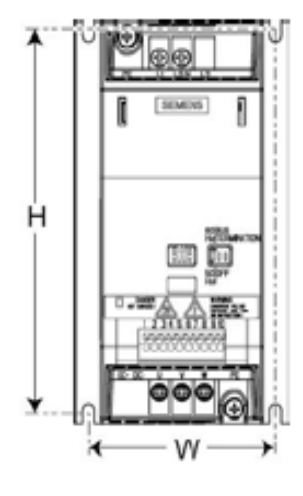


Figura 3.17: Distancias para el montaje

Medidas para el montaje

En la tabla 3.3 se puede observar las medidas tomadas en cuenta para el montaje.

TABLA 3.3: MEDIDAS PARA EL MONTAJE

	Tamaño constructivo	Medidas perforaciones		Par de apriete	
		H (mm)	W (mm)	Tornillos	Nm (ibf.in)
A	140	79	2 * M 4	2.5	
B	135	127	4 * M 4	2.5	
C	140	170	4 x M 5	4.0	

Datos técnicos

En la tabla 3.4 están los datos técnicos usados en el diseño y montaje de este módulo.

TABLA 3.4: DATOS TÉCNICOS VFD SINAMICS G110

Tensión de la red y gamas de potencia	1 AC 200 V a 240 V ±10% 0.12 KW a 3.0 KW
Frecuencia de red	47 Hz a 63 Hz
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz
Cos phi	≥ 0,95
Rendimiento del convertidor	en equipos < 0,75 kW 90% a 94,5%
	en equipos ≥ 0,75 ≥ 95%
Capacidad de sobrecarga	Corriente de sobrecarga 1,5x corriente de salida asignada (es decir, de 150% capacidad de sobrecarga) durante 60s, entonces 0,85x corriente de salida asignada durante 240s, tiempo de ciclo 300s
Corriente de precarga	no superior a la corriente asignada de entrada
Método de control	Característica V/f lineal (con elevación de tensión parametrizable); característica V/f cuadrática; característica multipunto (característica V/f parametrizable)
Frecuencia de pulsación	8kHz (estándar) 2 kHz a 16 kHz (en escalones de 2 kHz)

Frecuencias fijas	3, parametrizable
Bandas de frecuencias inhibibles	1, parametrizable
Resolución de consigna	0,001 Hz digital 0,001 Hz serie 10 bits analógica (potenciómetro motorizado 0,1 Hz)
Entradas digitales	3 entradas digitales parametrizable, sin aislamiento galvánico; tipo PNP, compatibles con SIMATIC

La última cifra de la referencia depende de cambios en el software y hardware:

x = B → Con filtro integrado

y = A → Variante analógica

x = U → Sin filtro

y = B → Variante USS

Grupo de entradas y salidas

Conexiones de red y del motor

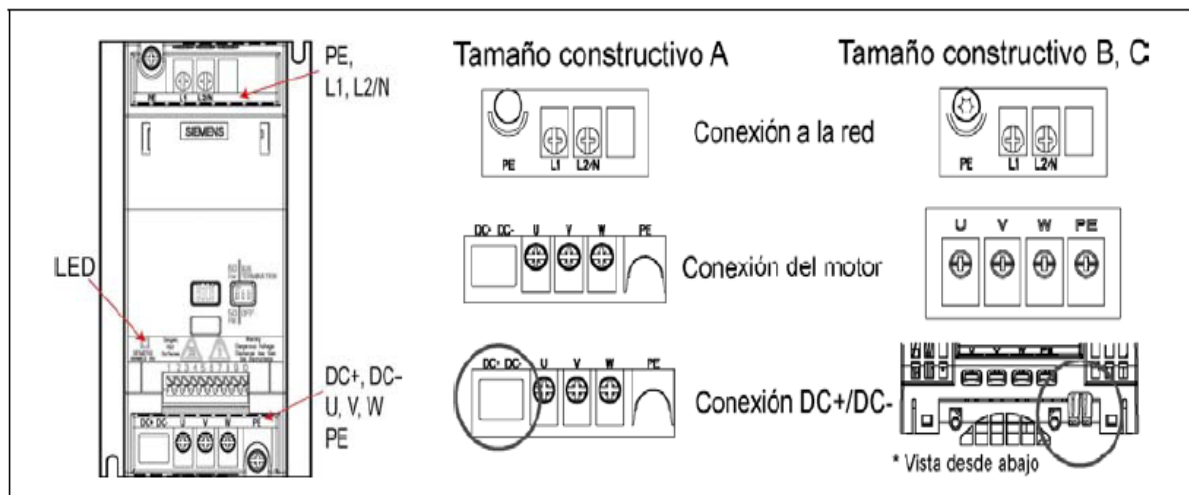


Figura 3.18: Bornes de red y del motor

Bornes

TABLA 3.5: BORNERA DEL VFD

Borne	Significado	Funciones
-------	-------------	-----------

1	D O U T -	Salida digital -	
2	D O U T +	Salida digital +	
3	D I N 0	Entrada digital 0	
4	D I N 1	Entrada digital 1	
5	D I N 2	Entrada digital 2	
6	-	Salida +24V / m a x 50m A	
7	-	Salida 0V	
V a r i a n t e		A n a l ó g i c a	U S S
8	-	Salida +10V	R S 4 8 5 P +
9	A D C 1	Entrada analógica	R S 4 8 5 N -
10	-	Salida 0V	



Esquema de bloques

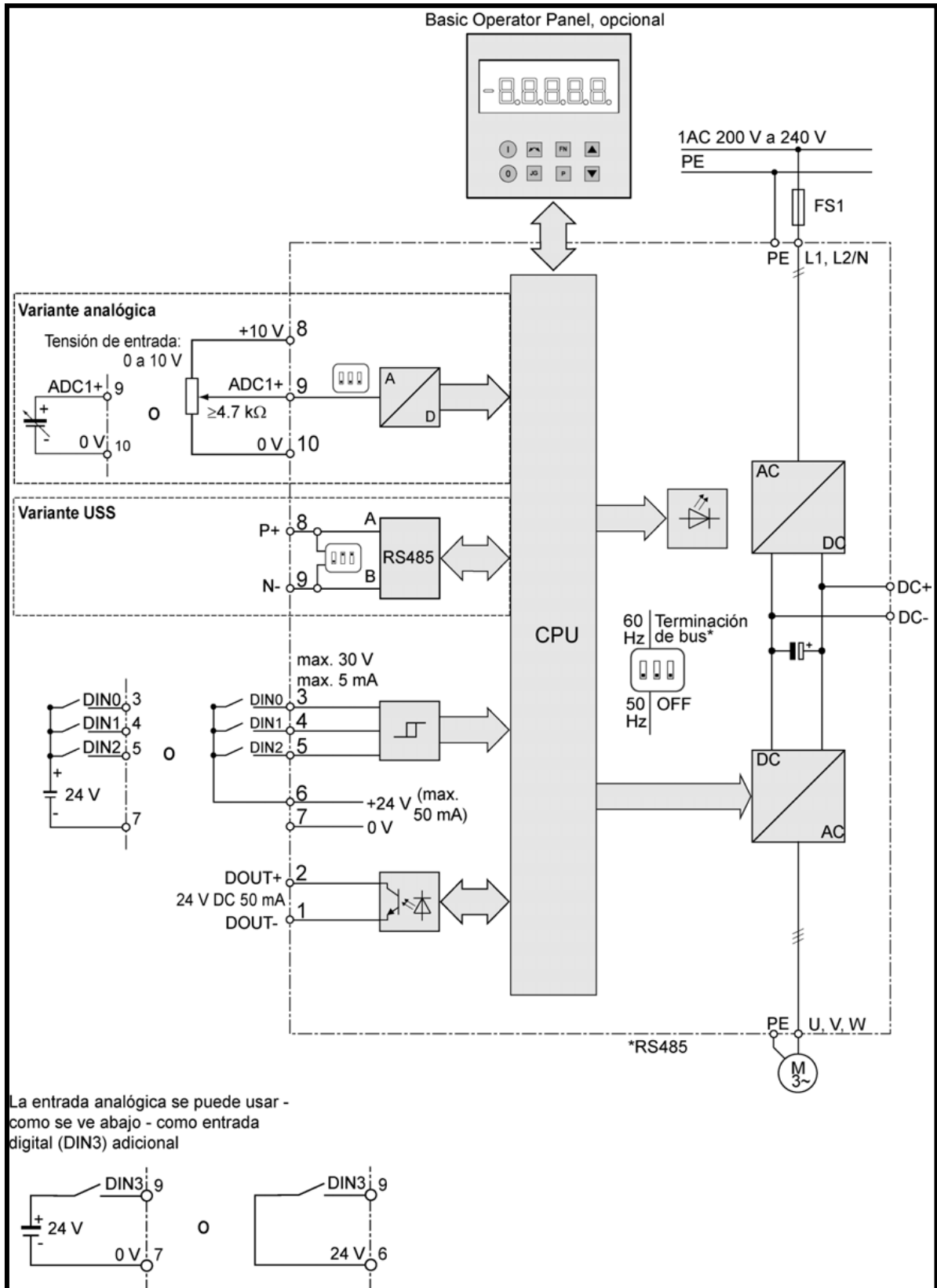



Figura 3.19: Esquema de bloques SINAMICS G110

Ajuste de fábrica

El convertidor SINAMICS G110 sale de fábrica ajustado para poder funcionar sin necesidad de parametrizaciones adicionales. Los parámetros (P0304, P0305, P0307, P0310) se han ajustado para un motor de Siemens de 4 polos 1LA7 y hay que cotejarlos con los datos asignados del motor a conectar (véase la placa de características).

Ajustes de fábrica específicos para la variante analógica

TABLA 3.6: CONEXIONES DE LA VARIANTE ANALÓGICA

Entrada / Salida	Bornes	Parámetro	Ajuste por defecto	Activo
Fuente de ordenes	3,4,5	P0700=2	Entrada digital	Si
Fuente de consignas	9	P1000=2	Entrada analógica	Si
Entrada digital 0	3	P0701=1	ON / OFF (I/O)	Si
Entrada digital 1	4	P0702=12	Inversión 	Si
Entrada digital 2	5	P0703=9	Acuse de fallo (Ack)	Si

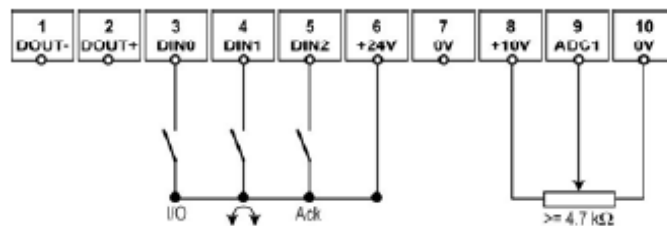


Figura 3.20: Conexiones de la variante analógica










Panel Básico de Operación (BOP)

Cuando el ajuste de fábrica del convertidor no es adecuado a la aplicación, se puede modificar el ajuste y adaptar el convertidor a la aplicación requerida utilizando el BOP (Basic Operator Panel). El BOP permite acceder directamente a los parámetros del SINAMICS G110. Con el BOP se pueden ejecutar las siguientes funciones:

- Modificación de valores de parámetros
- Visualización de parámetros especiales
- Transmisión de juegos de parámetros de un SINAMICS G110 a otro. Esta función es de gran utilidad cuando se tiene que parametrizar una gran cantidad de convertidores en la variante USS.

Botones y sus funciones en los paneles

TABLA 3.7: FUNCIONES DEL BOP

Panel/Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15 OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (inercia hasta parada). Esta función está constantemente activada.
	Invertir sentido	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15.
	Jog motor	Pulsando este botón en estado "listo" el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Función	Este botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: 1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d - unidades en V). 2. Frecuencia de salida (Hz) 3. Tensión de salida (o - unidades en V). 4. El valor seleccionado en P0005. (Si P0005 se ha configurado de tal forma que se muestra uno de los datos indicados arriba (1 - 3), no aparece el valor correspondiente de nuevo). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. Función de salto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rxxxx o Pxxxx) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial. Acusar Cuando aparecen mensajes de alarma y error, se pueden acusar, pulsando el botón Fn.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón se baja el valor visualizado.

Visualizaciones y mensajes

Indicadores de estado LED

La tabla 3.8 presenta las diferentes posibilidades en que el LED de estado puede actuar y que deben ser tomadas en cuenta para verificar el correcto funcionamiento del VFD.

TABLA 3.8: INDICADORES DE ESTADO LED

LED	Significado	Posición
No luce	Convertidor apagado / sin tensión	
1000ms ON / 1000ms OFF	Conectado / listo	
LED luce permanentemente	Convertidor funcionando	
500ms ON / 500ms OFF	Alarma general	
100ms ON / 100ms OFF	Fallo	

Fallos y alarmas

Los avisos de fallo se almacenan en el parámetro r0947 bajo su número de código (por ejemplo, B.F0003 = 3). El valor del fallo pertinente se encuentra en el parámetro r0949. Si un fallo carece de valor, se anota el valor 0. Además pueden leerse el momento en que se presenta un fallo (r0948) y el número de avisos de fallo (P0952) almacenados en el parámetro r0947.

TABLA 3.9: FALLOS VFD

Fallo	Significado	Descripción
F0001	Sobrecorriente	El variador detiene su salida cuando la corriente de salida supera más del 200% sobre sus valores de corriente nominales.
F0002	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.
F0003	Subtensión	El variador detiene su salida si la tensión en el bus DC del circuito de potencia está por debajo del valor de configuración.
F0004	Sobretemperatura del convertidor	El variador detiene su salida cuando se sobrecalienta debido a un ventilador dañado o a la presencia de alguna sustancia extraña en el sistema de ventilación.

F0005	Convertidor I ² T	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.
F0011	Sobrettemperatura I ² T del motor	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.
F0051	Fallo parámetro EEPROM	Fallo de lectura o escritura al archivar parámetros en BOP-EEPROM durante la clonación de parámetros.
F0052	Fallo pila de energía	Fallo de lectura para información de pila de energía o datos no válidos.
F0060	Timeout del ASIC	Fallo comunicaciones interno
F0072	USS (enlace COM M) fallo consigna	Sin valores de consigna del USS durante el tiempo de telegrama off.
F0085	Fallo externo	Fallo externo disparado a través de los bornes de entrada.

T A B L A 3.10: A L A R M A S V F D

A l a r m a	S i g n i f i c a d o
A 0 5 0 1	L í m i t e c o r r i e n t e
A 0 5 0 2	L í m i t e p o r s o b r e t e n s i ó n
A 0 5 0 3	L í m i t e d e m í n i m a t e n s i ó n
A 0 5 0 5	I ² T d e l c o n v e r t i d o r
A 0 5 1 1	S o b r e t e m p e r a t u r a I ² T
A 0 9 1 0	R e g u l a d o r V c d - m a x d e s c o n e c t a d o
A 0 9 1 1	R e g u l a d o r V c d - m a x a c t i v o
A 0 9 2 0	L o s p a r á m e t r o s d e l A D C n o e s t á n a j u s t a d o s a d e c u a d a m e n t e
A 0 9 2 3	S e ñ a l e s J O G a d e r e c h a s y J O G a i z q u i e r d a s a c t i v a s

3.1.3 Planeación del ensamble del módulo de laboratorio

3.1.3.1 Diseño del tablero

Para realizar el módulo se ha tomado en cuenta las dimensiones de los dispositivos que serán montados en el tablero, distribuyéndoles de acuerdo a las necesidades de la propuesta que se realizará. Además en esta parte se expone el tipo de material de la carcasa de

acuerdo a la durabilidad y resistencia, se ha escogido como material apropiado el acero inoxidable.



Figura 3.21: Diseño del tablero

3.1.3.2. Implementación del módulo de variador de velocidad

Por último se colocan todos los equipos en el lugar de diseño en el tablero y de acuerdo a las especificaciones del plano del diagrama eléctrico que se pueden observar detalladamente en el PLANO 1.

En la figura 3.20 se puede observar el módulo al momento de realizar la instalación de los dispositivos de mando como son pulsadores y selectores.

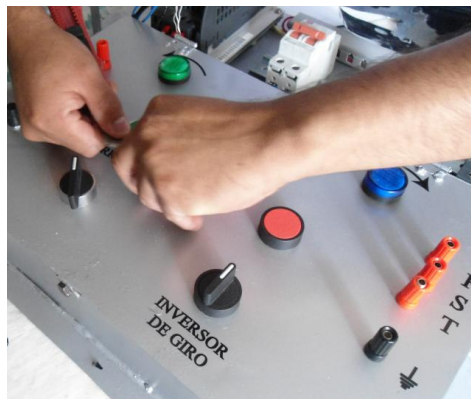


Figura 3.22: Montaje elementos de mando

Luego de haber colocado todos los dispositivos eléctricos, se realizan las pruebas de funcionamiento con los modos de control dispuestos en el variador de velocidad SINAMICS G110 y el LOGO. En la figura 3.21 se puede observar el módulo terminado:

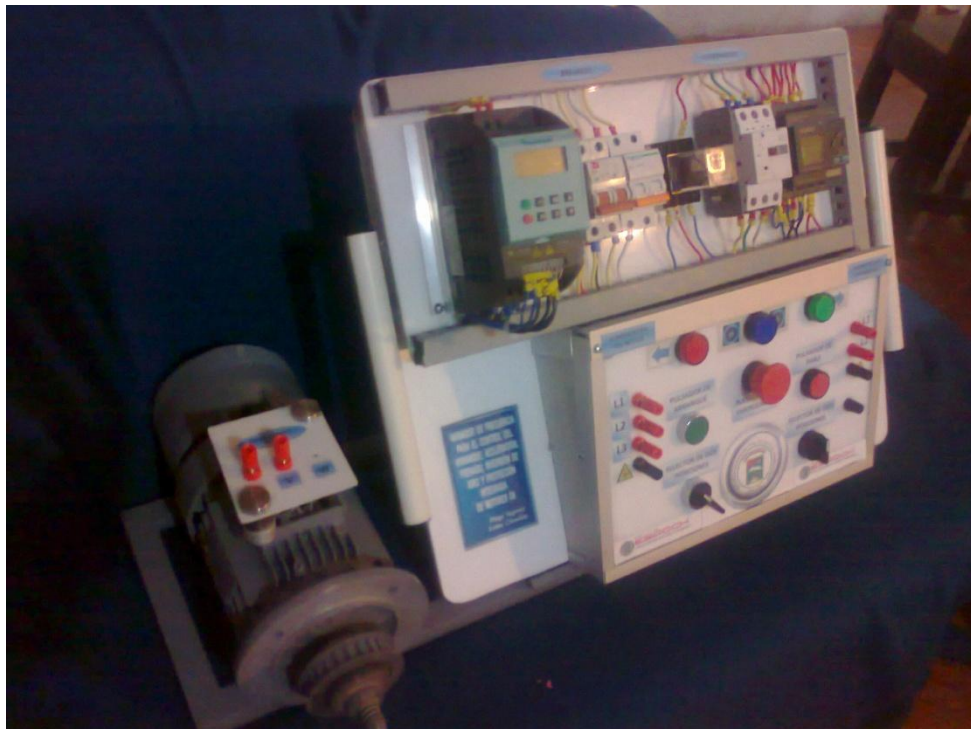
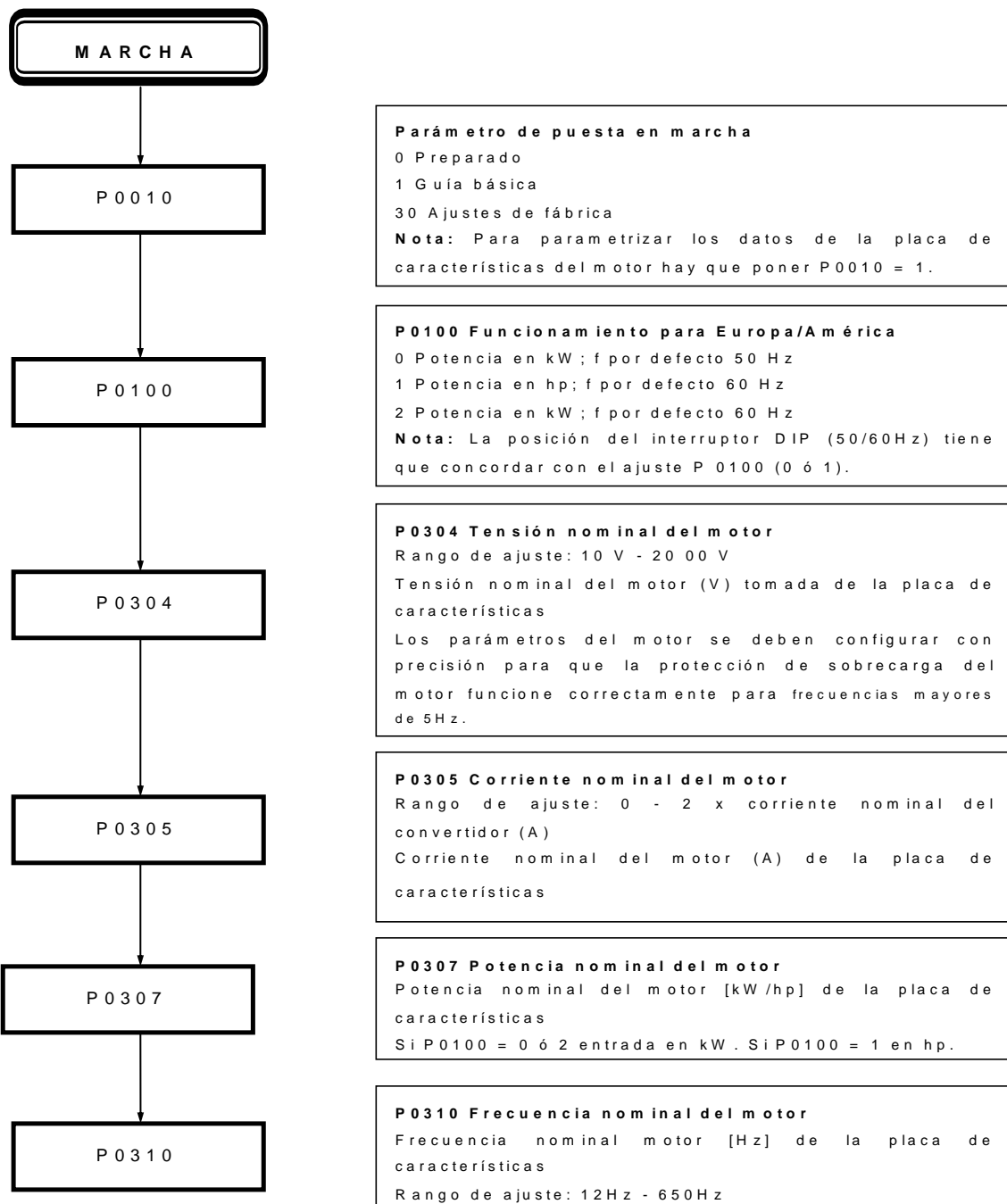


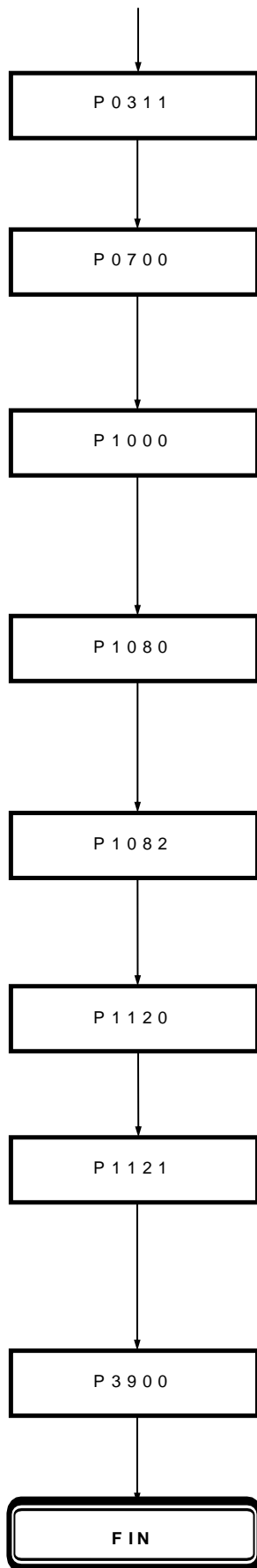
Figura 3.23: Módulo terminado

3.1.4 Programación del variador de frecuencia

Para la puesta en servicio se adapta el convertidor al motor y se ajustan parámetros importantes para las exigencias tecnológicas. La puesta en servicio no es obligatoria si los datos del motor almacenados en el convertidor coinciden con los de la placa de características.

Diagrama de flujo





P 0311 Velocidad nominal del motor
 Velocidad nominal motor [rpm] de la placa de características
 Rango de ajuste: 0 - 40000 1/min

P 0700 Selección de la fuente de comandos
 (Marcha/paro/inversión)
 1 BOP
 2 Bornes /entradas digitales
 5 USS (sólo variante USS)

P 1000 Selección de la consigna de frecuencia
 1 Consigna MOP
 2 Consigna analógica (sólo variante analógica)
 3 Frecuencia fija
 4 USS (sólo variante USS)

P 1080 Frecuencia mínima del motor
 (0-650Hz)
 Ajusta la frecuencia mínima del motor a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y anti horaria.

P 1082 Frecuencia máxima del motor
 (0-650 Hz)
 Ajusta la frecuencia máxima del motor a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y anti horaria.

P 1120 Tiempo de aceleración
 (0-650 s)
 Tiempo que tarda el motor para acelerar desde el estado de reposo hasta la frecuencia máxima del motor.


P 1120 Tiempo de deceleración
 (0-650 s)
 Tiempo que tarda el motor para detenerse desde el estado de frecuencia máxima del motor.

P 3900 Fin de la puesta en servicio
 0 Fin de la puesta en servicio sin cálculo del motor ni reajuste de fábrica.
 1 Fin de la puesta en servicio con cálculo del motor y reajuste de fábrica (recomendado)
 2 Fin de la puesta en servicio con cálculo del motor y reajuste de E/S.
 3 Fin de la puesta en servicio con cálculo del motor pero sin reajuste de E /S.

3.2 Funciones


3.2.1 Arranque

Como se ha dispuesto controlar la velocidad del motor mediante dos opciones, que son el Panel Básico de Operaciones (BOP) y el LOGO. Se explica a continuación el arranque del motor una por una:

- **Panel básico de operaciones (BOP):** Mediante este accesorio se realiza el arranque con el botón de puesta en marcha o  después de haber ingresado correctamente las características técnicas del motor.
- **LOGO SIEMENS:** Con este equipo se puede controlar el arranque del motor mediante las borneras del VFD, al recibir estas una señal de I1: Listo, I2 o I3: Sentido de giro e I4: Run; todas estas provenientes del LOGO.


3.2.2 Aceleración

Se ha dispuesto controlar la velocidad del motor mediante dos opciones, que son el BOP y las borneras del VFD. Se explica a continuación como se realiza la aceleración una por una:

- **Panel básico de operaciones (BOP):** Después de haber realizado la respectiva programación del VFD y el arranque del motor a la frecuencia mínima ingresada; se procede a variar la velocidad de aceleración mediante la tecla .
- **Borneras:** Luego de haber recibido la señal I1, I2 o I3, I4 de arranque del motor a la frecuencia preestablecida, se varía la velocidad de aceleración del motor mediante un potenciómetro conectado a los bornes 8, 9 y 10.


3.2.3 Frenado

De la misma forma que la aceleración se puede controlar la velocidad de deceleración del motor mediante dos opciones, que son el BOP y las borneras del VFD. Se explica a continuación como se realiza el frenado una por una:

- **Panel básico de operaciones (BOP):** Después de haber realizado la respectiva programación del VFD, el arranque del motor a la frecuencia mínima ingresada y la velocidad de aceleración; se procede a variar la velocidad de frenado mediante la tecla  .
- **Borneras:** Luego de haber recibido la señal I1, I2 o I3, I4 de arranque del motor a la frecuencia preestablecida, se varía la velocidad de frenado del motor mediante un potenciómetro conectado a los bornes 8, 9 y 10.

3.2.4 Inversión de giro

Se ha dispuesto controlar la inversión de giro del motor mediante dos opciones, que son el BOP y el LOGO. Se explica a continuación como se realiza esta una por una:

- **Panel básico de operaciones (BOP):** Después de haber realizado la respectiva programación del VFD, el arranque del motor a la frecuencia mínima ingresada y la variación de velocidad; se procede a realizar la inversión de giro utilizando la tecla  , se observa en la pantalla del BOP que al cambiar el sentido de giro del motor aparece el signo negativo (-).
- **Borneras:** Luego de haber recibido la señal I1 de arranque del motor a la frecuencia preestablecida mediante la activación de las señales I2: Izquierda e I3: Derecha, se cambia el sentido de giro de acuerdo a la necesidad del usuario.

3.2.5 Protección Integrada

Para la protección integrada se proporcionan cuatro opciones que se detallan a continuación:

- Breaker
- Relé 24Vcd
- Códigos de fallos y alarmas del VFD
- Paro de emergencia
- Puestas a tierra

- Guardamotor

3.3 Mediciones con el variador de frecuencia

Cuando el VFD se encuentra en funcionamiento al pulsar el botón "Fn" durante 2 segundos el usuario puede ver los valores de la tensión en el circuito intermedio, la frecuencia de salida, la tensión de salida y el ajuste de r0000 elegido (definido en P0005). Para la selección de la visualización para el parámetro r0000 (Visualización accionamiento).

Frecuentes ajustes:

- 21 Frecuencia real
- 25 Tensión de salida
- 26 Tensión circuito intermedio
- 27 Corriente de salida

Indicación de parámetros de lectura:

Estos ajustes sólo se refieren a números de parámetro de sólo lectura (rxxxx). Es necesario consultar las descripciones de los parámetros rxxxx correspondientes que se exponen detalladamente en el ANEXO A:

Visualizador de siete segmentos

El significado de los bits pertinentes del visualizador se describe en los parámetros de las palabras de control y estado. El visualizador de siete segmentos se estructura como se indica a continuación:

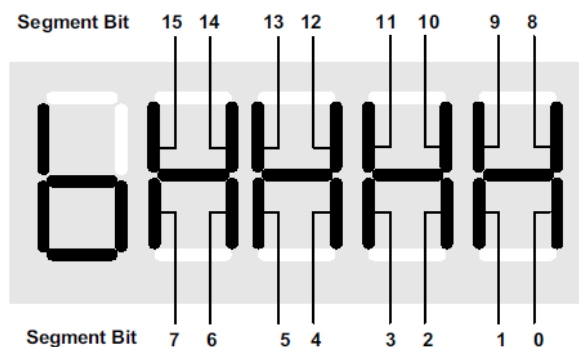


Figura 3.24: Numero de bits

3.4 Pruebas de funcionamiento

Durante el desarrollo de este proyecto se realizaron diversas pruebas con los equipos descritos en páginas anteriores, con objeto de comprobar su funcionamiento y comprobar los estudios teóricos de los enlaces con las pruebas reales de campo.

3.4.1 Pruebas Realizadas

El objetivo de las primeras pruebas realizadas fue comprobar el funcionamiento de los equipos (VFD, LOGO), elementos de mando (pulsadores, selectores) y de seguridad (breaker, rele, paro de emergencia): además de localizar las ubicaciones más propicias para desarrollar las pruebas y posteriormente el proyecto.

Se estableció un primer punto de prueba para verificar el correcto funcionamiento del VFD y del motor CA usando como controlador el BOP; se conectaron a la red de 220V dichos equipos con la configuración que se puede ver en la figura 3.23. De esta forma se pudo evaluar y observar tanto los parámetros de programación como el modo de funcionamiento del VFD.

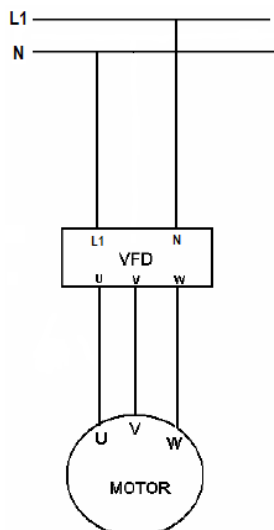


Figura 3.25: Conexión entre el motor CA y el VFD

Partiendo de ese punto, se efectuó el diseño del circuito eléctrico con la implementación del LOGO localizado en el PLANO 1 y posteriormente la programación de este en

LOGOSoftComfort que se puede observar en la figura 3.24. Se realizaron pruebas en otros puntos con el LOGO y los elementos de control con el objeto de localizar fallas en distintos puntos y corregirlas siendo posible establecer la comunicación entre los dos equipos, hallándose pequeños defectos como fallos a tierra detectados por el VFD; posteriormente se corrigieron todos los fallos satisfactoriamente.

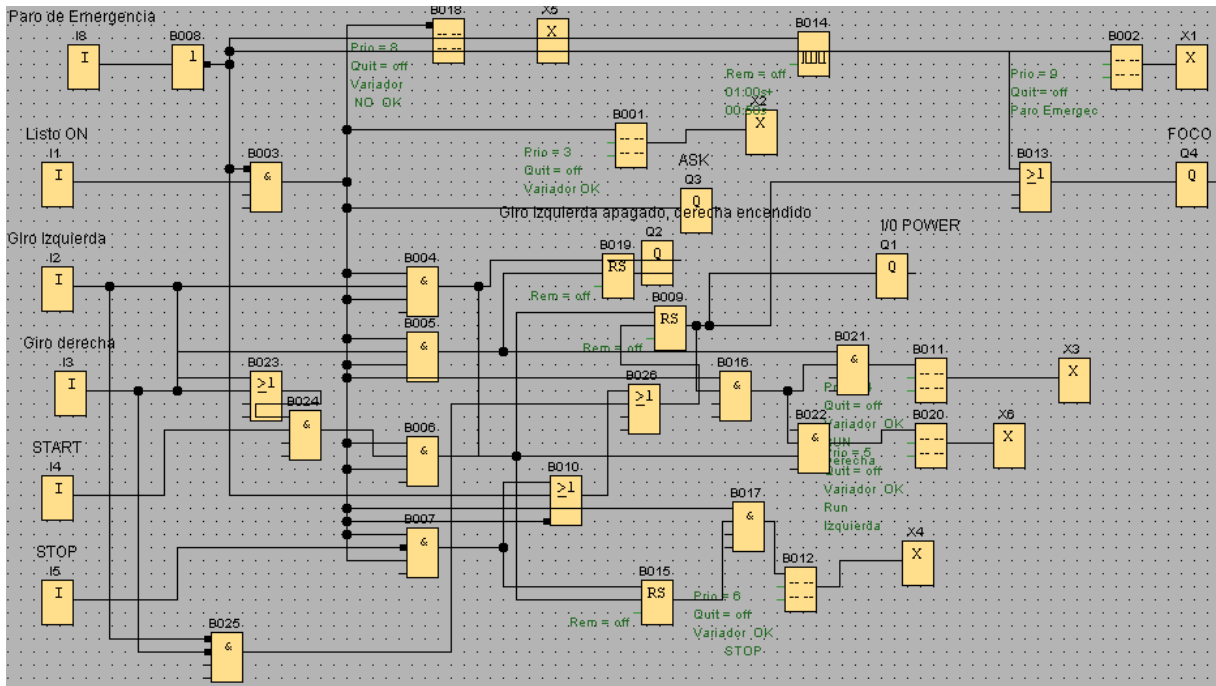


Figura 3.26: Diseño del programa LOGOSoftComfort

Posteriormente se ubicaron todas las protecciones establecidas en el diseño y se realizaron pruebas de su funcionamiento. El relé fue programado para fallos de bajo voltaje realizándose la prueba al conectar el Módulo a una red de 120V. El breaker se ensayó para sobrecorrientes y el paro de emergencia con la alarma de subtensión; por último se realizaron pruebas para verificar el trabajo de la protección misma del VFD de igual forma provocando una sobretensión.

Para finalizar se montaron todos los equipos y elementos en la carcasa y se realizó la programación correspondiente del VFD que se puede observar en el diagrama de flujo ubicado en páginas anteriores; además se cargó el programa de la Figura 3.24 al autómata Siemens.

CAPÍTULO IV

4. GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

En el siguiente capítulo se implementarán las 4 prácticas que conforman la guía. Las cuales son tanto de familiarización con los dispositivos a utilizar como de su uso avanzado en posibles aplicaciones industriales y los temas de las mismas se presentan a continuación:

- Características básicas del variador de frecuencia VFD SINAMICS G110.
- Puesta en servicio rápida de un motor CA usando el panel básico de operación (BOP).
- Funcionamiento del LOGO y del bornero de control del VFD.
- Protección integrada del motor CA.

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.

4.1 Elaboración de un manual de prácticas

4.1.1 PRÁCTICA DE LABORATORIO 1

TEM A:

C A R A C T E R Í S T I C A S B Á S I C A S D E L V A R I A D O R D E F R E C U E N C I A
S I N A M I C S G 1 1 0

O B J E T I V O S:

- Describir las principales conexiones del variador de Frecuencia SINAMICS G110.
- Configurar los valores del grupo de funciones básicas [Menú Principal], mediante el BOP.
- Realizar cambio de parámetros, seleccionando la fuente de comandos del panel básico de operaciones.

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 modificar. 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 superior del VFD, como se indica en la figura 4.1:

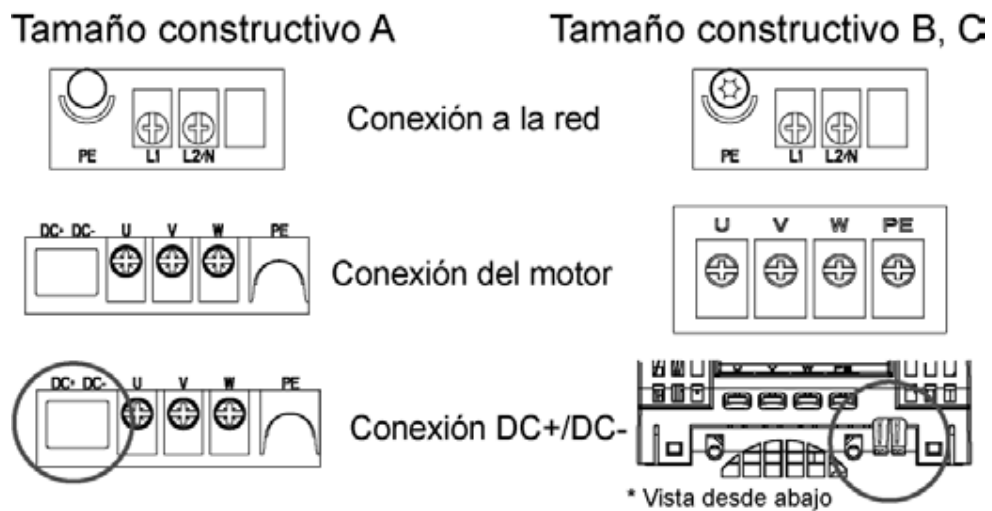


Figura. 4.1: Bornero de red y motor

2. En el VFD ubicar en la parte frontal inferior para así observar los siguientes terminales de conexión al motor: U V W (Ver la figura 4.1)
3. Conectar el motor en configuración delta o triángulo como se muestra en la figura 4.2:

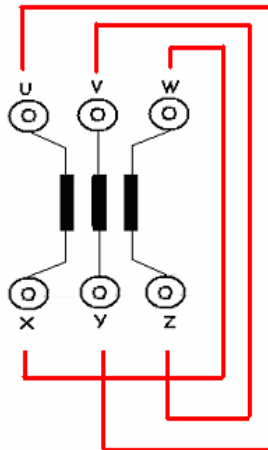


Figura 4.2: Configuración de arranque del motor

4. Conectar el Módulo a la fuente de alimentación monofásica de 0/220 V como se muestra en el diagrama eléctrico en el ANEXO A:

5. Permitir el paso de energía al VFD conectando el breaker y colocando en la posición 1 el selector de dos posiciones, ubicados en la parte frontal del panel.

6. Aprender a utilizar los comandos del panel BOP mediante el uso de la TABLA 3.7 que contiene la información requerida.

7. Realizar un ejemplo de la modificación de parámetros P0003 (Nivel de acceso)

TABLA 4.1: EJEMPLO DE MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS

Paso		Resultado en pantalla
1	Pulsar P para acceder a parámetros	r0000
2	Pulsar ▲ hasta que se visualice P0003	P0003
3	Pulsar P para acceder al nivel de valor del parámetro	1
4	Pulsar ▲ o ▼ hasta el valor requerido	3
5	Pulsar P para confirmar y guardar el valor	P0003
6	El nivel de acceso 3 está ajustado. Se pueden seleccionar todos los parámetros de los niveles 1 a 3.	

4.1.2 PRÁCTICA DE LABORATORIO 2

TEMA :

PUESTA DE SERVICIO RÁPIDA DE UN MOTOR DE CA USANDO EL PANEL BÁSICO DE OPERACIÓN BOP (BASIC OPERATOR PANEL)

OBJETIVOS :

- Conocer el uso del BOP (Basic Operator Panel en inglés) y como modificar los parámetros del VFD mediante este accesorio.
- Ingresar los datos de la placa del motor para su funcionamiento, seleccionando la fuente de comandos del panel básico de operaciones (BOP).
- Realizar el arranque, aceleración frenado e inversión de giro del motor CA mediante el uso del BOP.

RESUMEN :

Ciertos parámetros de los motores que no se pueden modificar, como por ejemplo la potencia o la tensión de trabajo, son parámetros nominales sobre los que no se tiene control alguno, salvo en el momento de decidir qué motor comprar. La frecuencia y el número de rpm's son directamente proporcionales.

Variando la frecuencia variamos directamente la velocidad de giro del motor. Basados en este principio, los variadores de frecuencia son capaces de darnos un control más completo y preciso sobre el motor, permitiéndonos actuar sobre el número máximo y mínimo de rpm's a las que gira un motor, Pudiendo controlar el motor de diferentes formas.

Como ejemplo de lo que puede ser el comportamiento en general de los variadores de frecuencia se ha tomado el SINAMICS G110 de Siemens, aunque otras marcas o modelos van a tener funciones similares.

Cuenta con un display (BOP) para ver sobre qué parámetro estamos actuando en cada momento. Básicamente el modo de programarlo es eligiendo un determinado parámetro y aplicándole un valor. Para ver a qué función pertenece cada parámetro contamos con la inestimable ayuda del manual del variador ubicado una parte en el capítulo 2 y 3 y otra en el ANEXO B, que será preciso leer detenidamente antes de proceder con la configuración.

El BOP es el panel de operaciones básico, en donde se puede modificar señales de control y consignas de velocidad, apretando simplemente el botón pertinente. El BOP permite acceder directamente a los parámetros del SINAMICS G110. Con el BOP se pueden ejecutar las siguientes funciones:

- Modificación de valores de parámetros
- Visualización de parámetros especiales
- Transmisión de juegos de parámetros de un SINAMICS G110 a otro. Esta función es de gran utilidad cuando se tiene que parametrizar una gran cantidad de convertidores en la variante USS.

La Figura 4.3, muestra donde se encuentran los datos correspondientes en la placa de características del motor. Solo sirve como ilustración, los datos reales para introducirlos en el convertidor se deben tomar de la placa de características del motor que se use.

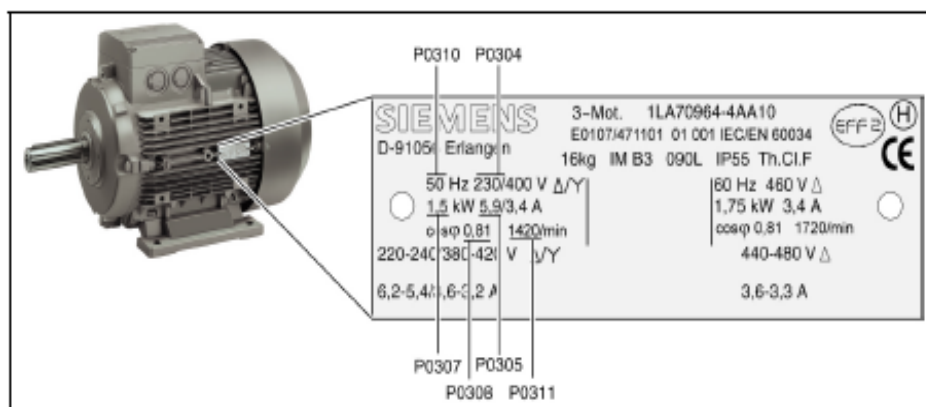


Figura 4.3: Ejemplo de una placa de características de un motor

PROCEDIMIENTO

1. Coloque los cables de conexión para alimentar al motor y al VFD, asegúrese de que la alimentación este desconectada, como se ve en la figura 4.4:

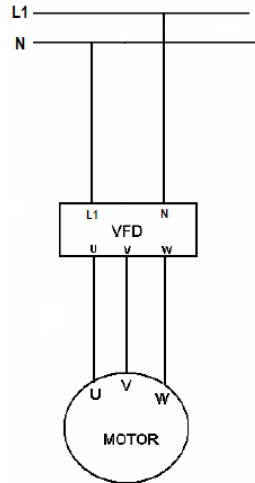


Figura 4.4: Circuito de conexión del VFD y el motor

Programación del VFD

2. La puesta en servicio rápida se inicia poniendo P0010=1 y se finaliza con P3900≠0. Después de finalizar la puesta en servicio rápida el parámetro P0010 se pone automáticamente a 0 (requisito indispensable para poder accionar el motor).

A través del BOP ingrese a los parámetros que se describen a continuación de acuerdo a los datos correspondientes a la aplicación requerida.

- **P0010** Comenzar la puesta en servicio rápida ingresando el dígito en la pantalla correspondiente a la puesta en servicio rápida tomando la opción 1:

1 Guía Básica

- **P0100** Funcionamiento para Europa/ Norteamérica, observe la potencia de la placa del motor y su frecuencia y seleccione el dígito correspondiente.

- (0) Potencia en KW ; f por defecto 50 Hz
- (1) Potencia en HP; f por defecto 60 Hz

- (2) Potencia en KW ; f por defecto 60 Hz

En este caso se elige la opción 2, debido a que esta opción es la más conveniente a utilizar en el Ecuador; además que no determina la posición del interruptor DIP.

- **P0304** Tensión nominal del motor

Rango de ajuste: 10 V - 2000 V, Tensión nominal del motor (V) de la placa de características

- **P0305** Corriente nominal del motor

Rango de ajuste: 0 - 2 x corriente nominal del convertidor (A), Corriente nominal del motor (A) de la placa de características

- **P0307** Potencia nominal del motor

Rango de ajuste: 0,12 KW - 3,0 KW (0,16 HP - 4,02 HP), Potencia nominal del motor (Kw) de la placa de características. Si P0100 = 1, los valores serán en hp

- **P0310** Frecuencia nominal del motor

(Frecuencia nominal motor [Hz] de la placa de características). Se vuelve a calcular el número de pares de polos si se cambia el parámetro.

- **P0311** Velocidad nominal del motor

Rango de ajuste: 0 - 40000 1/min. Velocidad nominal del motor (rpm) de la placa de características

- **P0700** Selección de la fuente de comandos

(Marcha/paro/inversión).

Seleccione el dígito uno, para la puesta en servicio por medio del BOP.

(0) Ajuste por defecto de fábrica

(1) B O P

(2) B ornes/entradas digitales

(5) U S S (sólo variante U S S)

Para utilizar el B O P seleccionar la opción (1)

- **P 1 0 0 0** Selección de la consigna de frecuencia

- (0) Seleccione la consigna de frecuencia fija.

- (1) Consigna M O P

- (2) Consigna analógica (sólo variante analógica)

- (3) Frecuencia fija

- (5) U S S (sólo variante U S S)

En este parámetro se debe seleccionar la opción (1)

- **P 1 0 8 0** Frecuencia mínima del motor

Ajuste la frecuencia mínima del motor (0-650Hz) a la que girará el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derecha como a izquierda.

- **P 1 0 8 2** Frecuencia máxima del motor

Ajuste la frecuencia máxima del motor (0-650Hz) a la que girará el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derecha como a izquierda.

- **P 1 1 2 0** Tiempo de aceleración

Rango de ajuste: 0 s - 650 s, Tiempo que tarda el motor para acelerar desde el estado de reposo hasta la frecuencia máxima del motor.

- **P 1121** Tiempo de deceleración

Rango de ajuste: 0 s - 650 s, Tiempo que tarda el motor para decelerar desde la máxima frecuencia del motor hasta el estado de reposo.

- **P 3900** Finalizar puesta en servicio rápida

- (0) Sin puesta en servicio rápida sin cálculo del motor ni reajuste de fábrica.
- (1) Fin puesta en servicio rápida con cálculo del motor y reajuste de fábrica.
(Recomendado)
- (2) Fin puesta en servicio rápida con cálculo del motor y reajuste de E/S.
- (3) Fin puesta en servicio rápida con cálculo del motor pero sin reajuste de fábrica.

3. Poner en marcha el motor CA utilizando el BOP.

4. Trabajar el motor con carga y sin ella observar sus características con cada una.

ANÁLISIS Y PREGUNTAS FINALES:

¿Cuál es el comportamiento de la corriente de salida del motor sin carga y con carga en las diferentes frecuencias?

¿Por qué existe un valor límite de Frecuencia en la salida del VFD?

Justifique cómo el VFD realiza el proceso de aceleración y deceleración.

4.1.3 PRÁCTICA DE LABORATORIO 3

TEMA:

FUNCIONAMIENTO DEL LOGO 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 LOGO para su programación.
- Explorar como se configura al VFD para que pueda ser controlado por un LOGO.

RESUMEN:

Concepto fundamental VFD

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. 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.

Principio de funcionamiento de los variadores para Motores asíncronos

Variación de la tensión de alimentación

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.

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.
- Paso intermedio por continua y empleo de los onduladores autónomos (Transforman una corriente continua en corriente alterna de frecuencia fija o variable).

Funciones de los variadores de velocidad

Aceleración

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en «S». Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

Variación de velocidad

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama «en bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

Regulación de velocidad

Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado (figura 4.5). Posee un sistema de mando con amplificación de potencia y un bucle de alimentación: se denomina, «bucle abierto». La velocidad del motor se define mediante una consigna o referencia. El valor de la consigna se compara permanentemente con la señal de alimentación, figura 4.5 de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador tacométrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor.

Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial. Gracias a la regulación, la velocidad es prácticamente insensible a las perturbaciones. La precisión de un regulador se expresa generalmente en % del valor nominal de la magnitud a regular.

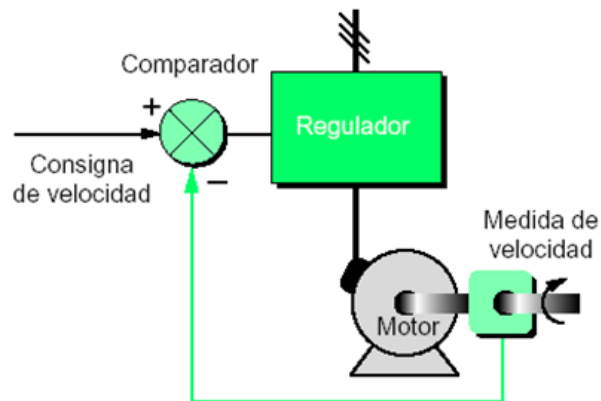


Figura 4.5: Principio de funcionamiento de la regulación de velocidad

Deceleración controlada

Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural). Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal o en «S», generalmente independiente de la rampa de aceleración. Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermedia o nula:

Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe de desarrollar un par resistente que se debe de sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse enviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.

Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada.

Inversión de giro

La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función. La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red.

Frenado

Este frenado consiste en parar un motor pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente. En el caso de un variador para motor de corriente continua, esta función se realiza conectando una resistencia en bornes del inducido.

Protección integrada

Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad (si la ventilación del motor depende de su velocidad de rotación), un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo. Además, los variadores, y especialmente los convertidores de frecuencia, están dotados de protecciones contra:

- los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra,
- las sobretensiones y las caídas de tensión,
- los desequilibrios de fases,
- el funcionamiento en monofásico.

Esta práctica consta de dos partes. La primera en la que se aprende acerca del LOGO SIEMENS. Se conocerán sus partes principales: bornes de entradas, salidas y alimentación, pantalla y teclas de manejo. Se aprenderá a ingresar al LOGO 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 LOGO. Mediante este bornero se puede controlar al VFD sin tener que

utilizar el BOP para correr o detener al motor, es decir mediante señales se puede hacer que el LOGO indique al VFD que el motor debe ser encendido e ir a cierta velocidad.

En la segunda parte, ya con un conocimiento previo se podrá programar manualmente al LOGO o mediante el software LOGO SoftCom fort para poder controlar el VFD, para y las variables propuestas. Se configurarán las entradas del bornero de control para conseguir lo antes mencionado.

PROCEDIMIENTO :

1. Ubicar el LOGO en el panel como se muestra en la Figura 4.6:

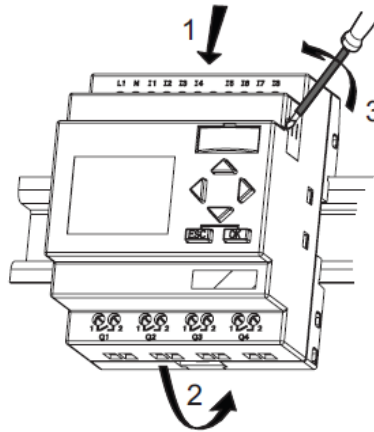


Figura 4.6: Montaje de LOGO

2. El LOGO cuenta con 8 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 4.7:

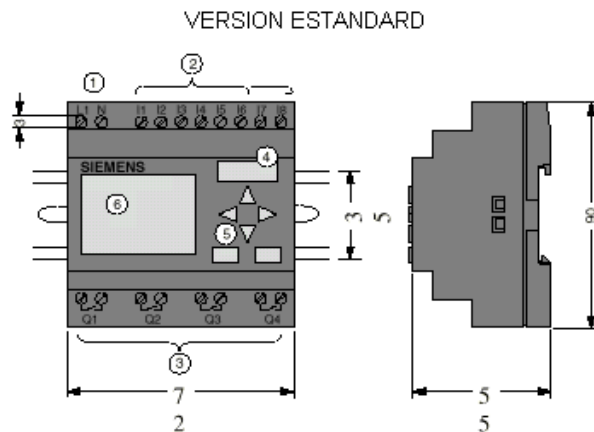


Figura 4.7: Identificación de entradas y salidas

3. En el LOGO existe una pantalla de visualización y una consola de programación con 6 teclas para su manejo:



Figura 4.8: Teclas de operación

4. Para alimentar al LOGO con energía se conecta al terminal L una fase de 230V AC y al terminal N el neutro como se muestra en la Figura 4.9:

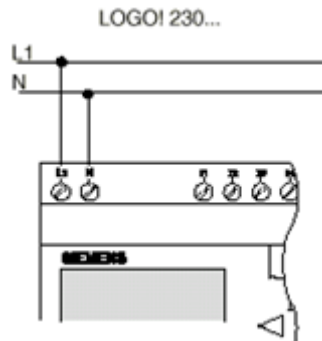


Figura 4.9: Conexión de la alimentación del LOGO

5. Observar la parte frontal inferior del VFD para ubicar el bornero de control que tiene las siguientes terminales como se muestra en la Figura 4.10:

Borne	Significado	Funciones	
1	DOUT-	Salida digital (-)	
2	DOUT+	Salida digital (+)	
3	DIN0	Entrada digital 0	
4	DIN1	Entrada digital 1	
5	DIN2	Entrada digital 2	
6	-	Salida +24 V / máx. 50 mA	
7	-	Salida 0 V	
	Variante	Analógica	USS
8	-	Salida +10 V	RS485 P+
9	ADC1	Entrada analógica	RS485 N-
10	-	Salida 0 V	




Figura 4.10: 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: esta Tesis o el Manual del Variador de Velocidad SIEMENS SINAMICS G110 incluida en el ANEXO B.

6. Para la primera parte de la práctica conectar las siguientes salidas del LOGO a los terminales de entrada del VFD como se indica en la Figura 4.11:

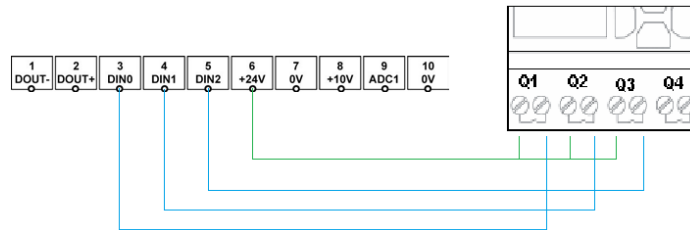


Figura 4.11: Conexión de salidas del LOGO a entradas del VFD

7. Conectar una fase de 230 VAC a las entradas I1, I2, I3, I4, I5, I6 e I8 con switch's de intermedio como se muestra en la Figura 4.12:

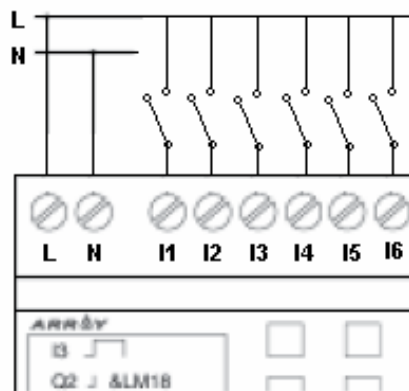


Figura 4.12: Conexión de entradas al LOGO

Programación del PLC

8. Al encender la fuente de alimentación del LOGO, aparecerá la siguiente pantalla con los siguientes parámetros para acceder a LOGO utilizando las teclas [OK] y [ESC]:

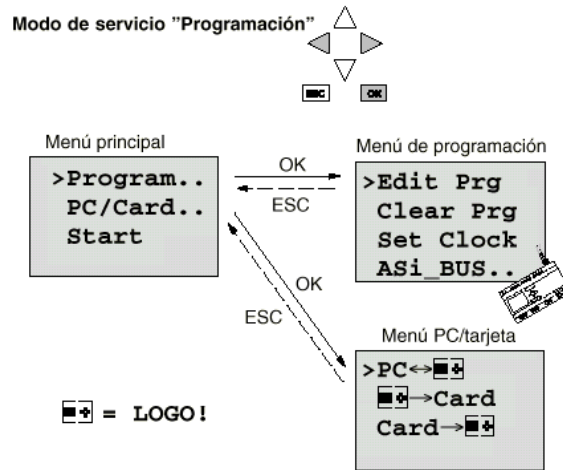


Figura 4.13: Ingreso a programación

Ahora procederemos a ingresar el programa:

9. Se procede a realizar e ingresar el programa, se puede hacer de dos formas: la una utilizando el Menú de Programación y la otra con el Menú PC/tarjeta como se puede observar en la figura 4.12.

10. En este caso se debe introducir el siguiente programa que hará que el motor gire a la izquierda con una frecuencia de 15Hz cuando exista una señal en la entrada de I1: LISTO, I2: Izquierda e I4: RUN; el motor va a girar a la derecha si existe la señal de I1: LISTO, I3: DERECHA e I4: RUN. El motor se detiene mediante la señal I5: STOP. El programa completo se muestra en la siguiente figura 4.14:

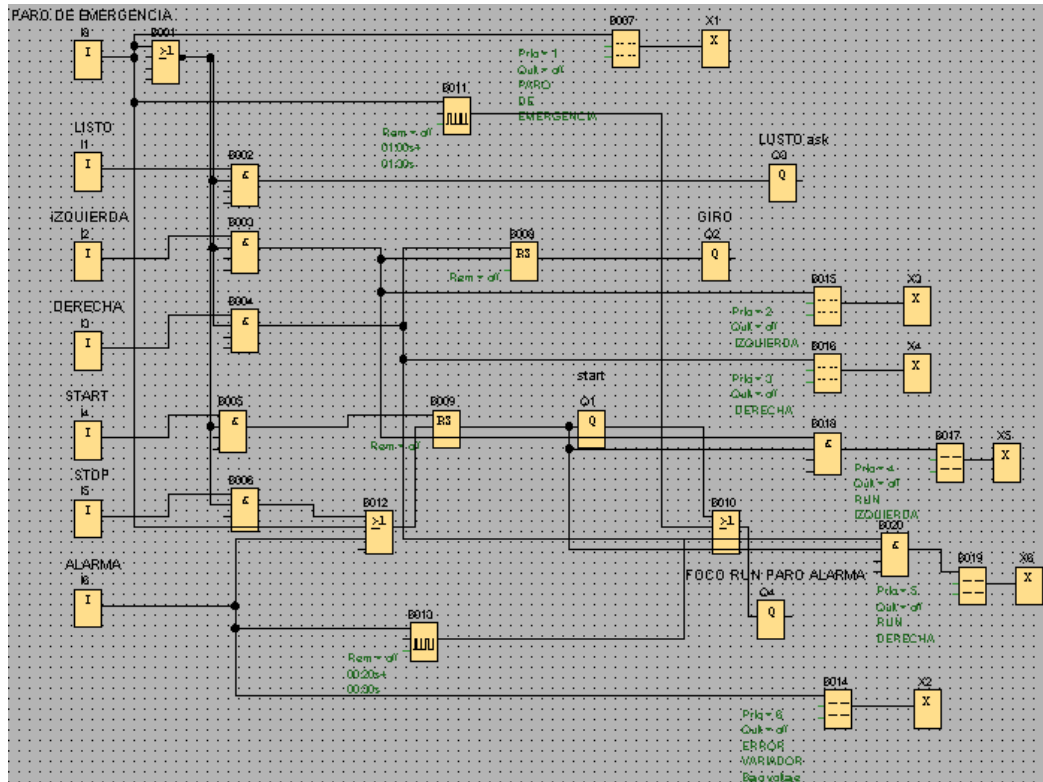


Figura 4.14:Program a visualizado desde LOGO SoftCom fort

Programación del VFD

11. Conectar el VFD al motor (configuración DELTA)
12. Encender la fuente de alimentación del VFD.
13. Dentro del grupo P0003 opción "1" ingresar a la función P0010 y seleccionar la opción "30" para restablecer los parámetros iniciales del VFD.
14. En el Menú Principal P1080 dentro de la función ingresar el valor de 15 Hz.
15. Dentro de la función P0700 del Menú Principal seleccionar la opción "1" para poder trabajar con el bornero de control.
16. Seleccionar la opción RUN del LOGO y VDF y presionar [OK].
17. Poner en marcha el motor

ANÁLISIS Y PREGUNTAS FINALES:

¿Investigue cómo el VFD frena un motor mediante inyección de tensión DC?

Dé ejemplos de aplicaciones en la industria en las que se puede utilizar la aceleración y el frenado de un motor.

4.1.4 PRÁCTICA DE LABORATORIO 4

TEMA:

PROTECCIÓN INTEGRADA DEL MOTOR DE CA

OBJETIVOS:

- Identificar los diferentes tipos de protección usados en el módulo.
- Explorar los diferentes códigos de fallo y alarmas del VFD.
- Interpretar los códigos de fallo y alarmas de las protecciones usadas.
- Buscar las causas y soluciones para los errores detectados.

RESUMEN:

Esta práctica permite manejar de una forma segura el módulo mediante el uso de protecciones como:

- **Breaker:** El módulo está protegido de sobrecargas eléctricas por medio de un breaker, que puede ser restaurado manualmente.
- **Relé 24Vcd:** Su comportamiento es similar al relé de sobre intensidad no retardado, distinguiéndose dos tipos: de mínima y máxima tensión.
- **Códigos de fallos y alarmas del VFD:** Se presenta un mensaje en caso de una avería o alarma.

- **Paro de emergencia:** Los interruptores de parada de emergencia son pulsadores importantes en razón de la seguridad con una función mecánica de enganchado, siempre deben estar preparados y bien señalizados de color rojo o amarillo

PROCEDIMIENTO :

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

1. Configurar el siguiente grupo de funciones en el VFD :

- **P0290** Reacción VFD ante sobrecargas

Selecciona la reacción del convertidor ante una temperatura excesiva.

- (0) Reducción de frecuencia de salida
- (1) Fallo (F0004 / F0005)

Es necesario programar este parámetro a (1) para activar la protección.

- **P0335** Refrigeración del motor (Sistema de refrigeración)

- (0) Autoventilado: Ventilador en el eje del motor
- (1) Ventilación forzada: Ventilador funciona por separado

- **P0610** Reacción I^2 motor

Define la reacción cuando se alcanza el umbral de aviso I^2 .

- (0) Aviso, sin reacción, sin fallo F0011
- (1) Aviso, reducción de I_{max} , fallo F0011
- (2) Aviso, sin reacción, fallo F0011

Es necesario programar este parámetro a (2) para activar la protección.

- **P0611** Constante tiempo I^2t del motor (En s)

El parámetro P0611 se evalúa automáticamente a partir de los datos del motor durante la puesta en marcha rápida o durante el cálculo de los parámetros del motor P0340. Al término de la puesta en marcha rápida o del cálculo de los parámetros del motor, este valor se puede sustituir por el valor del fabricante del motor.

- **P0614** Nivel de sobrecarga I^2t motor (En %)

Define el valor al cual se genera el aviso A0511 (sobretensión del motor).

Es necesario programar este parámetro a (110%) para activar la protección.

- **P0640 Factor sobrecarga motor**

Define el límite de intensidad de sobrecarga del motor en [%] relativo a P0305 (intensidad nominal del motor).

Es necesario programar este parámetro a (150%) para activar la protección.

2. Ahora se producirá una serie de errores intencionales que no cause mucho daño al variador, para poder visualizar esta clase de protecciones.

3. Provocar un cortocircuito en la alimentación de un motor o un fallo a tierra; aparece en la pantalla del VFD un código denominado F0001. De igual forma puede actuar el breaker al existir una sobrecarga. Ahora se procede ubicar la sección 4.2.2 de este proyecto, correspondiente a códigos de fallo. Identificamos el fallo, se verifica sus causas y se realiza el diagnóstico y corrección.

4. Conectar la tensión de entrada del módulo a una red de 220V o programar el tiempo de deceleración (P1121) muy corto (3seg); aparece en la pantalla del VFD un código denominado F0002. Ahora se procede a ubicar la sección 4.2.2 de este proyecto,

	<p>¿Hay polvo? ¿Son adecuadas la temperatura ambiente y la humedad</p>	X			Véase precauciones	<p>Temperatura: -10 ~ + 40 sin congelación</p> <p>Humedad: inferior a 50% sin condensación</p>	<p>Termómetro</p> <p>Higrómetro</p>
	<p>¿Hay algún ruido u oscilaciones anormales?</p>	X			Visual y auditivo	No hay anomalías	
	<p>¿Es normal la tensión de entrada del circuito principal?</p>	X			Mídase la tensión entre los bornes L1 y N		<p>Multímetro Digital/tester</p>
	<p>Comprobación de Megger (entre el circuito principal y tierra)</p> <p>¿Se ha modificado alguna parte fija?</p> <p>¿Se ha observado signos de sobretemperatura al limpiar los componentes?</p>	X	X		<p>Desconecte las conexiones del variador y cortocircuite los bornes entre estos a tierra. Apriete los tornillos</p> <p>Comprobación visual</p>	Más de 5 MΩ Sin anomalías	<p>Megger tipo DC 500 V (Medida del aislamiento eléctrico en media y alta tensión)</p>
	<p>¿Está oxidado el conductor?</p> <p>¿Está dañado el revestimiento del cable?</p>		X		Comprobación visual	Sin anomalías	
	<p>¿Se ha producido algún daño?</p>		X		Comprobación visual	Véase como comprobar módulos	
	<p>Compruebe la resistencia entre cada uno de los bornes</p>			X	Desconecte las conexiones del variador y mida la resistencia entre los bornes con un tester	Sin anomalías Superior al 85% de la potencia nominal	<p>Multímetro digital/ tester analógico</p>
	<p>¿Se observan fugas de líquidos?</p> <p>¿Están bien fijados los pines?</p> <p>¿Se observa alguna dilatación o retracción?</p> <p>Mídase la capacidad</p>	X	X		<p>Comprobación visual</p> <p>Mídase la capacidad con un instrumento adecuado</p>	Sin anomalías	<p>Instrumento para medir la capacidad</p>

		¿Se escucha algún ruido tipo tableteo durante el funcionamiento? ¿Está dañado el contactor?		X X		Comprobación auditiva Comprobación visual	Sin anomalías El error deberá estar comprendido en el $\pm 10\%$ del valor de la resistencia visualizada.	
		¿Está dañado el aislamiento de la resistencia? ¿Está dañado el cableado de la resistencia		X X		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
		¿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.		X X		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
		¿Hay algún ruido u oscilaciones anormales? ¿Está la zona de conexión desconectada?	X		X	Desconecte la alimentación y haga girar el ventilador manualmente. Reapriete las conexiones.	Compruebe los valores especificados y de control.	
		¿Es correcto el valor visualizado?	X	X		Compruebe el instrumento de lectura con una medición exterior.	Sin anomalías	Voltímetro / Amperímetro, etc.
		Comprobación de Megger			X	Desconecte las conexiones U, V y W y únense entre si		Megger tipo 500V

4.2.2 Códigos de fallo

Si se produce una avería, el convertidor se desconecta y en la pantalla aparece un código de fallo. A continuación se enlista una serie de fallos, su posible causa, y el diagnóstico para proceder a eliminar cada uno de estos en caso de que se presenten

Nota: Para poner a cero el código de error, es posible utilizar uno de los tres métodos que se indican a continuación:

1. Adaptar la potencia al dispositivo.
2. Pulsar el botón situado en el BOP.
3. Vía Entrada digital 2 (configuración por defecto)

F0001 Sobrecorriente

Causa

- Potencia del Motor (P0307) no corresponde a la potencia del VFD (r0206)
- Cortocircuito en la alimentación del motor
- Fallo a tierra

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- La potencia del motor (P0307) debe corresponder a la potencia del convertidor (r0206).
- El tamaño límite de cables no debe ser sobrepasado.
- Los cables del motor y el motor no deben tener cortocircuitos o fallos a tierra.
- Los parámetros del motor deben ajustarse al motor utilizado.
- Debe corregirse el valor de la resistencia del estator (P0350).
- El motor no debe estar obstruido o sobrecargado.
- Incrementar el tiempo de aceleración (P1120).
- Controlar valor de fallo r0949:
0 = fallo generado en el hardware
1 = fallo generado en el software

F0002 Sobretensión

Causa

- Tensión de red demasiado alta.
- Motor trabaja en Modo generador

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- Tensión alimentación debe estar dentro de los límites indicados en la placa de motor.
- El regulador Vcd debe estar habilitado (P1240) y parametrizado adecuadamente.
- El tiempo de deceleración (P1121) debe ajustarse a la inercia de la carga.
- La potencia de frenado requerida debe ajustarse a los límites especificados.
- Controlar valor de fallo r0949:

0 = fallo generado en el hardware

1 = fallo generado en el software en estado regular interno del convertidor

F0003 Subtensión

Causa

- Fallo alimentación principal.
- Carga brusca fuera de los límites especificados.

Diagnóstico & Eliminar

- Compruebe la tensión de red.
- Controlar valor de fallo r0949:

0 = fallo generado en el hardware

1 = fallo generado en el software en estado de subtensión

2 = fallo generado en el software en estado regular interno del convertidor

F0004 Sobretemperatura convertidor

Causa

- Convertidor sobrecargado
- Ventilación insuficiente
- Frecuencia de pulsación demasiado alta
- Temperatura ambiente demasiado alta

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- Carga o ciclo de carga demasiado altos.
- Potencia motor (P0307) debe ajustarse a la potencia del convertidor (r0206).
- La frecuencia de pulsación debe ajustarse al valor por defecto.
- Temperatura ambiente demasiado alta.

F0005 Convertidor I2T

Causa

- Convertidor sobrecargado.
- Ciclo de carga demasiado repetitivo.
- Potencia motor (P0307) sobrepasa la capacidad de potencia del convertidor (r0206).

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- Ciclo de carga debe situarse dentro de los límites especificados.
- Potencia motor (P0307) debe ajustarse a la potencia del convertidor (r0206).

F0011 Sobretemperatura I2T del motor

Causa

Motor sobrecargado

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- Ciclo de carga debe ser corregido.
- La constante tiempo térmica del motor (P0611) debe ser corregida.
- Debe ajustarse el nivel de aviso I2T del motor (P0614).

F0051 Fallo parámetro EEPROM

Causa

Lectura o escritura errores al acceder al EEPROM

Diagnóstico & Eliminar

- Reajuste de fábrica y nueva parametrización.
- Cambio unidad

F0052 Fallo pila de energía

Causa

Fallo de lectura para información de pila de energía o datos no válidos.

Diagnóstico & Eliminar

Cambio de unidad

F0055 Fallo BOP-EEPROM

Causa

Fallo de lectura o escritura al archivar parámetros en BOP-EEPROM durante la clonación de parámetros.

Diagnóstico & Eliminar

- Reposición al ajuste de fábrica y nueva parametrización.
- Cambiar BOP

F0056 BOP no incorporado

Causa

Intento de clonar parámetros sin BOP.

Diagnóstico & Eliminar

Meter BOP y volver a probar.

F0057 Fallo BOP

Causa

- Clonación de parámetros con BOP vacío.
- Clonación de parámetros con BOP defectuoso.

Diagnóstico & Eliminar

Cargar parámetros en BOP o cambiar BOP.

F0058 Parámetros incompatible

Causa

Juego de parámetros para cargar proviene de otro tipo de convertidor.

Diagnóstico & Eliminar

Cargar en el BOP juego de parámetros del mismo tipo de convertidor.

F0060 Timeout de ASIC

Causa

Fallo comunicaciones interno

Diagnóstico & Eliminar

- Si el fallo persiste, cambiar convertidor.
- Contactar con el Servicio Técnico.
- Controlar valor de fallo r0949:
 - 0 = generado por el ASIC
 - 1 = generado por el software

F0072 USS fallo consigna

Causa

Sin valores de consigna del USS durante el tiempo de telegrama off.

Diagnóstico & Eliminar

Revisar el maestro USS.

F0085 Fallo externo

Causa

Fallo externo disparado a través de los bornes de entrada.

Diagnóstico & Eliminar

Bloquear la entrada de borne para disparo de fallo.

F0100 WatchdogReset

Causa

Caída de tensión corta o error del software

Diagnóstico & Eliminar

EL fallo F0100 se puede producir debido a una caída de tensión corta. En este caso el convertidor en sí no tiene ningún defecto. Sin embargo si el fallo se produce sin que haya caída de tensión hay que ponerse en contacto con el servicio técnico..

F0101 Desbordamiento de memoria

Causa

Error software o fallo procesador

Diagnóstico & Eliminar

Activar rutinas de autotest.

4.2.3 Códigos de alarma

Los avisos de alarma se almacenan en el parámetro r2110 bajo su número de código (por ejemplo, A0503 = 503) y pueden leerse desde allí. De igual forma que los fallos, a continuación se presenta una lista de alarmas para evitar un potencial daño del VFD.

Nota: Los mensajes de alarmas se visualizan mientras persista el estado que provoca la misma y se eliminan cuando desaparece ese estado. Los mensajes de alarmas no se pueden acusar.

A 0501 Limitación corriente

Causa

- La potencia del motor no corresponde a la potencia del convertidor.
- Los cables del motor son muy largos.
- Fallo a tierra

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- Potencia motor (P0307) debe corresponder a la potencia del convertidor (r0206).
- Los límites de tamaño de cables no deben ser excedidos.
- Los cables del motor y el motor no deben tener cortocircuitos o fallos a tierra.
- Los parámetros del motor deben ajustarse al motor en uso.
- El valor de la resistencia del estator (P0350) debe ser corregido.
- El motor no debe ser obstruido o sobrecargado.
- Incrementar el tiempo de aceleración (P1120).
- Reducir el nivel de elevación en arranque (P1312).

A 0502 Límite por sobretensión

Causa

Límite por sobretensión alcanzado. Este aviso puede ocurrir durante la aceleración, si el regulador Vcd está deshabilitado (P1240 = 0).

Diagnóstico & Eliminar

Si se muestra este aviso permanentemente, revisar la entrada de tensión convertidor.

A 0503 Límite de mínima tensión

Causa

- Fallo en la tensión de alimentación

- Tensión de alimentación y consecuentemente la tensión en el circuito intermedio (r0026) por debajo de los límites especificados.

Diagnóstico & Eliminar

Revisar la tensión de la alimentación principal.

A 0505 I2T del convertidor

Causa

Se ha superado el nivel de alarma; la corriente se reduce si está parametrizado (P0610=1).

Diagnóstico & Eliminar

Comprobar si el ciclo de carga está dentro de los límites especificados.

A 0511 Sobretemperatura motor I2T

Causa

- Sobrecarga en el motor.
- Ciclo de carga demasiado alta.

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- P0611 (constante de tiempo del motor I2t) debería ajustarse al valor correcto
- P0614 (nivel de sobrecarga de motor I2t) debería ajustarse a un nivel adecuado

A 0910 Regulador Vcd-max activo

Causa

Ocurre:

- cuando la tensión de alimentación principal está alta permanentemente.
- si el motor es arrastrado por la carga activa, ocasionando que el motor entre en modo regenerativo.

- con cargas con gran inercia, cuando se desacelera.

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- Alimentación principal debe estar dentro de los límites.
- Debe ajustarse la carga.

A 0911 Regulador Vcd-max activo

Causa

Regulador Vcdmax activo; los tiempos de desaceleración se incrementarán automáticamente para mantener la tensión en el circuito intermedio (r0026) dentro de los límites.

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

- Tensión alimentación debe ajustarse dentro de los límites indicados en la placa de características.
- El tiempo de deceleración (P1121) debe ajustarse a la inercia de la carga.

Nota: Una inercia más alta necesita tiempos de rampa más largos.

A 0920 Los parámetros del ADC no están ajustados adecuadamente

Causa

Los parámetros ADC no deben estar todos ajustados al mismo valor, ya que esto produce resultados ilógicos.

Diagnóstico & Eliminar

Revisar lo siguiente:

P0757, P0758, P0759, P0760

A 0923 Señales JOG (Impulsor de avance) a derechas y JOG a izquierdas activas

Causa

Señales JOG a derechas y JOG a izquierdas activas conjuntamente. Esto paraliza la frecuencia de salida RFG a su valor actual.

Diagnóstico & Eliminar

No activar señales JOG a derechas y señales JOG a izquierdas simultáneamente.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 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.
- El módulo que entregamos cumplirá con el objetivo de brindar a los estudiantes una formación práctica y teórica en el manejo de equipos de nueva tecnología.
- El control de velocidad de un motor de CA Trifásico se realiza mediante la variación de frecuencia provocada por VFD, que recibe una tensión monofásica de frecuencia fija (60 Hz), y proporciona una tensión de frecuencia variable.
- Con la realización del módulo, el manual de prácticas y de mantenimiento, los estudiantes cuentan con una guía adecuada y oportuna para el manejo correcto de este.
- El módulo de laboratorio y las prácticas están hechas de tal manera que permita al usuario una familiarización rápida y práctica del variador de velocidad SINAMICS G110 para un manejo correcto y un máximo aprovechamiento en la industria.
- Uno de los dispositivos más sofisticados que cuenta el mercado actual es el variador de velocidad SIEMENS SINAMICS G110 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.

- Se comprobó que con el uso del VFD se reemplaza a contactores, relés, arrancadores, temporizadores y circuitos de protección, puesto que cumple con todas estas funciones y aún más los parámetros de estas funciones son programables.
- Los LOGO y PLC's son dispositivos que nos ayudan a la implementación y automatización de procesos industriales con alta seguridad, confiabilidad y con ahorro energético
- El LOGO SIEMENS 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 LOGO SoftComfort.
- La alimentación monofásica de 220 VAC permite que el LOGO SIEMENS pueda ser utilizados en cualquier tipo de laboratorio.
- El variador de velocidad SINAMICS G110 controla los motores de CA 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.

5.2 Recomendaciones

- Tomar en cuenta tanto las características del motor que se va a utilizar como el funcionamiento del proceso; para una correcta selección de un variador de velocidad dentro de una planta.
- Conocer tanto los elementos que se va a disponer para la automatización de un proceso como el funcionamiento de la planta; para la instalación de un variador de frecuencia.
- Tomar en cuenta que el LOGO SIEMENS tiene pocas entradas y salidas por lo cual se exhorta que se utilicen de una forma óptima analizando el proceso a realizar.

- Conectar correctamente la alimentación, entradas y salidas del LOGO SIEMENS para evitar fallos en el programa o en el dispositivo.
- Contar con una computadora que tenga el software LOGO SoftComfort para la programación del LOGO, ya que ingresar los programas de las prácticas mediante las teclas de manejo resultaría muy largo y tedioso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ENRÍQUEZ, G. H. Manual de Electricidad Industrial II, Reparación de Motores Eléctricos. México: Limusa, 1996. Pp 6
- [2] KOSOW, I. Máquinas Eléctricas y Transformadores. 2da.ed. México: Prentice Hall, 1993. Pp 10
- [3] LOBOSCO, O. Selección y Aplicación de Motores Eléctricos. Barcelona: Marcombo, 1990. Pp 12
- [4] SMEATON, R. W. Motores Eléctricos, Selección, Mantenimiento y Reparación. 2da.ed. México: McGraw-Hill, 2004. Pp 14
- [5] TIPPENS, P. E. Física, Conceptos y Aplicaciones. 6ta.ed. México: McGraw-Hill, 2001. Pp 34

BIBLIOGRAFÍA

SIEMENS AG : Sinamics G110.Automation & Drives. Germany, Siemens AG 2004

SIEMENS AG : Logo Autómata Siemens.Automation & Drives. Germany, Siemens AG
2005.

CHAPMAN, S.J.Máquinas Eléctricas. 2da.ed. México: McGraw-Hill, 1995.

NASAR, U.Electromecánica y Máquinas Eléctricas,México: Limusa, 1997.

ENRÍQUEZ, G. H.Control de Motores Eléctricos. México:Limusa, 1998.

ENRÍQUEZ, G. H.Manual de Electricidad Industrial II, Reparación de Motores Eléctricos.
México: Limusa,1996.

KOSOW, I.Máquinas Eléctricas y Transformadores.2da.ed.México: Prentice Hall, 1993.

LOBOSCO, O.Selección y Aplicación de Motores Eléctricos. Barcelona:Marcombo, 1990.

SMEATON, R. W.Motores Eléctricos, Selección, Mantenimiento y Reparación. 2da.ed.
México: McGraw-Hill,2004.

TIPPENS, P. E.Física, Conceptos y Aplicaciones. 6ta.ed. México: McGraw-Hill, 2001.

LINKOGRAFÍA

Eficiencia Energética en Motores Eléctricos

http://www.angelfire.com/sk3/todoarchivos0/archivos/Eficiencia_en_Motores_electricos.pdf,

2010-06-26

Guía para la Protección de Motores Eléctricos.

http://www.ersp.gob.pa/electric/info_clientes/Motores.pdf,

2010-08-12

Unión Eléctrica de Canarias, S.A. Análisis de los Motores Eléctricos

http://www.fulp.ulpgc.es/articulos/vector22_01.pdf,

2010-08-12

Variadores de Velocidad.

http://usuarios.lycos.es/mugresoft/caracteristicas_particulares.htm,

2010-09-02

Arranque de Motores

http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/Arranque_de_motores.htm.

2010-11-05

Motores a Inducción

<http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/motoresainduccion.htm>,

2010-11-05

Motores Eléctricos a Corriente Alterna

<http://www.dliengineering.com/vibmanspanish/motoreselctricosacorrientealternaca.htm>,

2010-11-05

Variadores Electrónicos

<http://www.carbi.net/tecnica/newpage14.html>,

2011-01-12

Características Técnicas del Variador de Frecuencia Programable

<http://www.astrogea.org/alasala/variador.htm>,

2011-01-14

Variadores de Frecuencia/Velocidad

<http://www.lt-automation.com/Variadores.htm>,

2011-01-14

Control y Regulación de la Velocidad en Motores Asíncronos Trifásicos

<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica71.html>,

2011-01-14