

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA**  
**RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS**



**Trabajo de seminario de graduación para optar al título de Ingeniero en  
Electrónica**

**TEMA:**

*“Módulo de control automático de motores eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje.”*

**AUTORES:**

**Br. Jorge Luis Zamora Medrano**

**Br. Donald Enrique Urbina Obando**

**Tutor Metodológico: MSc. Adriana Suazo**

**Asesor Tecnológico: MSc. Reynaldo Espino Altamirano**

**Managua, enero 2016**

## **TITULO**

“Módulo de control automático de motores eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje.”

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a Dios por dejarme concluir esta etapa de mi vida.*

*A mi madre Rafaela Obando Espinoza que con esmero y mucho sacrificio supo apoyarme para lograr este objetivo.*

*A Lic. Maritza Espinales que en gran parte me alentó y apoyó durante estos años para que yo pudiese lograr la meta que hoy estoy por culminar.*

*A mi novia Oxana Narváez Aburto y a su mamá Oxana Aburto que me animaron a seguir con este esfuerzo de terminar mis estudios.*

*A mi compañero de estudios Jorge Zamora que se esforzó tanto como yo para culminar este proyecto y que fuese lo mejor posible, así también agradecerle por compartir su conocimiento conmigo.*

*A mis amigos y demás familiares por apoyarme y alentarme a terminar con éxito mis estudios.*

Donald Enrique Urbina Obando.

*Gracias.*

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo está dedicado a:*

*Mi Madre por su apoyo incondicional y por la confianza depositada en mí, en especial en aquellos momentos que lo necesité.*

*A Dios que me acompañó en esta carrera estudiantil, y a todas las personas que me inspiraron constancia y voluntad.*

Jorge Luis Zamora Medrano.

*Gracias.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por brindarnos la vida y a nuestras madres que con su esfuerzo, consejos y confianza han sabido guiarnos por el camino adecuado para lograr nuestras metas propuestas y así culminar nuestras carreras.

Agradecemos a nuestros familiares que con sus ánimos nos estimularon y siempre nos dieron palabras de aliento para terminar el presente Proyecto.

Agradecemos a nuestras respectivas parejas Luz Aurora Jaenz y Oxana Narvárez Aburto que con su amistad y apoyo nos incentivaron en instantes buenos y malos a lo largo de nuestra Carrera Universitaria y en la realización de este proyecto.

Agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua y a todos los profesores que a lo largo de nuestra permanencia en la universidad nos impartieron los conocimientos necesarios para hoy poder concluir con éxito la Carrera de Ingeniería Electrónica.

## RESUMEN

El presente proyecto describe un módulo de control de motores eléctricos a través de un PLC, donde se hace referencia a las variables que intervienen en el funcionamiento de los motores, variables como la potencia, factor de potencia, pérdidas de energía por rozamiento, etc. Todas estas son de mucha importancia al momento de poner en uso un motor eléctrico de corriente alterna. El módulo cuenta también con un lenguaje de programación en escalera donde se programó la interfaz para poder realizar las prácticas de forma automática y manual, con esto se pretende unificar conocimientos en control automático y maquinas eléctricas ya que estas son herramientas necesarias para cualquier ingeniero en electrónica, la programación es apreciable en imágenes que contienen cada escalón de la programación realizada en VisiLogic.

Los diseños realizado en AutoCAD Electrical dan una idea de lo que será el trabajo finalizado, muestran vistas con acotaciones, las ubicaciones de cada dispositivo con sus respectivos nombres tanto los que se encuentran ubicados en la placa de fondo falso que se encuentra asegurada al gabinete, como de los que están en la puerta del gabinete con borneras para sus conexiones de alimentación eléctrica.

Con este módulo de control se pretende aportar al aprendizaje de los estudiantes de la carrera ya que no se cuenta en la actualidad con este tipo de dispositivos en los laboratorios de electrónica, es importante dotar a los alumnos de herramientas y destrezas a través del aprendizaje.

## INDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>4.1</b>	<b>Objetivo general</b> .....	<b>4</b>
<b>4.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>DESARROLLO</b> .....	<b>5</b>
<b>5.1</b>	<b>Análisis de las variables que influyen en el funcionamiento de los motores eléctricos</b> <b>5</b>	
5.1.1	Introducción a los motores eléctricos.....	5
5.1.2	Variables de los motores eléctricos .....	7
5.1.2.1	Potencia de rotación.....	8
5.1.2.2	Deslizamiento absoluto $d_a$ .....	13
5.1.2.3	Deslizamiento relativo $S$ .....	13
5.1.3	Potencia en sistemas trifásicos equilibrados .....	13
5.1.3.1	Tensiones e intensidades en el estator de los motores trifásicos .....	13
5.1.3.1.1	Potencia activa $P = V \cdot I \cdot \cos \phi$ .....	13
5.1.3.1.2	Potencia reactiva $Q = S^2 - P^2$ .....	14
5.1.3.1.3	Potencia aparente $S = V \cdot I$ .....	14
5.1.3.1.4	Factor de potencia .....	14
5.1.4	Motor jaula de ardilla .....	17
5.1.4.1	Aplicación .....	18
5.1.4.2	Características del motor jaula de ardilla de 4 polos .....	18
5.1.5	Motor tipo repulsión-inducción .....	18
5.1.5.1	Aplicación .....	19
5.1.5.2	Características del motor repulsión-inducción .....	19
5.1.6	Motor con condensador permanente .....	19
5.1.6.1	Aplicaciones .....	20
5.1.6.2	Características del motor con capacitor permanente .....	21
<b>5.2</b>	<b>Programación de la interfaz de control de motores</b> .....	<b>21</b>
5.2.1.1	Descripción de las pantallas HMI .....	26
5.2.1.2	Descripción de la programación en escalera .....	31
5.2.1.3	Diagrama de flujo HMI.....	46

5.2.1.4	Diagrama de flujo de programación de práctica #1 .....	47
5.2.1.5	Diagrama de flujo de programación de práctica #2 .....	47
5.2.1.6	Diagrama de flujo de programación de práctica #3 .....	48
5.2.1.6.1	Encendido del motor #1 .....	48
5.2.1.6.2	Encendido del motor #2 .....	49
5.2.1.6.3	Encendido del motor #3 .....	49
<b>5.3</b>	<b>Diseño del módulo de control de motores eléctricos con sus componentes .....</b>	<b>50</b>
5.3.1.1	Dispositivos de control que integran el módulo .....	51
<b>5.4</b>	<b>Construcción del módulo de funcionamiento de los motores eléctricos .....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>59</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>60</b>
<b>9.1</b>	<b>Anexo 1 .....</b>	<b>60</b>
<b>9.2</b>	<b>Anexo 2 .....</b>	<b>69</b>
9.2.1	Guía de Prácticas.....	71



## INDICE DE TABLA

Tabla 1. Características del motor jaula de ardilla .....	18
Tabla 2. Características del motor repulsión-inducción.....	19
Tabla 3. Características del motor con capacitor permanente .....	21
Tabla 4. Número máximo de variables por display .....	25
Tabla 5. Variables del programa .....	31

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principio de un Motor Eléctrico. ....	5
Figura 2. Motor Eléctrico. ....	6
Figura 3. Estator.....	10
Figura 4. Rotor. ....	10
Figura 5. Devanado.....	11
Figura 6. Cojinetes de Rodamiento.....	11
Figura 7. Escobillas.....	11
Figura 8. Colector.....	12
Figura 9. Conexión Estrella.....	15
Figura 10. Conexión Triangulo.....	15
Figura 11. Diagrama Conceptual de Motores Eléctricos.....	16
Figura 12. Motor jaula de ardilla 4 polos .....	17
Figura 13. Motor jaula de ardilla 4 polos .....	17
Figura 14. Motor inducción-repulsión.....	18
Figura 15. Motor inducción-repulsión.....	18
Figura 16. Motor con condensador permanente .....	20
Figura 17. Motor con condensador permanente .....	20
Figura 18. PLC Vision 280 .....	23
Figura 19. Menú de inicio.....	26
Figura 20. Menú de configuración de hora y fecha.....	27
Figura 21. Práctica #1, arranque de un motor con PLC.....	27
Figura 22. Práctica #2, arranque de un motor con PLC, con respaldo de un motor en caso de daño.....	28
Figura 23. Práctica # 3, encendido y apagado de dos motores con uno de respaldo .....	29
Figura 24. Segunda parte de práctica #2.....	29
Figura 25. Encendido y apagado del motor #1 .....	32
Figura 26. Temporización del motor #1.....	32
Figura 27. Temporización del motor #1.....	33
Figura 28. Reinicio del temporizador del motor #1.....	33
Figura 29. Encendido del motor #1 con condición motor #2 apagado .....	34
Figura 30. Apagado del motor #1, con condición motor #2 apagado.....	34
Figura 31. Temporización del motor #1.....	34
Figura 32. Temporización del motor #1.....	35
Figura 33. Reinicio del temporizador del motor #1.....	35
Figura 34. Encendido del motor #2, con condición de apagado .....	36
Figura 35. Apagado del motor #2.....	36
Figura 36. Temporización del encendido del motor #2, ondición de apagado .....	37

Figura 37. Temporización del motor #2.....	37
Figura 38. Reinicio del temporizador del motor #2.....	38
Figura 39. Sentencia de encendido para el motor #1, con condición de dos motores.....	38
Figura 40. Sentencia de encendido para el motor #1, con condición de dos motores.....	39
Figura 41. Temporización del motor #1.....	39
Figura 42. Temporización del motor #1.....	40
Figura 43. Reinicio a cero del temporizador.....	40
Figura 44. Sentencia de encendido del motor #2.....	41
Figura 45. Sentencia de apagado del motor #2.....	41
Figura 46. Temporización del motor #2.....	41
Figura 47. Temporización para el motor #2.....	42
Figura 48. Reinicio del temporizador del motor #2.....	42
Figura 49. Sentencia de encendido del motor #3 con condición.....	43
Figura 50. Sentencia de apagado del motor #3.....	43
Figura 51. Temporización del motor #3.....	44
Figura 52. Temporización del motor #3.....	44
Figura 53. Reinicio del temporizador del motor #3.....	45
Figura 54. Apagado de los motores al salir de las prácticas.....	45
Figura 55. Fin de las prácticas.....	45
Figura 56. Disyuntor magnético.....	52
Figura 57. Guardamotor termomagnético.....	53
Figura 58. Contactor.....	53
Figura 59. Contacto auxiliar.....	53
Figura 60. Relé miniatura.....	54
Figura 61. Fuente de alimentación conmutada.....	55
Figura 62. Diagrama de flujo ventanas HMI.....	60
Figura 63. Diagrama de flujo de programación para práctica 1.....	61
Figura 64. Diagrama de flujo de programación para práctica 2.....	62
Figura 65. Diagrama de flujo de programación para práctica 3.....	63
Figura 66. Dimensiones 1.....	64
Figura 67. Dimensiones 2.....	65
Figura 68. Dimensiones 3.....	66
Figura 69. Fuerza.....	67
Figura 70. Módulo.....	68

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto hace énfasis en el área de automatización empleando para ello elementos de control automático como son los PLC's, a través de los cuales se pueden operar diferentes dispositivos eléctricos y llevar a cabo varios procesos con la mínima intervención del hombre. Dentro de los dispositivos que pueden ser controlados por estos módulos están los motores eléctricos, particularmente se hace referencia a los motores jaula de ardilla, motor con condensador permanente y motor repulsión-inducción, estos motores son de común utilidad en la industria.

El módulo de control tiene como principal objetivo encender y apagar tres motores de corriente alterna mediante programación instalada en el PLC. Todo esto está distribuido en tres prácticas donde el estudiante podrá escoger si realiza el ejercicio de manera manual o también de forma automática, tomando antes las debidas precauciones en el proceso de conexión que requiere el módulo con los motores eléctricos incluidos en las prácticas, de tal manera el estudiante de la carrera de ingeniería electrónica complementará en parte su aprendizaje teórico-práctico incluido en las clases de control automático y maquinas eléctricas.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

## 2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, no se ha implementado un módulo que combine la parte de controladores programables con motores eléctricos, ambas herramientas utilizadas para el aprendizaje, le darán al estudiante la oportunidad de familiarizarse con el manejo y control de motores a través de PLC, por esta razón se tomó la decisión de realizar este proyecto.

Gracias a este aporte, los estudiantes podrán complementar su preparación como profesionales, mejorar su aprendizaje, aumentar sus conocimientos en programación y control automático, asegurando un mayor éxito en el campo laboral. Por tanto es importante que los estudiantes de la carrera de Ingeniería electrónica adquieran destreza en los procesos de programación, control y montaje de los módulos de motores controlados por PLC, ya que en el campo laboral es lo que actualmente se emplea en las empresas automatizadas.

El aporte en conocimiento que contiene este proyecto, viene a llenar una de las necesidades que se presentan debido a la falta de experiencia en el área laboral, ya que una vez adquirido el conocimiento el estudiante podrá demostrar su capacidad en el control de motores eléctricos y programación de PLC.

## 3 ANTECEDENTES

En el ámbito nacional se han desarrollado proyectos de esta índole. En Nicaragua algunas instituciones o empresas como; Entech, Compañía Cervecera de Nicaragua, Cemex entre otras, cuentan con procesos completamente automatizados, gracias a los avances tecnológicos se han obtenido grandes logros en el área de automatización en nuestro país.

Dentro del perfil profesional de la carrera de ingeniería electrónica se aborda la automatización, donde a través de laboratorios con equipos de la marca lab-volt en la asignatura de control automático, se hace uso del dispositivo Allen Bradley que es un tipo de PLC y el módulo de motores eléctricos en la asignatura de máquinas eléctricas, donde se realizan prácticas para la enseñanza y aprendizaje en ambas asignaturas. Anteriormente no ha surgido en la carrera de ingeniería electrónica, una implementación de un módulo de control de motores eléctricos, mediante el acoplamiento de una interfaz programable para la enseñanza y aprendizaje en dicha carrera.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Implementar un módulo de control de motores eléctricos mediante el acoplamiento de interfaz programable para incrementar los conocimientos prácticos en control automático.

### 4.2 Objetivos específicos

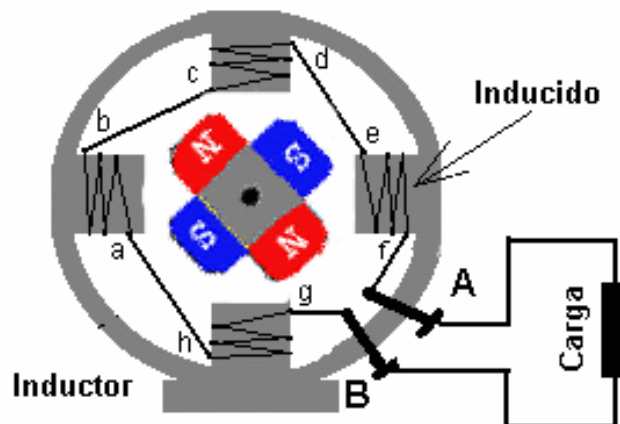
- Analizar las variables que influyen en el funcionamiento de los motores eléctricos.
- Programar una interfaz de control de motores.
- Diseñar el módulo de control de motores eléctricos con sus componentes.
- Construir el módulo de funcionamiento de los motores eléctricos.

## 5 DESARROLLO

### 5.1 Análisis de las variables que influyen en el funcionamiento de los motores eléctricos

#### 5.1.1 Introducción a los motores eléctricos

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S) que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. Todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación (ver figura 1).



**Figura 1. Principio de un Motor Eléctrico.**

André Ampère observó en 1820 que: si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, este ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor. Por tanto se puede decir que el motor eléctrico de corriente alterna basa su funcionamiento en la acción que ejerce el campo magnético giratorio generado en el estator sobre las corrientes que circulan por los conductores situados sobre el rotor. (Flores, 2012)

La ley de inducción electromagnética de Faraday (o simplemente ley de Faraday) establece que el voltaje inducido en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie cualquiera con el circuito como borde:



## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Donde  $\vec{E}$  es el campo eléctrico,  $d\vec{l}$  es el elemento infinitesimal del contorno  $C$ ,  $\vec{B}$  es la densidad de campo magnético y  $S$  es una superficie arbitraria, cuyo borde es  $C$ . Las direcciones del contorno  $C$  y de  $d\vec{A}$  están dadas por la regla de la mano derecha. Esta ley fue formulada a partir de los experimentos que Michael Faraday realizó en 1831, tiene importantes aplicaciones en la generación de electricidad.

Un motor eléctrico es una máquina que convierte energía eléctrica en energía mecánica por acción de campos magnéticos generados por bobinas. Cuando la electricidad proveniente de una fuente de energía se conecta al motor, el eje comienza a girar. Algunos motores funcionan con fuentes de corriente directa o continua, como por ejemplo una batería, otros se abastecen de corriente alterna, como por ejemplo la red eléctrica. Si bien existen muchos diseños de motores eléctricos, los principios de funcionamiento son los mismos (ver figura 2).



**Figura 2. Motor Eléctrico.**

En los párrafos siguientes procederemos a mencionar algunas de las variables que influyen en el funcionamiento de los motores eléctricos, podremos observar algunas magnitudes y formulas físicas que se relacionan directamente con la actividad de estos dispositivos.

## 5.1.2 Variables de los motores eléctricos

Momento (M) representa el producto vectorial de una fuerza por una distancia.

$$M = F * d$$

Donde:

M = Momento en Newton metro (N\*m).

F = Fuerza en Newton (N).

D = Distancia o radio de giro de aplicación de la fuerza en metros (m).

Palanca tal vez el primer operador que usó el hombre, ya que constituye uno de los operadores mecánicos más simples y eficaces. Consta de dos elementos, una barra o elemento motor y un punto de apoyo que divide a la barra en dos partes, el brazo motor, que es la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza al punto de apoyo. Se distinguen tres tipos de palancas según se distribuyen el punto de apoyo, la fuerza y la resistencia.

$$F * a = R * b$$

Donde:

F = Fuerza aplicada en Newton (N).

R = Resistencia a vencer en Newton (N).

a = Brazo motor en metros (m).

b = Brazo resistencia en metros (m).

Trabajo (W) desde el punto de vista físico, se conoce como trabajo a la relación entre la fuerza que se aplica a un cuerpo y el espacio que este recorre.

$$W = F * l * \cos \alpha$$

Donde:

W = Trabajo en Julios (J).

F = Fuerza en Newton (N).

l = Espacio recorrido en metros (m).

$\alpha$  = Angulo formado entre la fuerza y el desplazamiento realizado.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Trabajo de rotación es la fuerza perpendicular al brazo motor, provocando un giro o desplazamiento angular.  $W = M * \theta$

Donde:

W = Trabajo en Julios (J).

M = Momento en Newton por metro (N\*m).

$\Theta$  = Angulo girado en radianes (rad).

Potencia (P) representa la variación del trabajo realizado con el tiempo:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{F * \Delta l}{\Delta t} = F * v$$

Donde:

P = Potencia en vatios (W).

W = Trabajo en Julios (J).

F = Fuerza en Newton (N).

$\Delta t$  = Tiempo transcurrido en segundos (s).

$\Delta l$  = Desplazamiento producido en metros (m).

v = Velocidad de desplazamiento en metros/segundos (m/s).

## 5.1.2.1 Potencia de rotación

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{M * \Delta \theta}{\Delta t} = M * \omega$$

Donde:

P = Potencia en vatios (W).

M = Momento en Newton metro (N\*m).

$\Delta t$  = Tiempo transcurrido en segundos (s).

$\Delta W$  = Trabajo realizado en Julios (J).

$\Delta \Theta$  = Ángulo girado en radianes (rad).

$\omega$  = Velocidad angular en radianes por segundo (rad\*s).

Rendimiento mecánico según el principio de degradación de la energía, no toda la energía que se aplica a un sistema se transforma en trabajo útil.

## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Hay pérdidas fundamentalmente por rozamiento que transforma la energía en calor que se cederá al ambiente o al fluido lubricante.

Fuerza de rozamiento se opone al movimiento del cuerpo.

$$F_r = N * \mu$$

Donde:

$F_r$  = Fuerza de rozamiento en Newton (N).

$N$  = Fuerza normal al cuerpo en Newton (N).

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento, sin unidades.

El coeficiente de rozamiento estático es mayor que el coeficiente de rozamiento dinámico.

Principio de inducción electromagnética establece que, en todo conductor eléctrico que se mueve dentro de un campo magnético cortando las líneas de fuerza se induce en él una fuerza electromotriz  $E$  (f.e.m.) que depende de la inducción magnética, longitud del conductor y de la velocidad de desplazamiento del conductor.

$$E = B * l * v$$

Donde:

$E$  = f.e.m. en voltios (V).

$B$  = Inducción en Teslas (T).

$l$  = Longitud del conductor (m).

$v$  = Velocidad de desplazamiento (m/s).

Esta f.e.m. inducida está presente tanto si la maquina funciona como motor o generador, pero en el caso de los motores recibe el nombre de fuerza contraelectromotriz ( $E$ ). Fuerza electromagnética todo conductor recorrido por una corriente y bajo la acción de un campo magnético se ve sometido a una fuerza magnética de repulsión o atracción cuyo valor está dado por:

$$F = B * l * I * \cos \alpha$$

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Donde:

F= Fuerza en Newton (N)

B= Inducción en Testas (T)

l= Longitud del conductor (m)

I= Intensidad eléctrica que recorre el conductor (A)

$\alpha$ = Ángulo formado entre el conductor y la dirección del campo magnético

Par electromagnético ( $M_i$ ) si tenemos un conductor en un rotor de radio  $r$ , indica el par que experimenta cuando recibe una fuerza electromagnética que lo impulsa a gira

$$r \cdot M_i = F * r$$

Estator también denominado inductor porque crea el campo magnético de la máquina eléctrica, representa la parte fija del motor (ver figura 3).



**Figura 3. Estator.**

Rotor también denominado rotor porque se crea en él  $E'$ , constituye la parte giratoria del motor eléctrico (ver figura 4).



**Figura 4. Rotor.**

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

El devanado es el hilo de cobre arrollado que forma parte de las máquinas eléctricas. Lo podemos encontrar tanto en el estator como en el rotor (ver figura 5).



**Figura 5. Devanado**

Cojinetes son operadores mecánicos que presentan poco rozamiento y en ellos se apoyan los ejes de las máquinas (ver figura 6).



**Figura 6. Cojinetes de Rodamiento.**

Escobillas piezas de grafito destinadas a mantener el contacto eléctrico por fricción entre el rotor, el estator o la línea eléctrica (ver figura 7).

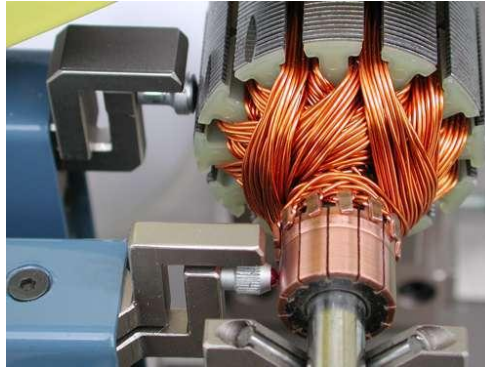


**Figura 7. Escobillas.**

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Colector dispositivo de las máquinas eléctricas al que van a parar los conductores del rotor. Se divide en partes aisladas unas de otras a las que se llama delgas. Sobre los colectores se apoyan las escobillas (ver figura 8).



**Figura 8. Colector.**

El rotor de un motor de corriente alterna que gira a igual velocidad que el campo magnético respondiendo a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{60 \cdot f}{P}$$

n= Revoluciones del motor en r.p.m.

f= Frecuencia de la red eléctrica en Hz = s<sup>-1</sup>

P= pares de polos de la máquina.

Pérdidas en las máquinas eléctricas no toda la energía eléctrica que absorbe el motor es transformada en energía mecánica; se producen las siguientes pérdidas:

- Pérdidas en el Hierro (Ph) en todas las partes ferromagnéticas de la máquina se producen pérdidas por histéresis y Foucault que se traducen en un calentamiento del motor.
- Pérdidas en los conductores (Pcu) corresponden a las pérdidas por efecto Joule en todos los devanados de la máquina y se cuantifica por:

$$P_{cu} = R \cdot I^2$$

Pcu = Potencia en los conductores en vatios (W).

R = Resistencia eléctrica del conductor en ohmios (Ω).

I= Intensidad en amperios (A).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

- Pérdidas mecánicas ( $P_m$ ) son debidas al giro del rotor; corresponden a las pérdidas por ventilación forzosa, al roce del rotor con el aire y al roce en los cojinetes y en las escobillas.

El rendimiento está dado por la siguiente ecuación:  $\eta = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia absorbida}} = \frac{P_u}{P_{ab}} < 1$

## 5.1.2.2 Deslizamiento absoluto $d_a$

Siendo  $n$  la velocidad del campo magnético o velocidad de sincronismo y  $n_1$  la velocidad del rotor o del eje, el deslizamiento absoluto viene dado por la siguiente expresión:

$$d_a = n - n_1$$

## 5.1.2.3 Deslizamiento relativo $S$

La expresión que nos indica el deslizamiento relativo es:

$$S(\%) = \frac{n - n_1}{n} * 100$$

## 5.1.3 Potencia en sistemas trifásicos equilibrados

### 5.1.3.1 Tensiones e intensidades en el estator de los motores trifásicos

#### 5.1.3.1.1 Potencia activa

$$P = V * I * \cos \phi$$

Representa en realidad la “potencia útil”, o sea, la energía que realmente se aprovecha cuando ponemos a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo. Por ejemplo, la energía que entrega el eje de un motor cuando pone en movimiento un mecanismo o maquinaria.

Donde:

$P$  = Potencia activa (W)

$U$  = Voltaje de la corriente (Volt)

$I$  = Intensidad de la corriente (Amp)



# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

## 5.1.3.1.2 Potencia reactiva $Q = \sqrt{(S^2 - P^2)}$

Potencia disipada por las cargas reactivas (Bobinas o inductores y capacitores o condensadores). Se pone de manifiesto cuando existe un intercambio de energía entre los receptores y la fuente, es un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.

Donde:

Q = Valor de la carga (VAr)

S = Valor de la potencia aparente (VA)

P = Valor de la potencia activa (W)

## 5.1.3.1.3 Potencia aparente $S = V * I$

La potencia aparente (S), llamada también "potencia total", es el resultado de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. Esta potencia es la que realmente suministra una planta eléctrica cuando se encuentra funcionando al vacío, es decir, sin ningún tipo de carga conectada.

Donde:

S = Potencia aparente (VA)

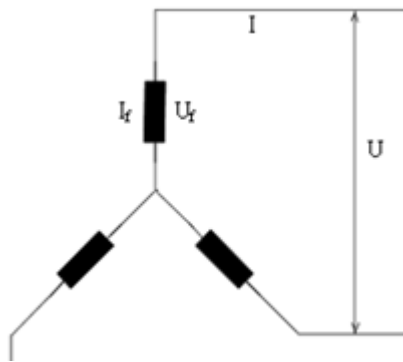
V = Voltaje de la corriente (V)

I = Intensidad de la corriente (A)

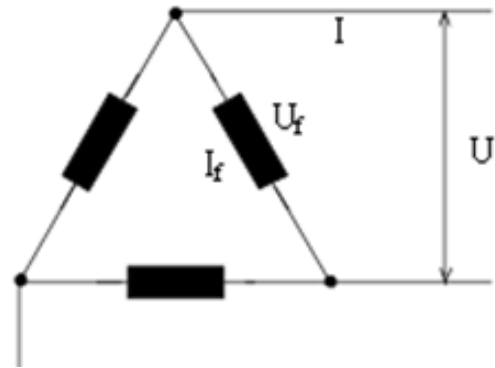
## 5.1.3.1.4 Factor de potencia

Es la relación entre la energía que se convierte en trabajo y la energía eléctrica que un circuito o dispositivo consume, en otras palabras: es el cociente entre la

potencia activa entre la potencia aparente:  $f_P = \frac{P}{S}$



**Figura 9. Conexión Estrella.**



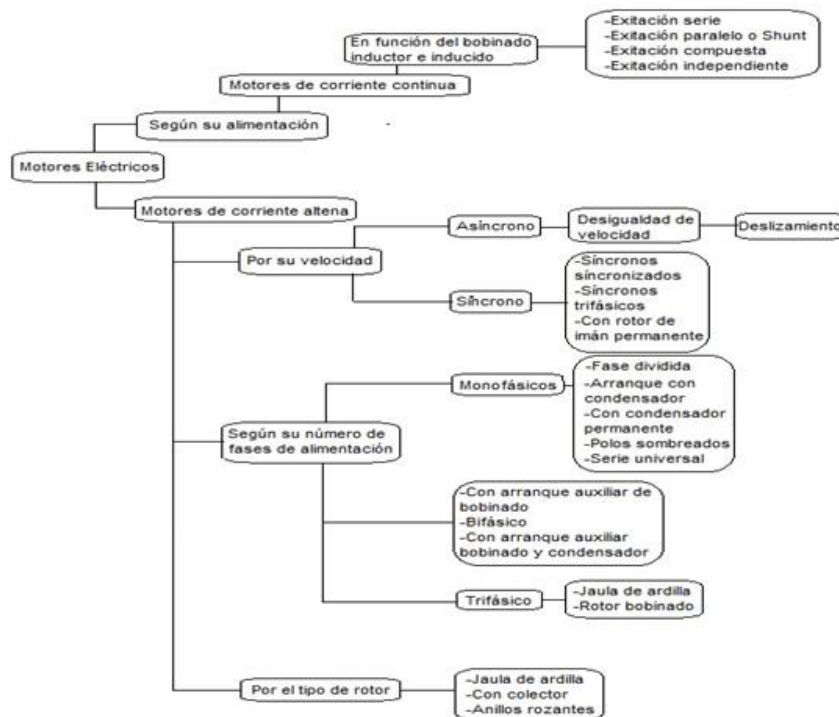
**Figura 10. Conexión Triángulo.**

Todo bobinado trifásico se puede conectar en estrella (todos los finales conectados en un punto común) alimentando el sistema por los otros extremos libres, o bien en triángulo (conectado el final de cada fase al principio de la fase siguiente) alimentando el sistema por los puntos de unión. (uco, 2001)

En este proyecto se usan tres motores, todos de corriente alterna, pero con diferentes características, por ejemplo: motor jaula de ardilla de 4 polos, motor con condensador permanente, motor repulsión-inducción. Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de aplicación, poco mantenimiento y bajo costo de fabricación. (assets.mheducation)

La siguiente figura #11 nos muestra la forma en como están clasificados los motores eléctricos, según el diagrama se clasifican en dos grandes grupos, según su alimentación, pueden ser de corriente alterna y corriente continua (ver figura 11).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje



**Figura 11. Diagrama Conceptual de Motores Eléctricos.**

Los motores de corriente continua se clasifican en: motor de excitación serie, motor de excitación paralelo o shunt, motor de excitación compuesta, motor de excitación independiente.

Los monofásicos se dividen en: motor de fase dividida, motor de arranque con condensador, motor con condensador permanente, motor de polos sombreados, motor de serie universal.

Luego tenemos los motores de corriente alterna, los cuales se caracterizan por su velocidad, por su número de fases de alimentación, y por el tipo de rotor. Por su velocidad se clasifican en motores asíncronos y motores síncronos.

Los motores síncronos a su vez se dividen en motores síncronos sincronizados, motores síncronos trifásicos y síncronos con rotor de imán permanente. Por otra parte los motores asíncronos se clasifican por su desigualdad de velocidad en deslizamiento.

Según sus fases de alimentación también se pueden clasificar en motores monofásicos, motores trifásicos, motor con arranque auxiliar de bobinado, motor bifásico y motor con arranque auxiliar bobinado y condensador.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

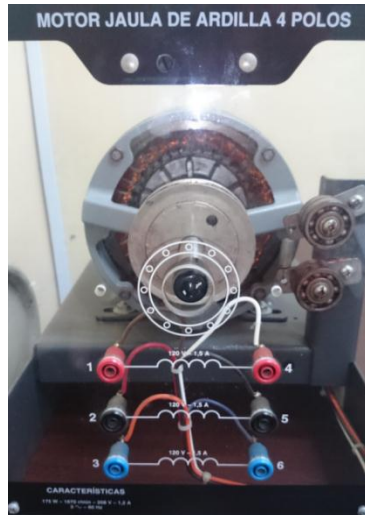
---

Entre otros tipos encontramos según su clasificación por el tipo de rotor los motores jaula de ardilla, motores con colector y motor anillos rozantes.

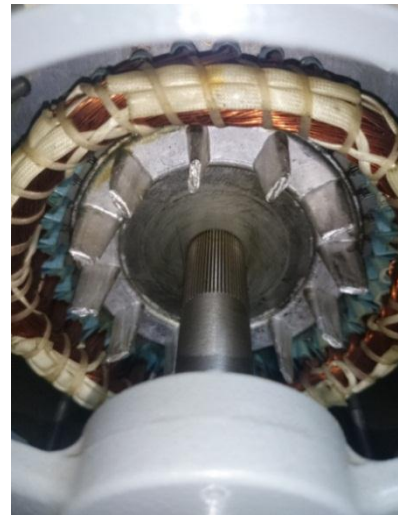
Ya hemos visto la clasificación de los motores eléctricos, a continuación podremos apreciar los motores 3 eléctricos de corriente alterna que utilizamos en este proyecto, estos son: 2 motores monofásicos y 1 trifásico, motor jaula de ardilla trifásico, motor repulsión-inducción monofásico, motor con capacitor permanente monofásico.

## 5.1.4 Motor jaula de ardilla

Un motor eléctrico con un rotor jaula de ardilla, es un cilindro montado en un eje que internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula. El nombre se deriva de la similitud entre esta jaula de anillos y barras y la rueda de un hámster (Harper H. E., 1990) (ver figuras 12 y 13).



**Figura 13. Motor jaula de ardilla 4 polos**



**Figura 12. Motor jaula de ardilla 4 polos**

El sistema trifásico de este motor es uno de los más útiles, ya que este sistema se genera un campo magnético rotatorio en tres fases, además de que el sentido de rotación del campo en este motor puede cambiar invirtiendo dos puntas cualesquiera del estator, lo cual desplaza la fase, de manera que el campo

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

magnético gira en dirección opuesta. Los motores trifásicos se usan para accionar máquinas, herramientas, bombas, elevadores, ventiladores, entre otros.

## 5.1.4.1 Aplicación

Es uno de los motores más usados en la industria, es muy adecuado para el arranque de una gran variedad de máquinas industriales, por ejemplo: herramientas como tornos, esmeriles, fresas, etc. Para accionar ventiladores, bombas centrifugas, etc.

## 5.1.4.2 Características del motor jaula de ardilla de 4 polos

Potencia	Velocidad	Voltaje de alimentación	Corriente	Frecuencia
175W	1670 rpm	120V/AC	1,2A	60Hz

Tabla 1. Características del motor jaula de ardilla

## 5.1.5 Motor tipo repulsión-inducción

Este motor tiene un devanado en el estator del tipo monofásico, pero tiene dos devanados separados en el rotor en ranuras comunes. El devanado más profundo es del tipo jaula de ardilla con sus barras permanentemente en cortocircuito. Colocadas sobre el devanado en jaula de ardillas se encuentra el devanado de repulsión, similar a un devanado de armadura en corriente directa (ver figuras 14 y 15).



Figura 14. Motor inducción-repulsión



Figura 15. Motor inducción-repulsión

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

El devanado de repulsión se conecta a un conmutador sobre el que se encuentran las escobillas en corto circuito. Cuando el motor arranca, el devanado en jaula de ardilla, debido a su alta resistencia no tiene ningún efecto y el motor arranca como un motor de repulsión, dando un alto par de arranque. En la medida que el motor eleva su velocidad, el devanado en jaula de ardilla entra en acción.

El cambio de motor de repulsión, a la característica de motor de inducción se hace sin ninguna operación de cambio explícita.

Los dos devanados en la armadura permanecen activos durante el periodo de operación. El par de arranque es alrededor de 2.25 a 3.0 veces el par de plena carga, el valor menor es para motores que tienen una corriente de arranque de 3 a 4 veces la corriente de plena carga.

La mayor desventaja de estos motores son su alto costo, el mantenimiento especializado que requiere y su tendencia producir chisporroteo en el conmutador. (Harper I. G., 1990)

## 5.1.5.1 Aplicación

Su aplicación se encuentra en donde se requiere un alto par de arranque con una velocidad esencialmente constante, una aplicación común se tienen los compresores de aire. (Flores, 2012).

## 5.1.5.2 Características del motor repulsión-inducción

Potencia	Velocidad	Voltaje de alimentación	Corriente	Frecuencia
175W	1570 rpm	120V/AC	4.7A	60Hz

**Tabla 2. Características del motor repulsión-inducción**

## 5.1.6 Motor con condensador permanente

En el motor de operación con capacitor (capacitor permanente), éste permanece en el circuito tanto para arranque como para operación, el capacitor mejora el arranque y la operación en el par. Para lograr lo anterior, se requiere de un

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

capacitor con capacidad grande de operación continua. Estos motores se usan para accionar bombas, extractores de aire, ventiladores, compresores, transportadores, etcétera.

El motor de operación con capacitor tiene un par de arranque bajo, menor que el motor de arranque con capacitor, esto es debido a que en los motores de operación con capacitor, el capacitor se debe dimensionar para satisfacer un compromiso entre un buen valor de arranque y un buen valor de operación. El par de arranque está entre el 50 y el 100% del par a plena carga (ver figuras 16 y 17).



**Figura 17. Motor con condensador permanente**



**Figura 16. Motor con condensador permanente**

Este tipo de motor tiene una velocidad fija, la velocidad cae en forma aproximada en 10% de la condición de vacío plena carga. Algunos motores de operación con capacitor tienen dos, tres o cuatro velocidades fijas. (Harper H. E., 1990)

## 5.1.6.1 Aplicaciones

Su aplicaciones más común es en compresores de aire acondicionado, transportadores, bombas de riego.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

## 5.1.6.2 Características del motor con capacitor permanente

Potencia	Velocidad	Voltaje de alimentación	Corriente	Frecuencia
175W	1715 rpm	120V/AC	2.8A	60Hz

**Tabla 3. Características del motor con capacitor permanente**

En general los motores han sido una herramienta muy útil para el desarrollo industrial, gracias a estos dispositivos el hombre ha podido realizar tareas difíciles, en menor tiempo y con mayor eficiencia, son la máquina que mueve este mundo industrializado.

## 5.2 Programación de la interfaz de control de motores

En los párrafos siguientes veremos una reseña de lo que se implementó para programar la interfaz, el tipo de programación que se utilizó, el modelo de PLC al que le aplicamos dicha programación para poder lograr nuestro objetivo, así también podremos ver paso a paso de forma muy clara, la explicación de cada instrucción en la programación.

Interfaz hace referencia al conjunto de métodos para lograr interactividad entre un usuario y una computadora. En electrónica, una interfaz es el puerto por el cual se envían o reciben señales desde un sistema hacia otros. (alegsa).

El PLC (Control Lógico Programable) surgió con el propósito de eliminar los costos elevados que significaba el reemplazo de un sistema de control basado en relés (en inglés relays) a finales de los años 60. Un autómata programable se puede considerar como un sistema basado en un microprocesador, siendo sus partes fundamentales la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S).

La CPU realiza el control interno y externo del autómata y la interpretación de las instrucciones del programa. A partir de las instrucciones almacenadas en la memoria y de los datos que recibe de las entradas, genera las señales de las



## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

salidas. En general, las entradas y salidas (E/S) de un autómata pueden ser discretas, analógicas, numéricas o especiales. Las E/S analógicas tienen como función la conversión de una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, presión, grado de acidez, etc.) en una expresión binaria de 11, 12 o más bits, dependiendo de la precisión deseada. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's).

La misión principal de los equipos de programación, es la de servir de interfaz entre el operador y el autómata para introducir en la memoria de usuario el programa con las instrucciones que definen las secuencias de control.

Las tareas principales de un equipo de programación son:

- Introducción de las instrucciones del programa.
- Edición y modificación del programa.
- Detección de errores.
- Archivo de programas (cintas, discos).

Seguidamente se describen algunos de los equipos periféricos más comunes:

- Módulos de ampliación de entradas y salidas: Necesarios para aquellos procesos en los que la estructura de E/S del autómata sea insuficiente.
- Módulos de tratamiento de datos: Son pequeños ordenadores que manejan distintos datos (contaje, tiempo, estado de E/S, etc.), para la elaboración de informes, gráficos, etc.
- Impresoras.
- Visualizadores alfanuméricos.

En general, las instrucciones pueden ser de funciones lógicas, de tiempo, de cuenta, aritméticas, de espera, de salto, de comparación, de comunicación y auxiliares.

## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

El Vision280 es un PLC de gran alcance con un sistema incorporado en el panel de operador HMI, que comprende una pantalla táctil de 4,7 "gráfico y un teclado personalizable. El Vision280 es un PLC de gran alcance con un sistema incorporado en el panel de operador HMI, que comprende una pantalla táctil de 4,7 "gráfico y un teclado personalizable. Las entradas I/Os pueden integrarse añadiendo un módulo en la parte posterior del PLC; los módulos de E / S viene en varias configuraciones. El módulo de ampliación puede integrar hasta 316 E / S por Visión PLC. (ver figura 18).



**Figura 18. PLC Vision 280**

Opciones de comunicación incluyen; TCP / IP, Ethernet, GSM / SMS, MODBUS, redes CANbus, bloques de funciones que permiten la visión para comunicarse con los dispositivos que utilizan protocolos COM propiedad, además de acceso remoto y utilidades de software de exportación de datos.1MB Global memoria de aplicaciones de código permite al Vision280 para ejecutar áreas de control y automatización complejos.

La pantalla táctil HMI permite la visualización de las imágenes tangibles y el texto de acuerdo con las condiciones de tiempo real de operación en línea y diagnósticos. También puede mostrar gráficos de acuerdo a los valores históricos para reflejar las tendencias de los datos registrados las opciones de visualización son casi infinitas, con un máximo de 255 pantallas diseñadas por el usuario, y hasta 24 HMI variables por pantalla.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

VisiLogic es el software que se usa para crear proyectos de control para los controladores Vision. Después de diseñar la tarea de control, use Visillogic para escribir, depurar, y descargar el control PLC y las aplicaciones HMI (Human machine Interface) en el controlador. La aplicación HMI configura la función del panel operativo. Use el editor HMI para crear los displays que se muestran en la pantalla del controlador. Un display puede contener tanto texto como imágenes. Los textos e imágenes pueden ser fijos y/o variables.

Las variables se introducen en el display para:

- Mostrar valores en tiempo real como enteros
- Representar valores en tiempo real con texto, imágenes o barras gráficas
- Mostrar mensajes de texto dinámicos en función de las condiciones de ejecución.
- Permitir a un operador introducir datos usando el teclado alfanumérico de Vision.

Puede usar 3 editores para crear su aplicación:

- Ladder
- Displays HMI
- Variables

Use el editor Ladder para:

- Colocar y conectar el Elementos Ladder.
- Aplicar funciones Comparar , Matemáticas, Lógicas, Reloj, Almacenar y Vector.
- Inserte Bloques de función (FB) en su programa
- Construya Módulos y subrutinas del programa, y utilice saltos internos a Subrutinas y Etiquetas.
- Coloque Comentarios en segmentos Ladder.

## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Se utiliza el Editor de displays HMI para crear displays que se muestren en la pantalla del controlador después de cargarse el programa. Cuando selecciona HMI desde el árbol explorador de proyectos se abre una réplica del display. La réplica refleja el tipo de controlador Vision que ha seleccionado en Configuración de hardware .

Los textos y las imágenes pueden ser fijos y/o variables. Si el proyecto se basa en un controlador con pantalla táctil también puede asignar propiedades táctiles a los objetos en pantalla.

En la siguiente tabla podemos apreciar el número máximo de variables para un display según el número de serie del PLC.

Número máximo de variables por display							
Serie	V120	V230	V260	V280	V290	V290 (color)	V570 (color)
Variables	24					255	

**Tabla 4. Número máximo de variables por display**

El Visilogic es un programa modular que se construye usando módulos y subrutinas. Un módulo es un contenedor de subrutinas. Use los módulos y las subrutinas para dividir su aplicación en bloques de programa. Luego podrá activar los bloques de programa condicionalmente, desde cualquier punto de su aplicación de control.

Como se ha mencionado antes, la programación se compone de procesos que a su vez estos se componen de una serie de instrucciones o por códigos que sirven de lenguaje para poder llevar a cabo una eficaz comunicación entre los diferentes dispositivos o elementos que interactúen en determinada operación.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

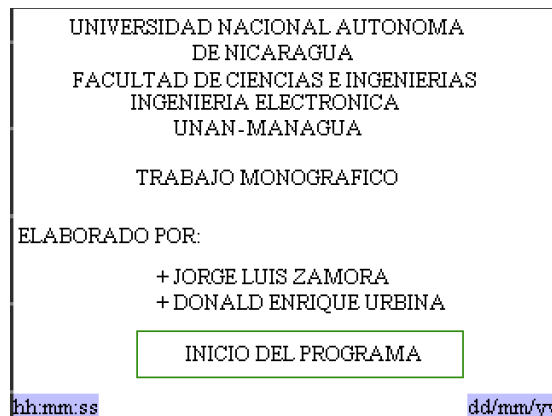
---

## 5.2.1.1 Descripción de las pantallas HMI

A continuación podremos observar una serie de menús y submenús de los cuales el usuario podrá disponer para realizar las tareas previamente programadas en el dispositivo de mando o autómatas. (unitronics, 2015)

En la figura #19, encontramos la pantalla de inicio, donde podemos observar el nombre de la institución donde se realizó el proyecto, la facultad del recinto a la que pertenecen los autores, los nombres de los autores.

En la parte inferior izquierda y la inferior derecha podemos observar la hora y la fecha en la que se está ejecutando el programa, también es posible apreciar un botón con la leyenda " INICIO DEL PROGRAMA ", este nos permite acceder a un submenú, el cual contiene el menú de las prácticas que se pueden realizar con el módulo (ver figura 19).



**Figura 19. Menú de inicio**

En la siguiente figura #20, podemos apreciar el menú de configuración de la hora y la fecha, además de la imagen del logo distintivo de la marca VisiLogic, esto en caso de ser necesario cambiar la configuración de la hora y la fecha, posee un botón a derecha con la leyenda " ESC ", el cual nos permite regresar al menú principal (ver figura 20).

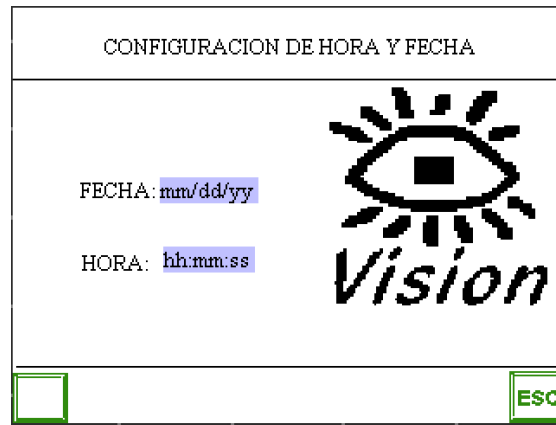


Figura 20. Menú de configuración de hora y fecha

Luego encontramos en la figura #21, la práctica #1 que consta de un arranque de un motor con PLC, en este submenú se distinguen cuatro botones, además de la imagen de un motor el cual tiene un indicador en la parte inferior que informa si el motor está apagado o en función.

Podemos distinguir también, un botón de encendido el cual permite dar marcha al motor, junto a este en la parte inferior se observa un botón de apagado del motor, también podemos apreciar el tiempo de que lleva desde el encendido del motor (ver figura 21).

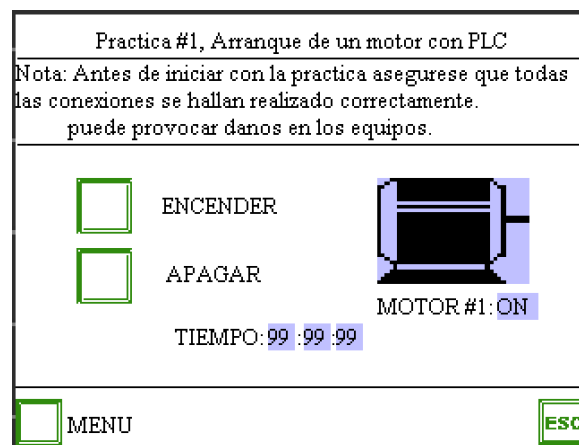


Figura 21. Práctica #1, arranque de un motor con

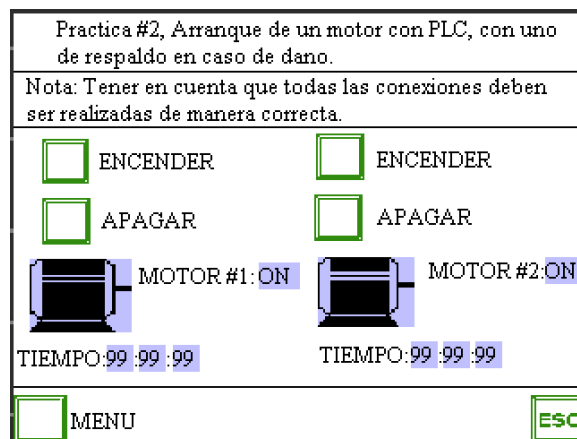
# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

En la parte inferior izquierda podemos ver un botón con la leyenda " MENU ", este nos permite regresar al menú anterior, en la parte inferior derecha encontramos un botón de escape con la leyenda " ESC", este nos permite regresar a menú principal.

En la figura #22, podemos encontrar la práctica #2, arranque de un motor con PLC, con motor de respaldo en caso de daño, en la pantalla podemos encontrar dos botones de encendido y dos botones de apagado, los cuales controlan el motor #1 y el motor #2, también encontramos el botón de menú el cual nos regresa al submenú anterior, el botón de escape que contiene las siglas " ESC " (ver figura 22).

En la parte inferior podemos distinguir las imágenes de los motores las cuales tienen sus respectivos indicadores de encendido y apagado, un poco más abajo podemos ver las leyendas tiempo con su indicador del tiempo transcurrido desde el encendido del motor.

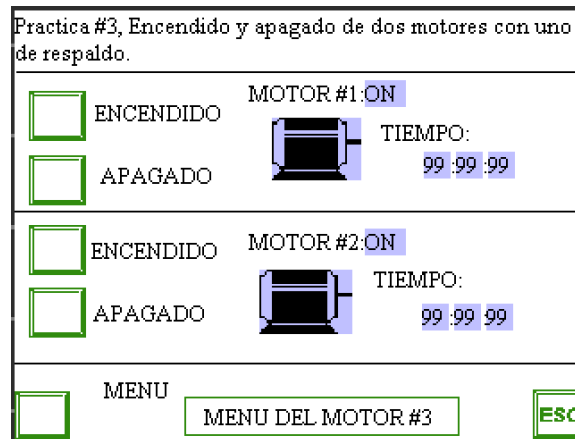


**Figura 22. Práctica #2, arranque de un motor con PLC, con respaldo de un motor en caso de daño**

La Figura #23, nos muestra la práctica #3, Encendido y apagado de dos motores con un motor de respaldo, en la figura podemos apreciar dos botones de encendido y dos de apagado de los motores. Un botón de menú que nos permite regresar al menú anterior, también encontramos un botón de " ESC " que nos permite regresar al menú principal (ver figura 23).

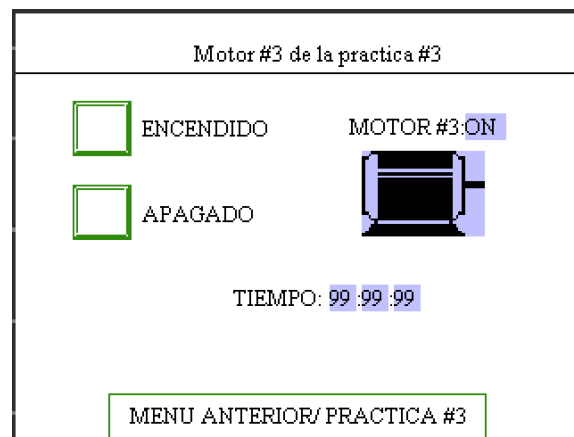
# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

En la parte inferior se distingue un botón con la leyenda " MENU DEL MOTOR #3", el cual nos permite acceder a la segunda pantalla donde encontramos el menú motor #3.



**Figura 23. Práctica # 3, encendido y apagado de dos motores con uno de respaldo**

La figura #24, nos muestra la segunda parte de la práctica #3, que contiene un botón de encendido y uno de apagado, a la izquierda podemos apreciar la imagen de un motor el que tiene una leyenda que lo señala como motor #3, que contiene un indicador de encendido y apagado. En la parte inferior de la imagen podemos distinguir el botón que contiene la leyenda " MENU ANTERIOR/PRÁCTICA #3 " (ver figura 24).



**Figura 24. Segunda parte de práctica #2**



## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

La tabla #5 contiene la cantidad de variables y su descripción, lo que nos permite saber la acción que realiza cada variable, estas pueden ser de tipo MB (memoria de bit) o MI (memoria de enteros), pueden activar o desactivar menú, salir o entrar entre diferentes pantallas del programa.

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
MB0	Bloqueo práctica #1
MB2	Menú
MB3	ESC
MB4	ON motor #1, práctica #1
MB5	OFF motor #1, práctica #1
MB6	Bloqueo práctica #2
MB7	ON motor #1, práctica #2
MB8	OFF motor #1, práctica #2
MB9	ON motor #2, práctica #2
MB10	OFF motor #2, práctica #2
MB11	Práctica #3
MB12	ON motor #1
MB13	OFF motor #1
MB14	ON motor #2
MB15	OFF motor #2
MB16	Menú motor #3
MB17	ON motor #3
MB18	OFF motor #3
MB19	Retorno del menú a la práctica #3
MB20	Configuración de hora y fecha
MI3	Horas del motor#1, práctica #2
MI4	Minutos del motor #1, práctica #2
MI5	Segundos del motor #1, práctica #2

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

MI6	Horas del motor #2, practica #2
MI7	Minutos del motor #2, práctica #2
MI8	Segundos del motor #2, práctica #2
MI9	Horas del motor #1
MI10	Minutos del motor #1
MI11	Segundos del motor #1
MI12	Horas del motor #2
MI13	Minutos del motor #2
MI14	Segundo del motor #2
MI15	Horas del motor #3
MI16	Minutos del motor #3
MI17	Segundos del motor #3

**Tabla 5. Variables del programa**

A continuación veremos la programación en escalera de las ventanas HMI que logramos observar con anterioridad, cada una con sus respectivos botones, se describe la acción de cada variable y las rutinas de cada escalón por separado.

## 5.2.1.2 Descripción de la programación en escalera

En la figura #25, se puede apreciar la primera parte de la programación de la interfaz, que está contenida en la primera práctica de encendido de motores eléctricos. Nos indica con la leyenda en la parte superior izquierda el encendido del motor #1, si al presionar MB4, que corresponde al encendido del motor #1, teniendo como condición que el motor #1 está apagado, pondremos en funcionamiento el motor #1.

Luego en el segundo reglón nos habla del apagado del motor #1, y nos dice que: al presionar MB5 se apagará el motor #1 con la condición que el motor #1 este encendido, podremos apagar el motor #1 (ver figura 25).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

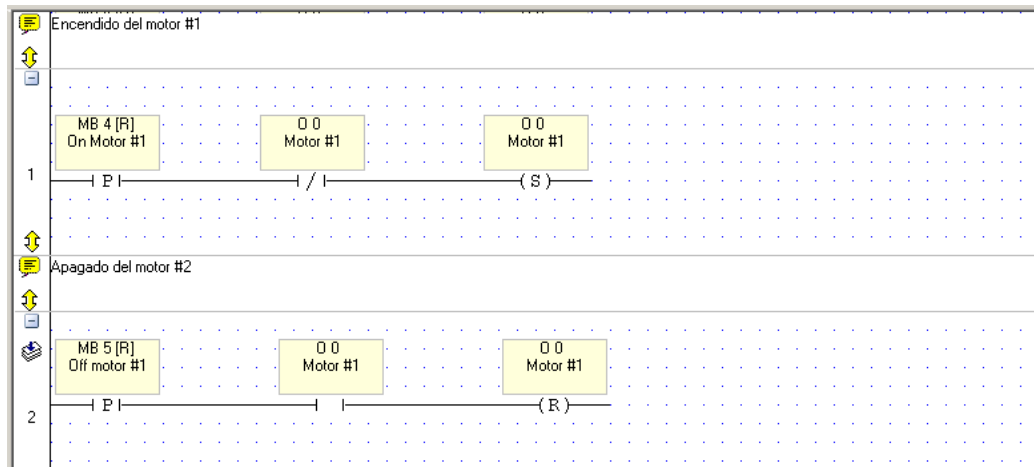


Figura 25. Encendido y apagado del motor #1

En la figura #26, en el tercer escalón nos habla de la temporización del motor #1, el cual nos dice: mientras el motor #1 esta encendido la variable SB3 (software de bit), la cual es una función propia del programa, esta enviará pulsos a la función incremento, para aumentar de a uno los segundos de acuerdo a los pulsos enviados por SB3.

Luego le sigue una función de comparación, la que estará comparando los valores de MI2 que corresponde a los segundos del motor #1, con la variable D que contiene un valor de 60, lo que nos dice: que si  $MI2=D$ , se cumple la condición y

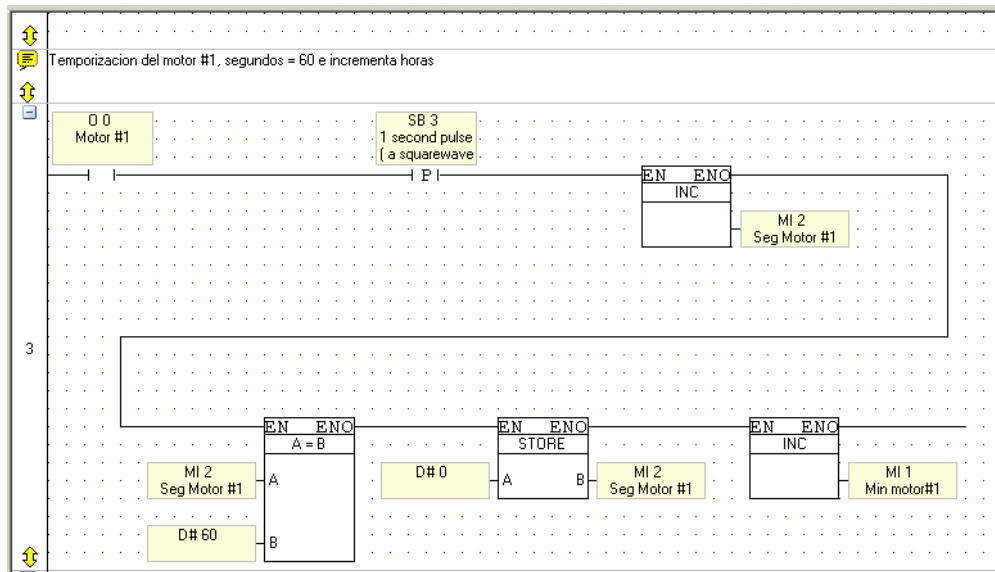


Figura 26. Temporización del motor #1

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

En la figura #27, nos dice: mientras el motor #1 está encendido, la función compara MI1=D, si esta condición se cumple reinicia MI1 e incrementa MI0 que corresponde a horas del motor #1 (ver figura 27).

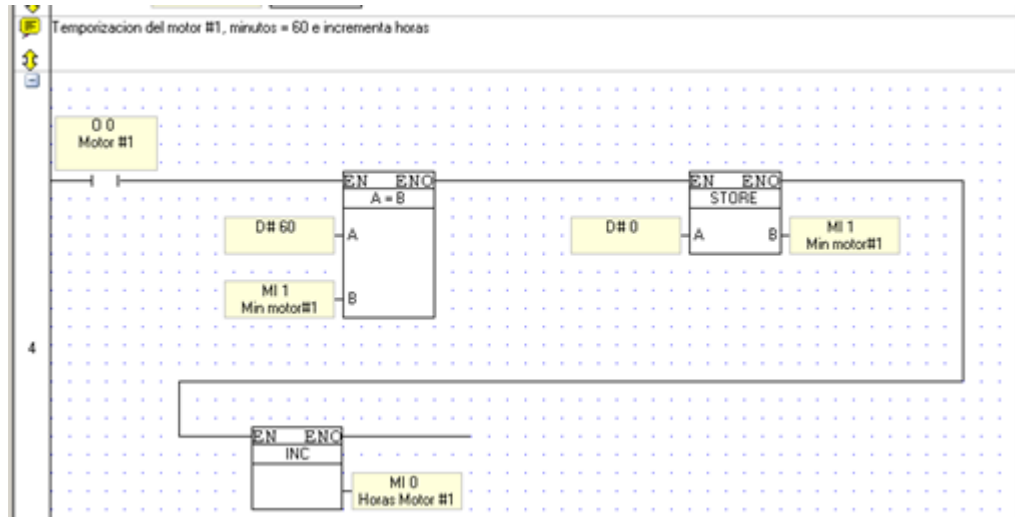


Figura 27. Temporización del motor #1

La figura #28, nos muestra el reinicio a cero del temporizador cuando el motor #1 este apagado, nos dice: mientras el motor #1 está apagado la función de almacenamiento guardará los valores de MI0, MI1 y MI2 en cero, que corresponde a las horas, minutos y segundos del temporizador del motor #1 (ver figura 28).

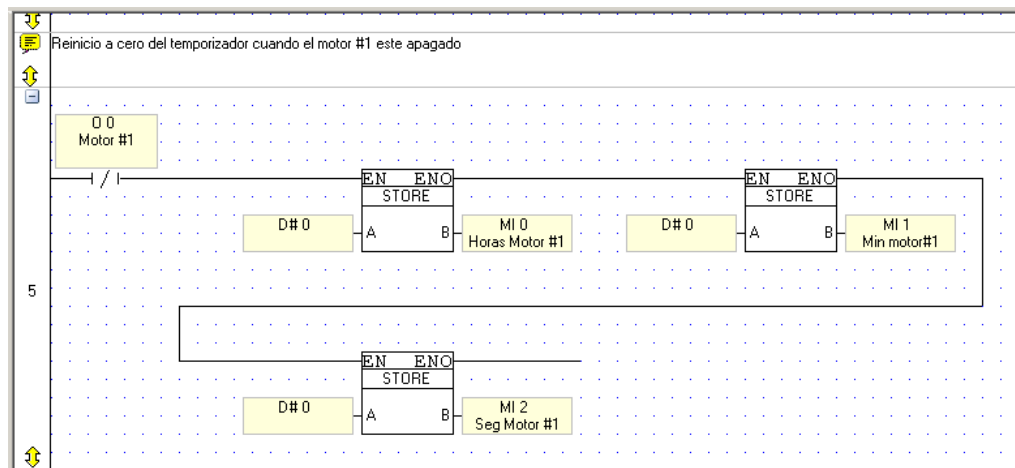
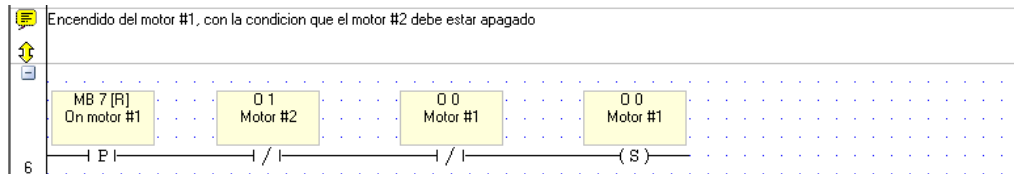


Figura 28. Reinicio del temporizador del motor #1

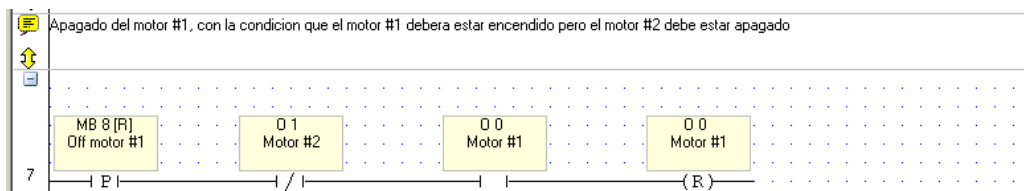
# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

La figura #29, nos indica el comienzo de la práctica #2, el encendido del motor #1, con la condición que motor #2 debe estar apagado, dice: si al presionar MB7, podremos activar el motor #1 estando el motor #2 y el motor #1 apagado (ver figura 29).



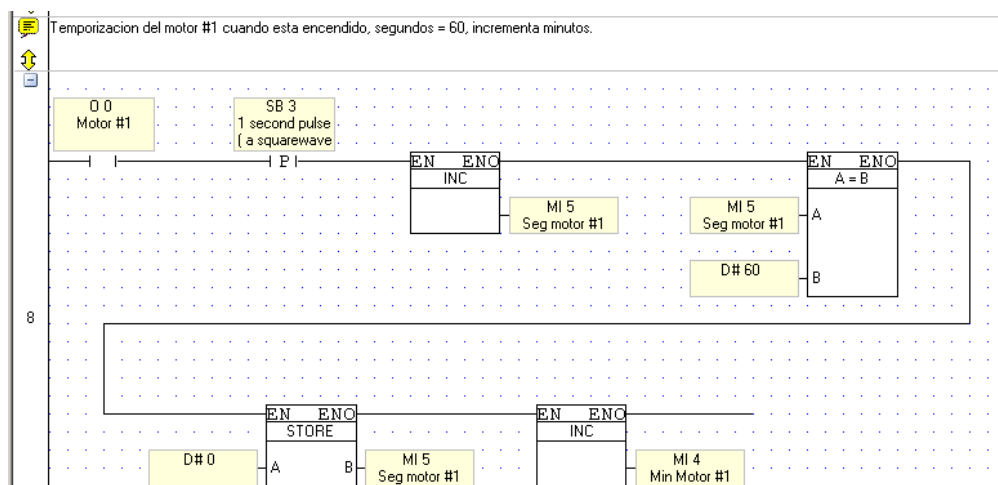
**Figura 29. Encendido del motor #1 con condición motor #2 apagado**

La figura #30, nos dice que: si al presionar MB8 podremos apagar el motor #1, con la condición que el motor #2 este apagado (ver figura 30).



**Figura 30. Apagado del motor #1, con condición motor #2 apagado**

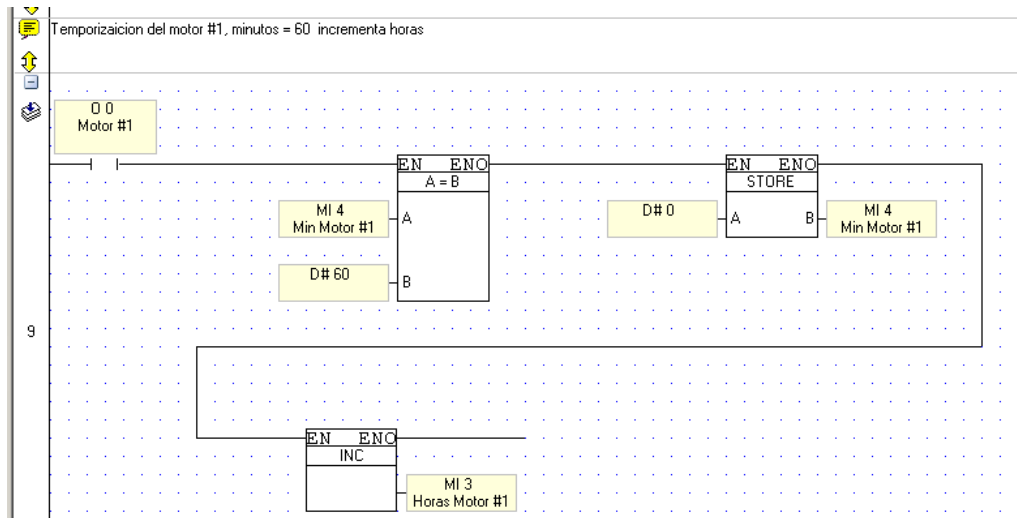
La figura #31, nos muestra la temporización del motor #1, cuando esta encendido contando los segundos e incrementando minutos, dice: si el motor #1 está encendido, la función pulsadora incrementará segundos, luego la función comparación segundos e incrementará los minutos correspondientes en la variable MI4. (Ver figura 31)



**Figura 31. Temporización del motor #1**

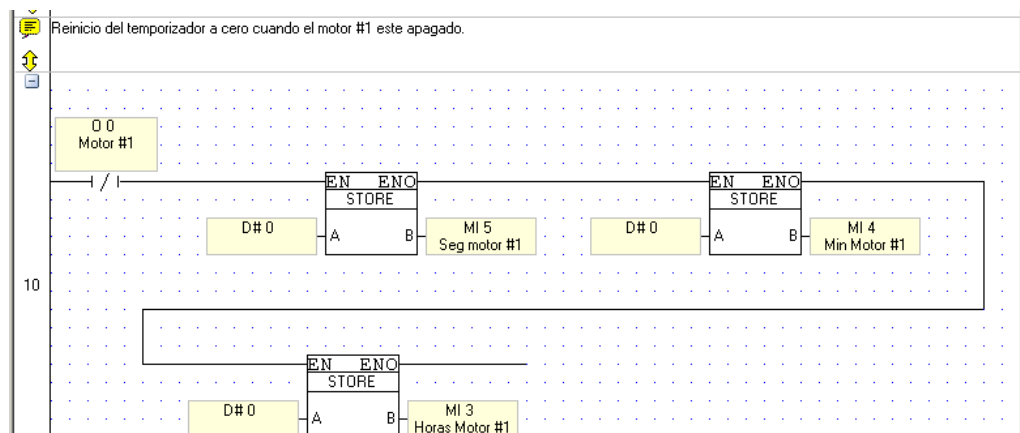
# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

La figura #32, nos habla de la segunda parte de la temporización del motor #1 en la práctica #2, que dice: mientras el motor #1 está encendido, la función de comparación cumplirá la siguiente condición, si MI4=D reinicia minutos e incrementa horas que está dado por la variable MI4 (ver figura 32).



**Figura 32. Temporización del motor #1**

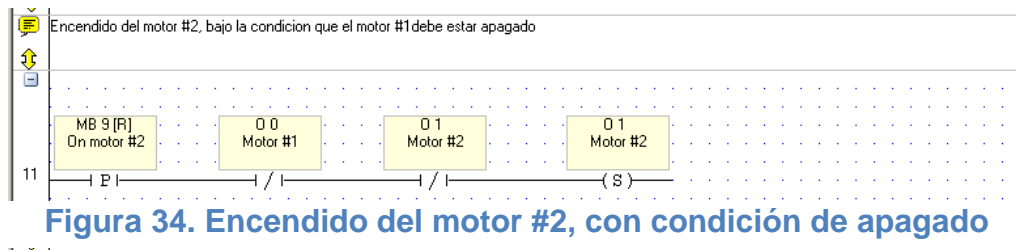
La figura #33, nos muestra el reinicio del temporizador a cero cuando el motor #1 está apagado. Nos dice que: motor #1 apagado se guardaran en cero las variables MI5, MI4 y MI3 (ver figura 33).



**Figura 33. Reinicio del temporizador del motor #1**

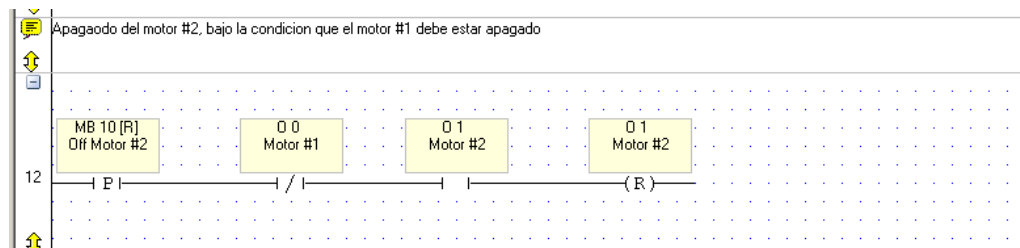
# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

La figura #34, nos muestra la secuencia de encendido del motor #2, bajo la condición que el motor #1, debe estar apagado, el cual nos dice: al oprimir MB9 se encenderá el motor #2 siempre y cuando ambos motores estén apagado (ver figura 34).



**Figura 34. Encendido del motor #2, con condición de apagado**

La figura #35, nos muestra la siguiente línea de programación, que dice: al presionar MB10 se apagará el motor #2, siempre y cuando el motor #2 este encendido y el motor #1 este apagado (ver figura 35).



**Figura 35. Apagado del motor #2**

La figura #36, nos muestra la temporización del encendido del motor #2, la cual plantea que: si el motor #2 esta encendido la función pulso estará enviando cierta cantidad de pulsos hacia la función incremento, la cual incrementará los segundos, luego se compararan los valores de MI8 y D si estos valores son iguales se reiniciará MI8 y se aumentará en uno MI7 (ver figura 36).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

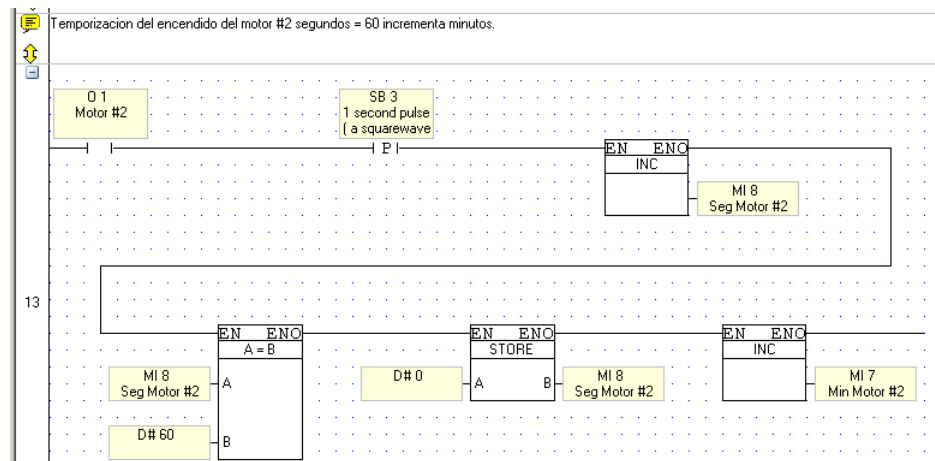


Figura 36. Temporización del encendido del motor #2,

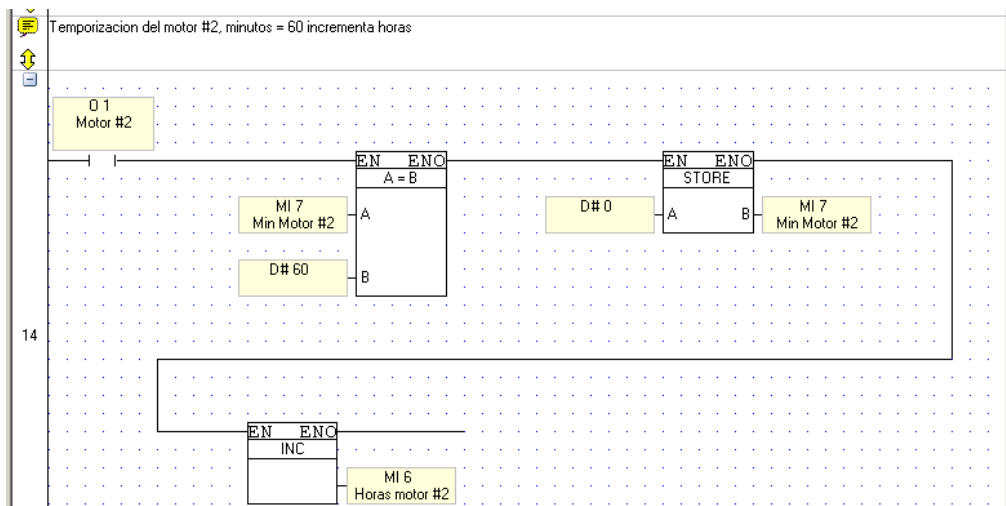
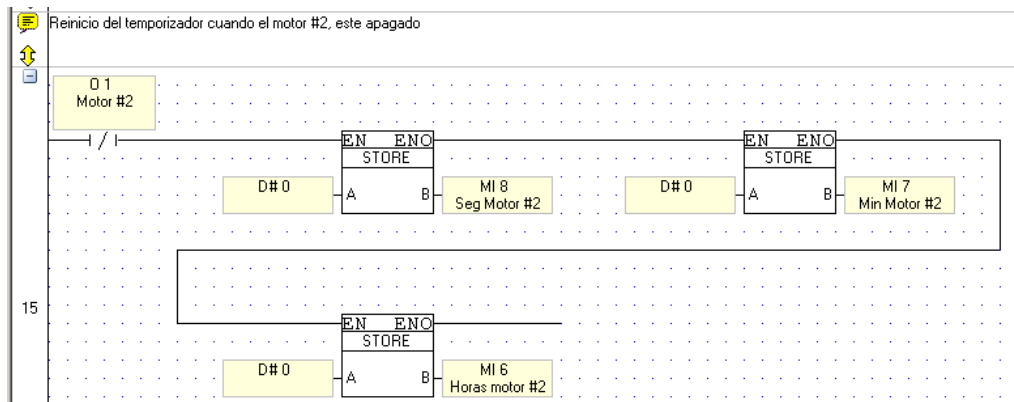


Figura 37. Temporización del motor #2

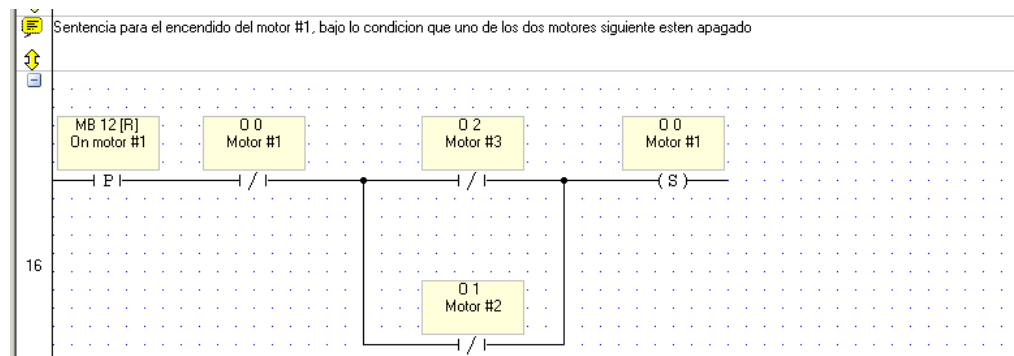
La figura #37, habla de la temporización del motor #2 y dice que: si el motor #2 está encendido la función de comparación nos dice que si MI7=D, reinicia minutos del motor #2 e incrementa MI6 que corresponde a horas del motor #2 (ver figura 37).





**Figura 38. Reinicio del temporizador del motor #2**

La siguiente figura #38, nos muestra el reinicio del temporizador cuando el motor #2 está apagado, dice que: si el motor #2 está apagado la variable MI8, MI7 y MI6 regresaran a cero (ver figura 38).

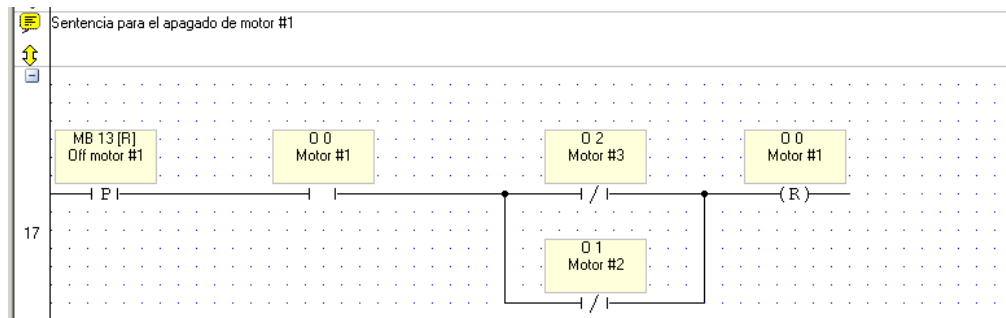


**Figura 39. Sentencia de encendido para el motor #1, con condición de dos motores**

La figura #39 nos indica el inicio de la práctica #3 donde, donde se puede trabajar con tres motores, dos en uso y un motor de respaldo, la figura no muestra que: si el oprimir MB12 se encenderá el motor #1 siempre y cuando el motor #3 o el motor #2 este apagado (ver figura 39).

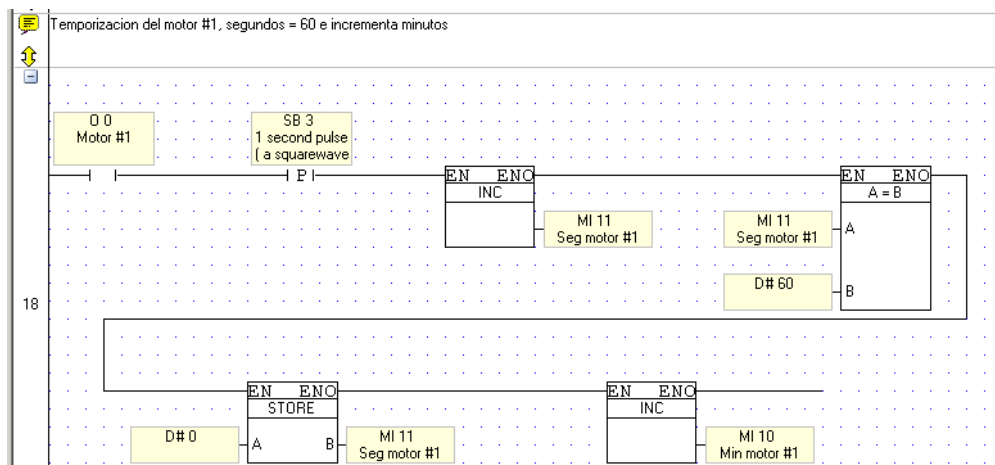
Luego en la figura #40, podemos apreciar la sentencia para el apagado del motor #1, la cual dice que: si al presionar MB13, se apagará el motor #1 siempre y cuando se cumpla la condición siguiente, que el motor #1 este encendido, pero que los motores #3 y #2 estén apagados (ver figura 40).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje



**Figura 40. Sentencia de encendido para el motor #1, con condición de dos motores**

La figura #41, nos habla de la temporización del motor #1, dice que: siempre que el motor #1 este encendido, la función pulsador incrementará los valores de MI11, la cual corresponde a los segundos, luego se compararan los valores de MI11 y D si estos valores son iguales se reiniciará MI11 y se incrementará en uno MI10 (ver figura 41).

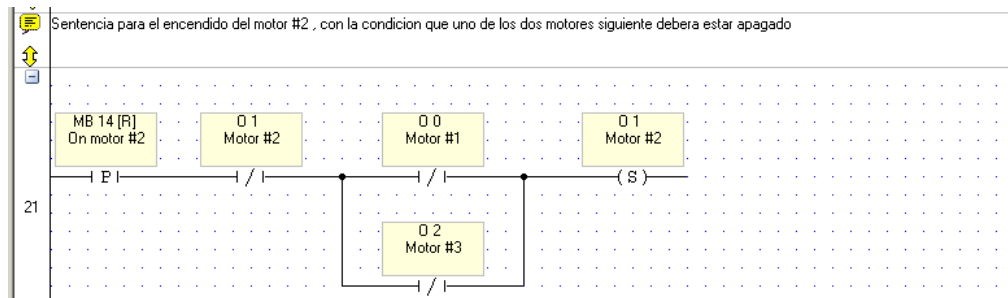


**Figura 41. Temporización del motor #1**

La figura #42, habla de la temporización del motor #1 y dice que: si el motor #1 está encendido la función de comparación nos dice que, si MI10=D, reinicia minutos del motor #1 e incrementa MI9 que corresponde a horas del motor #1 (ver figura 42).

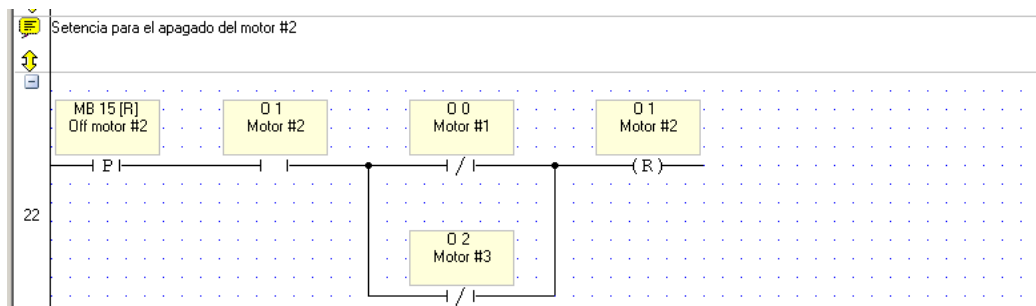


# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje



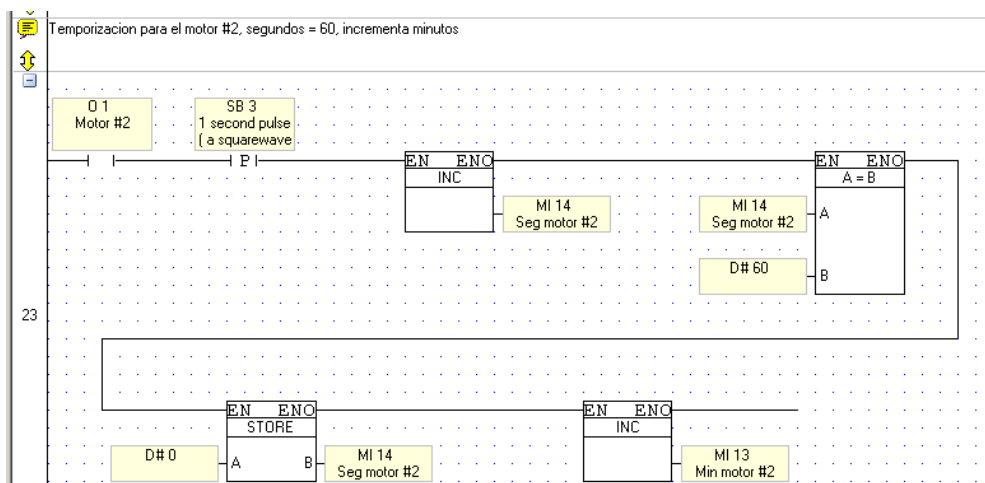
**Figura 44. Sentencia de encendido del motor #2**

Luego en la figura #45, podemos apreciar la sentencia para el apagado del motor #2, la cual nos dice que: si al presionar MB15, se apagará el motor #2 siempre y cuando se cumpla la condición siguiente, que el motor #2 este encendido, pero que los motores #1 o #3 esté apagado (ver figura 45).



**Figura 45. Sentencia de apagado del motor #2**

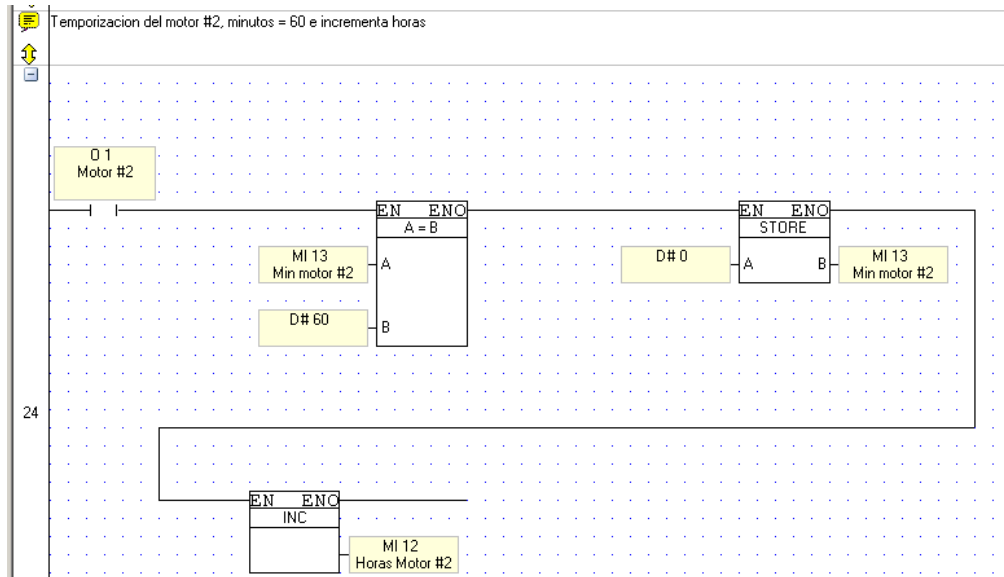
La figura #46, nos habla de la temporización del motor #2, dice que: siempre que el motor #2 este encendido la función pulsador incrementará los valores de MI14, la cual incrementará los segundos, luego se compararan los valores de MI14 y D si estos valores son iguales se reiniciará MI14 y se incrementará en uno MI13 (ver figura 46).



**Figura 46. Temporización del motor #2**

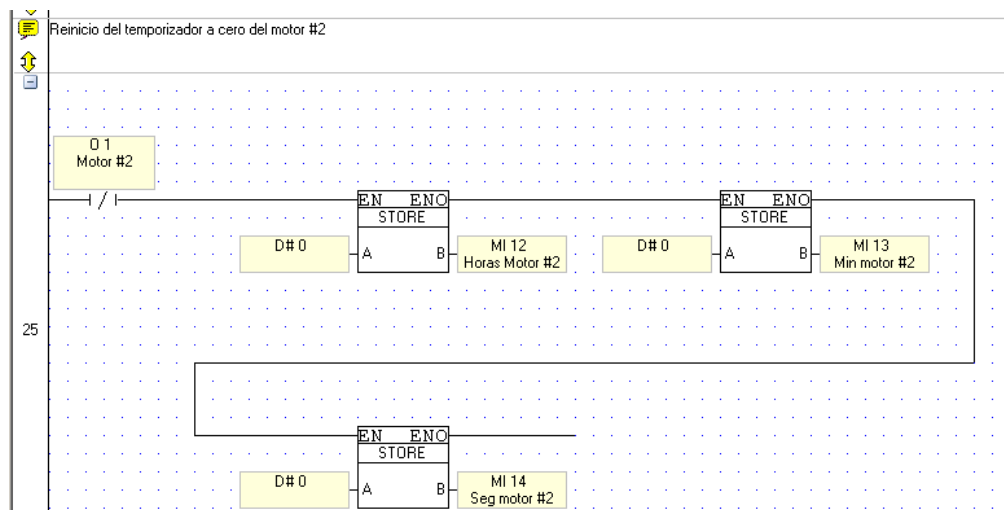
# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

La figura #47, habla de la temporización del motor #2 y dice que: si el motor #2 está encendido la función de comparación nos dice que, si MI13=D, reinicia minutos del motor #2 e incrementa MI13 que corresponde a horas del motor #2 (ver figura 47).



**Figura 47. Temporización para el motor #2**

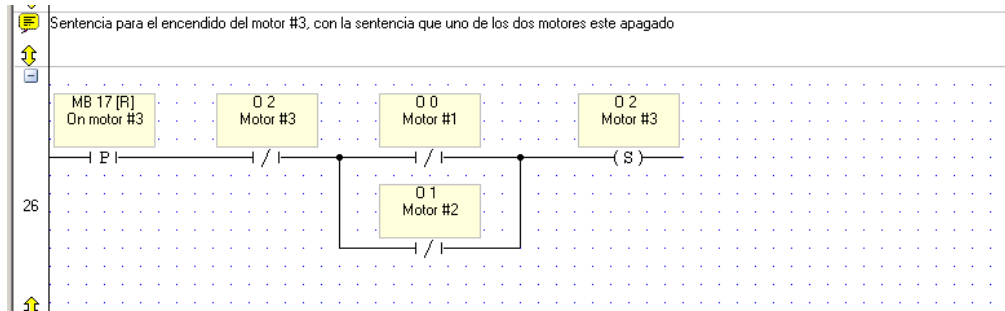
La siguiente figura #48, nos muestra el reinicio del temporizador cuando el motor #2 está apagado, dice que: si el motor #2 está apagado la variable MI12, MI13 y MI4 regresaran a cero (ver figura 48).



**Figura 48. Reinicio del temporizador del motor #2**

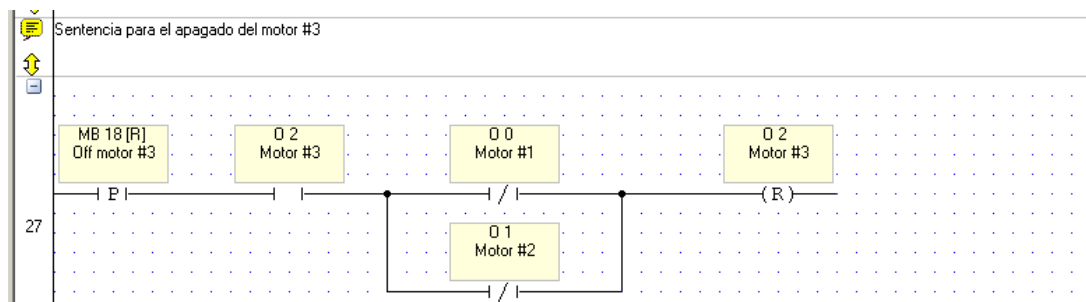
# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

La figura #49, nos muestra que: si al oprimir MB17 se encenderá el motor #3 siempre que este esté apagado, además se debe cumplir que el motor #2 o el motor #1 esté apagado (ver figura 49).



**Figura 49. Sentencia de encendido del motor #3 con condición**

En la figura #50, podemos apreciar la sentencia para el apagado del motor #3, la cual nos dice que: si al presionar MB18, se apagará el motor #3 siempre y cuando se encuentre encendido además, se puede cumplir que uno de los motores #1 o #2 este encendido (ver figura 50).



**Figura 50. Sentencia de apagado del motor #3**

La figura #51, nos habla de la temporización del motor #3, dice que: siempre que el motor #3 este encendido, la función pulsador incrementará los valores de MI17, que corresponde a los segundos, luego se compararan los valores de MI17 y D si estos valores son iguales se reiniciará MI17 y se incrementará en uno MI16 (ver figura 51).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

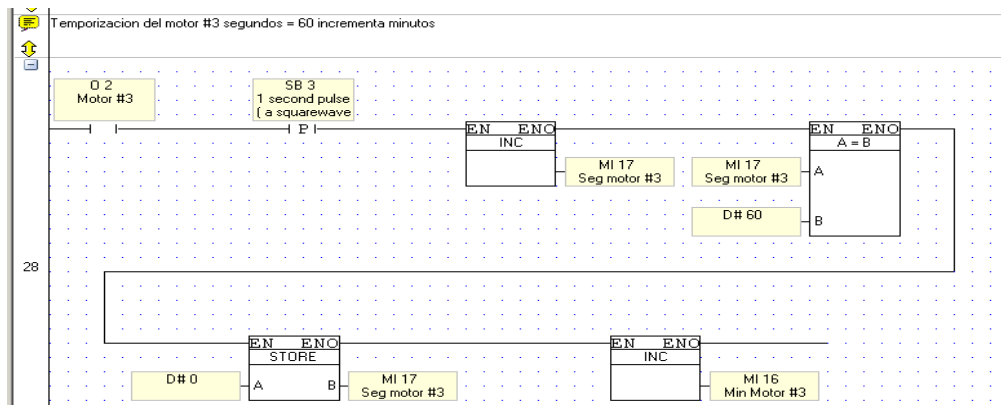


Figura 51. Temporización del motor #3

La figura #52, habla de la temporización del motor #3 y dice que: si el motor #3 está encendido la función de comparación nos dice que, si MI16=D, reinicia minutos del motor #3 e incrementa MI15 que corresponde a horas del motor #3 (ver figura 52).

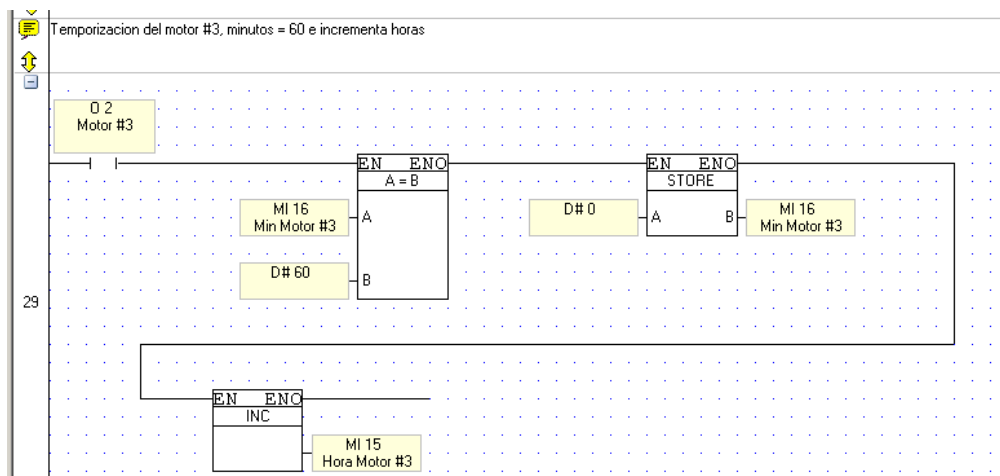


Figura 52. Temporización del motor #3

La siguiente figura #53, nos muestra el reinicio del temporizador cuando el motor #3 está apagado, dice que: si el motor #3 está apagado la variable MI15, MI16 y MI7 regresaran a cero (ver figura 53).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

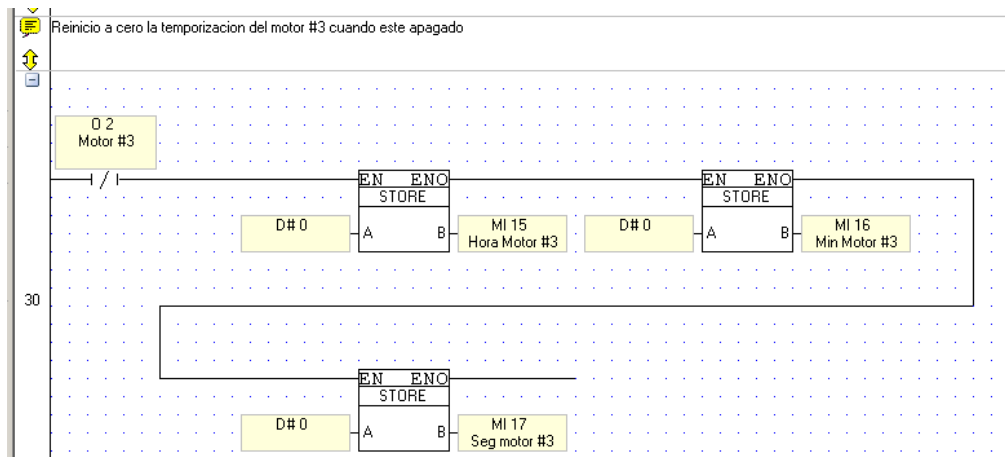


Figura 53. Reinicio del temporizador del motor #3

En la figura #54, podemos observar la sentencia para apagar los motores al momento de salir de las prácticas, que dice lo siguiente: si oprimo MB3 o presiono MB2 va proceder al apagado de los tres motores (ver figura 54).

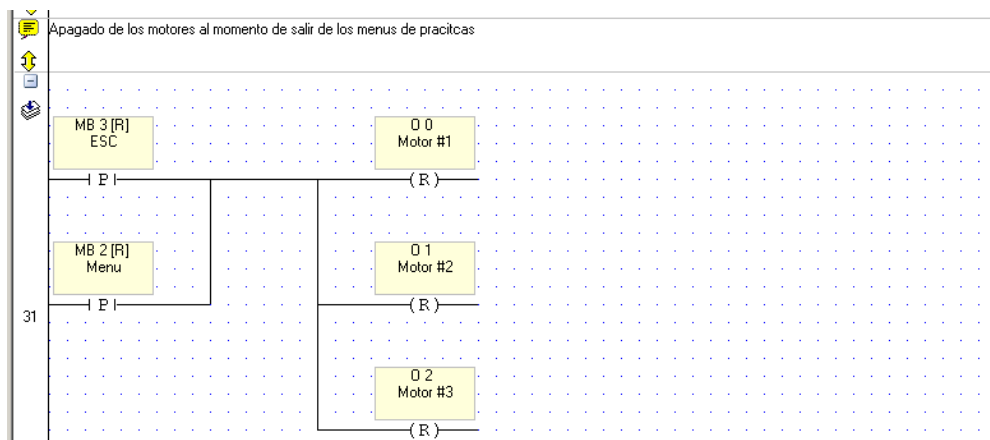


Figura 54. Apagado de los motores al salir de las prácticas

Por ultimo tenemos la figura #55, en la que podemos distinguir la instrucción de reset, esta es la parte final de la programación en escalera donde se pone fin a la práctica (ver figura 55).

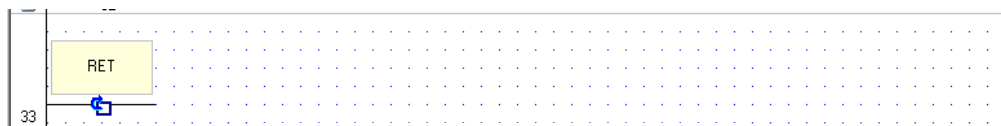


Figura 55. Fin de las prácticas



# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Las imágenes anteriores cada una con su explicación muestra la programación en escalera que contiene la memoria de PLC, la que permite usar las pantallas HMI y que apaga y enciende los motores eléctricos.

## 5.2.1.3 Diagrama de flujo HMI

La figura #62 (ver anexo 1), contiene el diagrama de flujo correspondiente a las ventanas HMI, que son las encargadas de guiar al usuario dentro de las prácticas programadas en la memoria del PLC.

Para comenzar el start up display que es el inicio del programa, luego de presionar el botón MB2 inicia el programa, el flujo nos lleva al menú principal del programa una vez iniciado nos encontramos con la primera pantalla o menú el cual contiene cinco posibles opciones, si presiona el botón MB3 le permitirá salir del menú principal y volver a la pantalla de inicio. Al presionar el botón MB20 le guiará a la pantalla de configuración de hora y fecha, en esta pantalla puede seleccionar el botón MB2 el que le permitirá regresar al menú principal.

Estando en el menú principal puede presionar MB0 le permitirá acceder a la práctica #1, esta pantalla tiene dos opciones, puede oprimir el botón MB2 para retornar al menú así también puede oprimir el botón MB3 y este le lo llevara de regreso al menú de inicio.

Desde la pantalla del menú principal también tiene la opción de presionar el botón MB6, este le permitirá el acceso a la pantalla de la práctica #2 dentro de la practica 2 puede presionar el botón MB2 lo que lo llevara al inicio del programa, si oprimir botón el MB3 lo llevara de regreso al menú principal. Después el en mismo menú principal tiene la opción de presionar el botón MB11 lo que le permitirá acceder a la práctica #3, dentro de la practica 3 puede seleccionar MB2 para regresar al inicio del programa, la otra opción es presionar el botón MB3 lo que le permitirá regresar al menú principal.

Dentro de la practica 3 puede oprimir el botón MB16 lo que le permitirá acceder a la segunda parte de la práctica 3 donde se encuentra el motor #3, dentro de esta

pantalla se encuentra el botón MB19 el cual le regresara a la primera pantalla de la práctica #3.

Con esta última imagen termina la parte de programación en escalera, como se pudo apreciar se detalla los procedimientos que se describen en la imagen para que el lector pueda conocer todo el proceso que se lleva a cabo cuando se presiona un botón cualquiera que esté dentro de las opciones de los menús.

A continuación se realiza una descripción de los diagramas de flujo de cada una de las 3 prácticas anteriores, con el objetivo que el lector comprenda como se da el proceso desde que se inicia el programa hasta que finaliza con los motores apagados.

### 5.2.1.4 Diagrama de flujo de programación de práctica #1

La figura #63 (ver anexo 1), muestra el diagrama de flujo de la práctica #1, donde podemos observar en un inicio el motor apagado, el siguiente nos dice que si al presionar el botón (MB4) se encenderá el motor, de lo contrario permanecerá en el menú. Después aparece la acción de presionar el botón (MB5) si la respuesta es no, podremos observar el diagrama de flujo del tiempo donde, MI2 es la variable de control de segundos, MI1 es la variable de control de minutos y MI0 es la variable de control de las horas. Si la respuesta es sí, el programa procederá al apagado del motor #1, apagando el reloj del motor.

### 5.2.1.5 Diagrama de flujo de programación de práctica #2

El diagrama de flujo de la práctica #2, se observa en la figura #64 (ver anexo 1) donde nos explica los procesos que se desarrollan en esa práctica. Lo primero que apreciamos es el inicio, luego con el motor #1 y #2 apagado, tenemos dos opciones la de encender el motor #1 o encender el motor #2, si presionamos MB7 que es la variable encargada de control del motor #1, si la respuesta es no, nos da la opción de presionar MB9 cuya variable es la encargada de controlar el encendido del motor #2, si es positiva la acción se activa el reloj del motor #1,

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

estando en el motor #2 nos da dos opciones si la respuesta es no, nos llevará al menú de inicio, si es un si presionamos el encendido del motor #2 cuya variable de control es MB9 y se activa el reloj del motor. Con el motor #1 encendido podemos presionar MB8 variable encargada del apagado del apagado del motor y de apagar el reloj del motor de lo contrario el motor continuará encendido y las variables encargadas del control de los segundos (MI5), minutos (MI4), horas (MI3) que nos dicen: MI5 incrementa en uno, al llegar a 60 reinicia MI5 e incrementa MI4 en uno, al llegar a 60 reinicia MI4 e incrementa MI3, si presiona MI8 apagará el motor #1 y el reloj del motor.

Si presiona MB9 cuya variable es encargada del encendido del motor #2, con el motor encendido también se activa el reloj cuyas variables son MI8 encargada de control de los segundos, que al llegar a 60 incrementa en uno a MI7 y reinicia a MI8, al llegar a 60 MI7 se reinicia e incrementa en uno a MI6, por otro lado tenemos la opción de apagar el motor #2 presionando MB10, así también se apagará el reloj del motor.

## 5.2.1.6 Diagrama de flujo de programación de práctica #3

### 5.2.1.6.1 Encendido del motor #1

La figura #65 (ver anexo 1), presenta el diagrama de flujo de la práctica #3. Lo primero que se observa es el inicio del programa, luego se ven los tres motor apagados, a continuación tenemos la opción de encender el motor #1 controlado por la variable MB12. Si enciende el motor #1, pregunta por motor #2 apagado, si motor #2 está apagado enciende motor #1, de lo contrario pregunta por motor #3, si este está apagado enciende motor #1, de lo contrario vuelve al menú.

Con el motor #1 encendido tenemos la opción de apagar el motor, de lo contrario MI11 que es la variable de control de los segundos incrementa, cuando MI11=60, reinicia MI11 e incrementa MI10, luego cuando MI10=60 reinicia MI10 e incrementa MI9, pero si presiona MB13, apaga MI11, MI10 y MI9 o sea vuelven a cero, apaga el motor #1 y vuelve al menú de encendido de los tres motores.

## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

En el caso que el motor #3 no este apagado y el motor #2 este apagado, inicia el motor #1 y luego nos da la opción de apagar el motor #1 cuya variable de control es MB13, si la respuesta es no, inicia la variable de control de los segundos MI11, cuando MI11=60, reinicia MI11 e incrementa MI10, luego cuando MI10=60 reinicia e incrementa MI9, pero si presiona MB13, apaga MI11, MI10 y MI9 o sea vuelven a cero, apaga el motor #1 y vuelve al menú de encendido de los tres motores.

### 5.2.1.6.2 Encendido del motor #2

A continuación tenemos la opción de encender el motor #2 controlado por la variable MB14. Si enciende el motor #2, pregunta por motor #1 apagado, si motor #1 está apagado enciende motor #2, de lo contrario pregunta por motor #3, si este está apagado enciende motor #2, de lo contrario vuelve al menú.

Con el motor #2 encendido tenemos la opción de apagar el motor, de lo contrario MI14 que es la variable de control de los segundos incrementa, cuando MI14=60, reinicia MI14 e incrementa MI13, luego cuando MI13=60 reinicia MI13 e incrementa MI12, pero si presiona MB15, apaga MI14, MI13 y MI12 o sea vuelven a cero, apaga el motor #2 y vuelve al menú de encendido de los tres motores.

En el caso que el motor #3 no este apagado y el motor #1 este apagado, inicia el motor #2 y luego nos da la opción de apagar el motor #2 cuya variable de control es MB15, si la respuesta es no, inicia la variable de control de los segundos MI14, cuando MI14=60, reinicia MI14 e incrementa MI13, luego cuando MI13=60 reinicia MI13 e incrementa MI12, pero si presiona MB15, apaga MI14, MI13 y MI12 o sea vuelven a cero, apaga el motor #2 y vuelve al menú de encendido de los tres motores.

### 5.2.1.6.3 Encendido del motor #3

A continuación tenemos la opción de encender el motor #3 controlado por la variable MB17. Si enciende el motor #3, pregunta por motor #1 apagado, si motor #1 está apagado enciende motor #3, de lo contrario pregunta por motor #2, si este está apagado enciende motor #3, de lo contrario vuelve al menú.

## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Con el motor #3 encendido tenemos la opción de apagar el motor, de lo contrario MI17 que es la variable de control de los segundos incrementa, cuando MI17=60, reinicia MI17 e incrementa MI16, luego cuando MI16=60 reinicia MI16 e incrementa MI15, pero si presiona MB15, apaga MI14, MI13 y MI12 o sea vuelven a cero, apaga el motor #2 y vuelve al menú de encendido de los tres motores.

En el caso que el motor #2 no este apagado y el motor #1 este apagado, inicia el motor #3 y luego nos da la opción de apagar el motor #3 cuya variable de control es MB18, si la respuesta es no, inicia la variable de control de los segundos MI17, cuando MI17=60, reinicia MI17 e incrementa MI16, luego cuando MI16=60 reinicia MI16 e incrementa MI15, pero si presiona MB18, apaga MI17, MI16 y MI15 o sea vuelven a cero, apaga el motor #3 y vuelve al menú de encendido de los tres motores.

Así concluimos la programación de la interfaz del módulo de control de motores, en los párrafos anteriores pudimos apreciar la imágenes que contienen la programación detallada. Cada uno de sus escalones con la explicación que corresponde al proceso u acción que puede realizar cada botón contenido en las pantallas HMI.

### 5.3 Diseño del módulo de control de motores eléctricos con sus componentes

El diseño consiste mostrar una idea de como se verá el trabajo una vez finalizado el armado y montaje del módulo, para realizar esta tarea se utilizó software especializado en diseño como AutoCad Electrical 2016 y CADe SIMU. Estas herramientas fueron indispensables. Por ejemplo la simulación de las prácticas se realizaron en CADe SIMU, la construcción del diseño del módulo, así como los diagramas de flujo fueron hechos en Autocad electrical 2016. Luego podremos apreciar algunas imágenes del diseño con vistas isométricas de las partes que integran el módulo.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

En la figura #66, llamada dimensiones 1, se puede ver el diseño del gabinete, la puerta del gabinete, la placa de fondo falso que lleva el gabinete en la que van sujetos los dispositivos de control de los motores, también es posible apreciar las medidas de algunos elementos, como la puerta, la placa de fondo falso además de las dimensiones del gabinete. Algunas de las imágenes también contienen leyendas que describen algunos elementos del módulo (ver anexo 1).

La figura #67, llamada dimensiones 2, muestra varios diseños como por ejemplo el diseño de la placa de fondo falso que contiene la distribución de los equipos con una señalización de cada uno con sus respectivos nombres (ver anexo 1).

La figura #68, llamada dimensiones 3 también podemos apreciar un diseño más detallado de los dispositivos que contiene la puerta, tanto de los que estarán a la vista y de la parte interior que es la que contendrá los cables que conectaran todos estos elementos. Una de las vistas frontales de la puerta contiene los nombres de los dispositivos que llevará esta misma, entre estos están un pulsador star/stop, selector de tres posiciones, paro de emergencia, luz piloto y las conexiones de entrada del módulo (ver figura en anexo 1).

A continuación se aprecia un breve resumen de los dispositivos que componen el módulo, entre ellos podemos encontrar: autómatas, relés miniaturas, disyuntores, guarda motores, fuente, bornera, barra tierra, canaletas, rieles din, luces piloto, terminales, pulsador, selector de tres posiciones, contactores auxiliares.

## 5.3.1.1 Dispositivos de control que integran el módulo

Un disyuntor magnético es un interruptor automático que utiliza un electroimán para interrumpir la corriente cuando se da un cortocircuito (o una sobrecarga). En funcionamiento normal, ésta pasa por la bobina del electroimán creando un campo magnético débil. Si la intensidad es mayor de un determinado valor, el campo magnético creado es suficientemente fuerte como para poner en funcionamiento un dispositivo mecánico que interrumpe la corriente eléctrica. El valor de esta

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

corriente suele ser de entre 3 y 20 veces mayor que la corriente nominal, protegiendo al circuito de cortocircuitos.



**Figura 56. Disyuntor magnético**

Se suelen usar para proteger motores con arrancadores cuando estos últimos disponen de protección térmica integrada (La protección térmica es la encargada de interrumpir la corriente en condiciones de sobrecarga) (ver figura #56).

Un guardamotor es un interruptor magnetotérmico, 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 sobreintensidades 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 magnetotérmicos, 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 (ver figura #57).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---



**Figura 57. Guardamotor termomagnético**

El elemento accionador o motor del contactor es un electroimán. Como todo electroimán tiene un circuito magnético o armadura y un circuito eléctrico o bobina. El circuito magnético se cierra a través de un núcleo ferromagnético dividido en dos partes, una fija (que suele soportar la bobina de accionamiento) y una móvil que arrastra, al ser atraída. El núcleo del circuito magnético tiene formas diferentes en función del tipo de contactor y la naturaleza de la corriente de alimentación, alterna o continua (Schneider electrical) (ver figura #58).



**Figura 58. Contactor**

Los bloques de contactos auxiliares se utilizan para el funcionamiento de circuitos auxiliares y circuitos de control. Dentro de los tipos de bloques de contactos auxiliares para entornos industriales están los poseen 1 contacto NA y 1 contacto NC. Los bloques de contactos auxiliares están equipados con tornillo tipo terminales de conexión, protegidos contra el contacto directo accidental y llevan marcada la función correspondiente (ver figura #59).





**Figura 59. Contacto auxiliar**

Relé de control es un dispositivo que ejecuta la acción lógica del sistema con el fin de conectar o desconectar circuitos del sistema de control (ver figura #60).



**Figura 60. Relé miniatura**

La fuente de alimentación eléctrica de fuente conmutada compacta es una excelente opción cuando el ahorro de espacio fundamental es uno de los principales objetivos. Este dispositivo está equipado con muchas de las mismas funciones y certificaciones que los dispositivos XL y admiten aplicaciones de baja potencia.

Incluye salidas con clasificación entre 15 y 100 W (0.6 a 4.2 A a 24VCC) ofrece varios voltajes de salida múltiples entradas monofásicas y trifásicas disponibles para aplicaciones globales, proporciona una solución rentable más pequeña para aplicaciones de baja potencia, proporciona módulos de redundancia para administrar fuentes de alimentación eléctrica dobles para alimentación eléctrica de respaldo (rockwellautomation, 2015) (ver figura #60).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---



**Figura 61. Fuente de alimentación conmutada**

A continuación se puede apreciar los diagramas de fuerza y mando de las prácticas que contiene este proyecto para que el alumno pueda realizar las conexiones y activar los motores que con anterioridad se han explicado.

Gracias al diseño del módulo logramos tener una visión del proyecto, disminuyendo así la probabilidad de cometer errores de ubicación y logrando aprovechar al máximo el espacio del gabinete, obteniendo un trabajo final estético y completamente funcional.

## **5.4 Construcción del módulo de funcionamiento de los motores eléctricos**

Para la construcción del módulo logramos poner en práctica todos nuestros conocimientos en control y automatización, durante este proceso se pusieron en juego muchas habilidades y destrezas para obtener un mejor aprovechamiento del espacio del gabinete, obteniendo un módulo muy estético y ordenado.

Gracias al diseño del módulo logramos tener una visión del proyecto, disminuyendo así la probabilidad de cometer errores de ubicación y logrando aprovechar al máximo el espacio del gabinete, obteniendo un trabajo final estético y completamente funcional.

La figura #69 (ver anexo 1), titulada fuerza, muestra la ubicación de algunos elementos de control con su respectivo cableado, es importante mencionar que

## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

cada cable posee una etiqueta que lo enumera, las etiquetas están ubicadas en los extremos de cada cable.

Se pueden apreciar las canaletas donde se ubicará el sistema cableado de la parte de fuerza y lo que concierne a mando, este último se puede identificar con el color rojo que luego será instalado.

En la misma figura #69, se puede apreciar la placa de fondo falso, esta se encuentra atornillada al gabinete en sus extremos inferiores y superiores. Permanece completamente aislada del gabinete para evitar accidentes y contratiempos que pudiesen provocar lesiones graves ya que las corrientes que utilizan estos dispositivos podrían provocar quemadura muy graves en el peor de los casos matar a una persona, por esta razón hemos tomado en consideración las medidas de seguridad necesarias durante el armado y construcción del módulo de control de motores eléctricos, para evitar accidentes de esta índole.

La figura #70 (ver anexo 1), muestra el módulo finalmente armado con todo su cableado, las canaletas tapadas, las borneras de conexión instaladas, los botones y pulsos de la puerta ya instalados cada uno con sus respectivas conexiones.

Para este proyecto se logró realizar una guía de prácticas (ver anexo 2) para que el estudiante logre familiarizarse y aplicar todos los conocimientos adquiridos para mejorar su aprendizaje en automatización y control a través del módulo. Esta guía consta de cinco prácticas, cada una de estas contiene una imagen que le muestra al estudiante en un diagrama las conexiones que son necesarias para poner en marcha los motores, para ello el estudiante de la carrera de ingeniería electrónica deberá de contar con el conocimiento básico en simbología de control automático ya que esto le permitirá un mejor desempeño en la práctica.

## 6 CONCLUSIÓN

Se concluye que el conjunto de elementos que componen este proyecto didáctico están destinados al aprendizaje mediante el estudio de sistemas de mando, protección y arranque de motores eléctricos. Todo el compendio de la obra ofrece una visión del proceso de análisis de las variables más importantes que poseen los motores eléctricos, descripción de la programación utilizada para controlar los motores, también contiene diferentes vistas del diseño, donde se puede apreciar las medidas y acotaciones de las partes que componen el módulo. Con lo que se espera que los estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica se familiaricen con los procesos de control automático, complementando así su aprendizaje.

Con el diseño de este módulo el estudiante aprenderá a conectar los módulos de motores eléctricos por medio de las prácticas diseñadas en este trabajo, mediante las cuales el alumno podrá identificar la simbología utilizada en el área de automatización.

## 7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda agregar relés térmicos como dispositivos de seguridad y protección para motores.
- Implementar medidores de voltaje y corriente para una mejor apreciación del trabajo realizado por los motores.
- Agregar diagramas de entradas y salidas del PLC que va a trabajar con el módulo durante las prácticas automáticas.
- Realizar más guías que puedan aportar más desarrollo en la práctica de automatización.
- Agregar prácticas con el uso de temporizadores.
- Realizar un análisis que contenga un mayor número de variables de motores eléctricos.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- uco*. (24 de Abril de 2001). Recuperado el 16 de Septiembre de 2015, de [http://www.uco.es/grupos/giie/cirweb/teoria/tema\\_08/tema\\_08\\_01.pdf](http://www.uco.es/grupos/giie/cirweb/teoria/tema_08/tema_08_01.pdf)
- rockwellautomation*. (2015). Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de <http://ab.rockwellautomation.com/es/Power-Supplies/Compact-Switched-Mode-Power-Supplies#overview>
- unitronics*. (15 de mayo de 2015). Recuperado el 12 de noviembre de 2015
- alegsa*. (s.f.). Recuperado el 21 de Octubre de 2015, de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/interfaz.php>
- assets.mheducation*. (s.f.). Recuperado el 2 de Septiembre de 2015, de <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>
- Flores, A. V. (24 de Abril de 2012). *sistemamid*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2015, de [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-07-26\\_09-18-19108178.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-07-26_09-18-19108178.pdf)
- Harper, G. E. (s.f.). *Google.com.ni*. Recuperado el 14 de Octubre de 2015
- Harper, H. E. (1990). *El abc de las maquinas electricas II. Motores de corriente alterna* (2da ed.). D.F. (Distrito Federal), Mexico: L. IMUSA.
- Harper, I. G. (1990). *El abc de las maquinas eléctricas II. Motores de corriente alterna*. Ciudad de Mexico: EDITORIAL LIMUSA S.A. de C.V.
- MSP, D. T. (s.f.). *cifp-mantenimiento*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2015, de [http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=2&id\\_sec=7](http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=2&id_sec=7)
- Schneider electrical*. (s.f.). Recuperado el 28 de noviembre de 2015, de [www.schneiderelectrical.com](http://www.schneiderelectrical.com)
- unicrom*. (s.f.). Recuperado el 21 de Octubre de 2015, de [http://www.unicrom.com/art\\_historia\\_PLC.asp](http://www.unicrom.com/art_historia_PLC.asp)

## 9 ANEXOS

### 9.1 Anexo 1

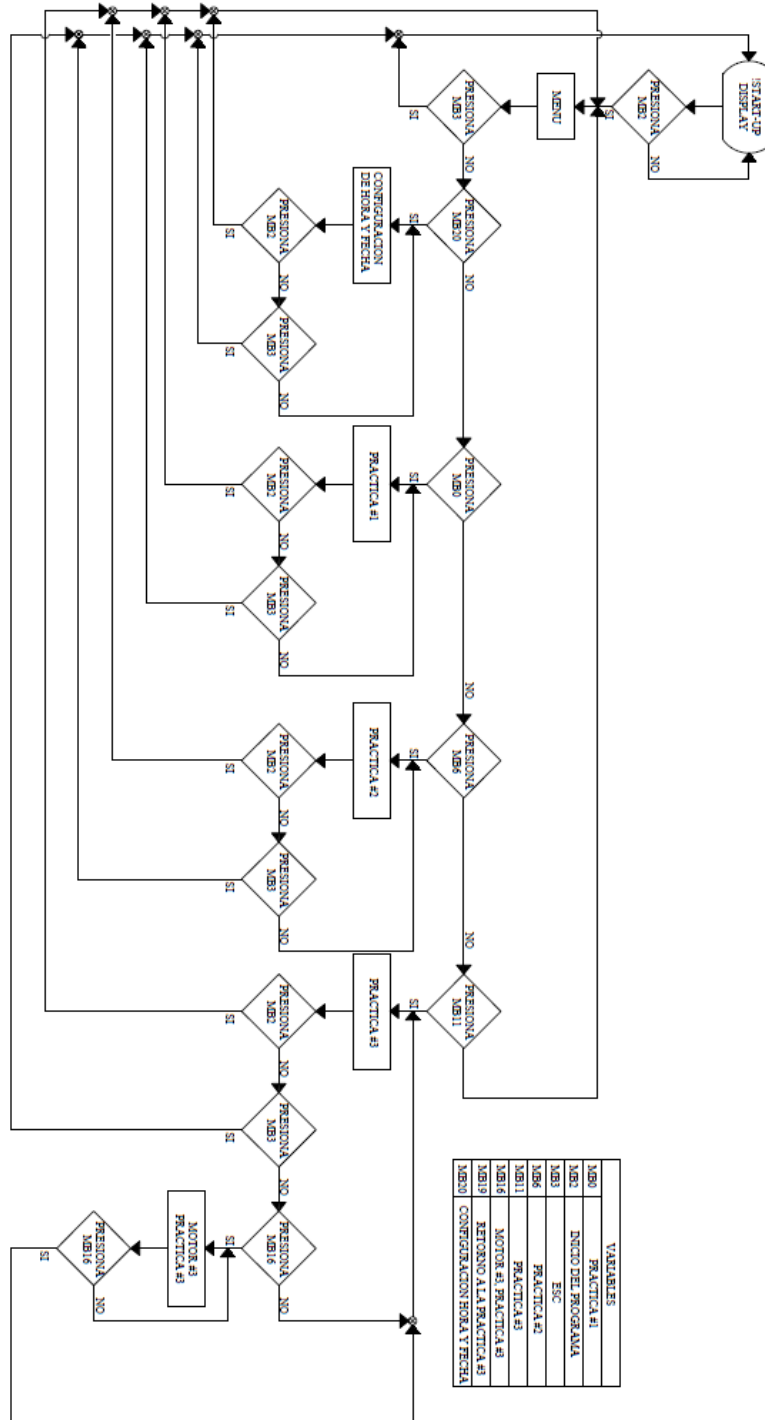
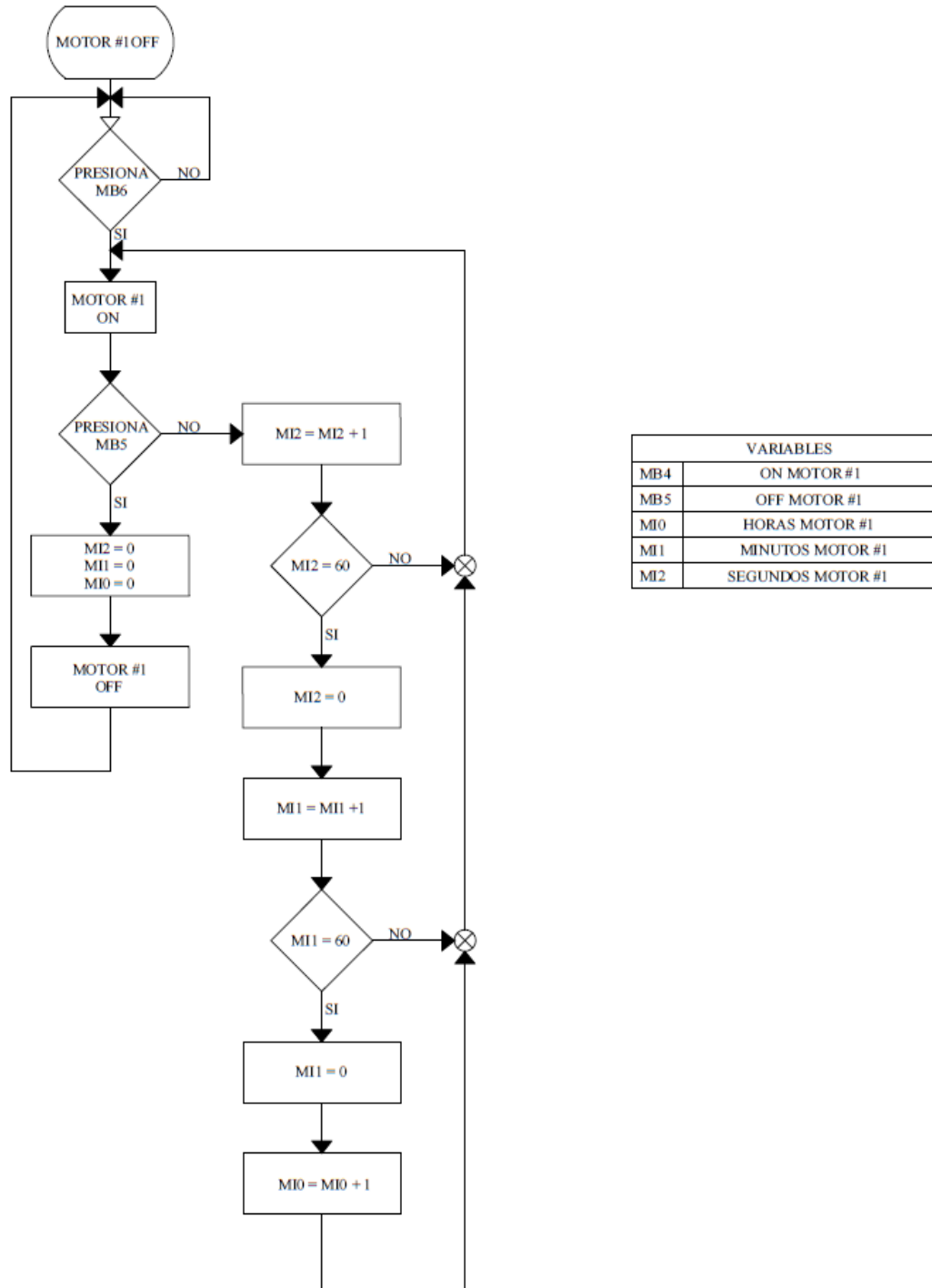


Figura 62. Diagrama de flujo ventanas HMI

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje



VARIABLES	
MB4	ON MOTOR #1
MB5	OFF MOTOR #1
MI0	HORAS MOTOR #1
MI1	MINUTOS MOTOR #1
MI2	SEGUNDOS MOTOR #1

Figura 63. Diagrama de flujo de programación para práctica 1



# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

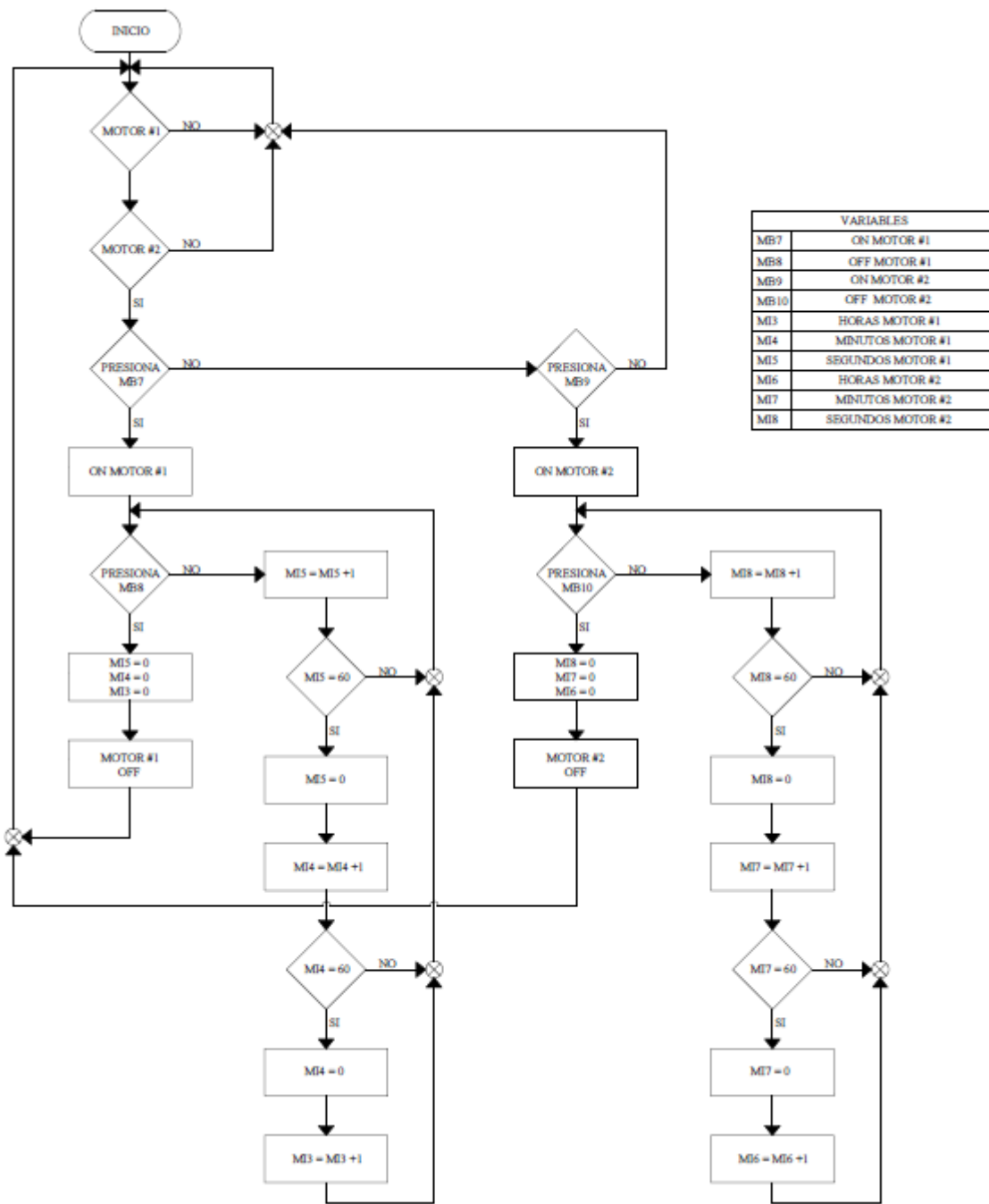


Figura 64. Diagrama de flujo de programación para práctica 2

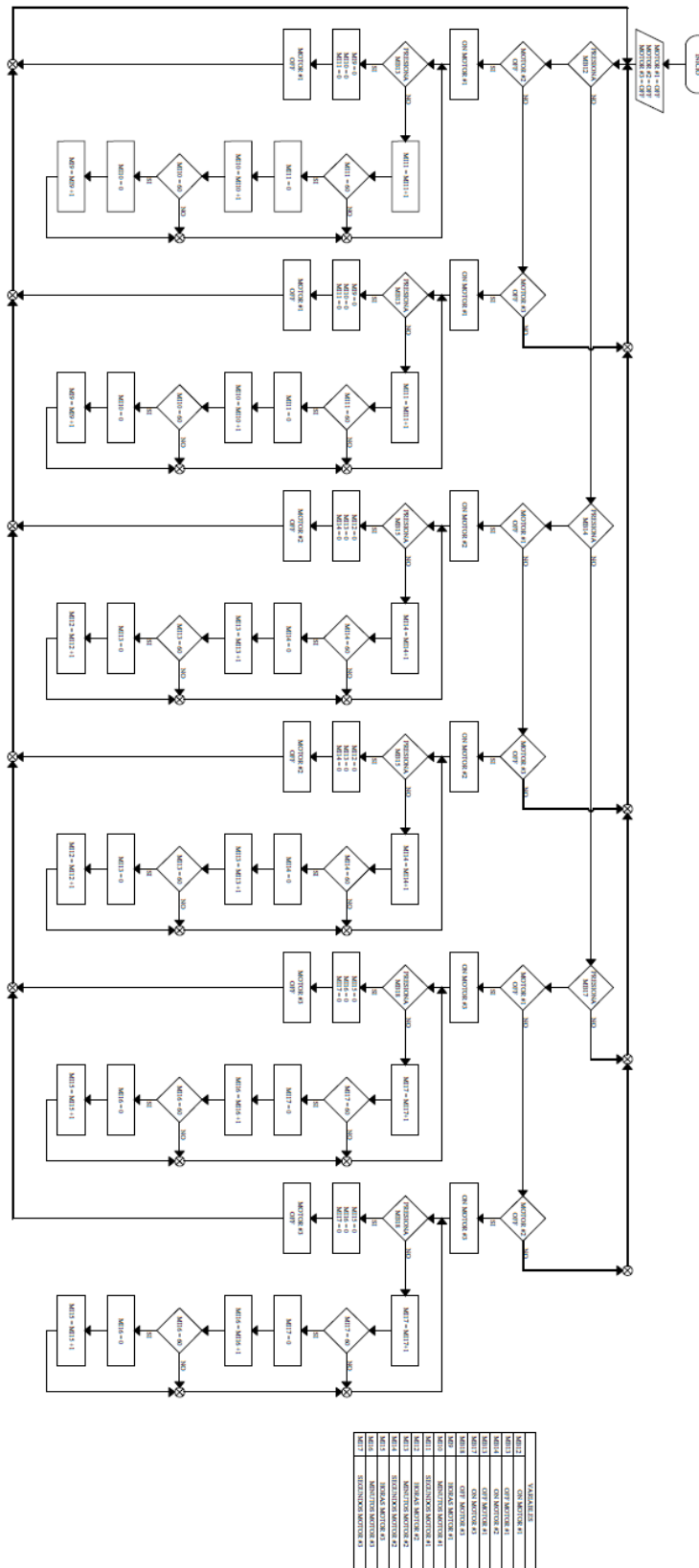


Figura 65. Diagrama de flujo de programación para práctica 3

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

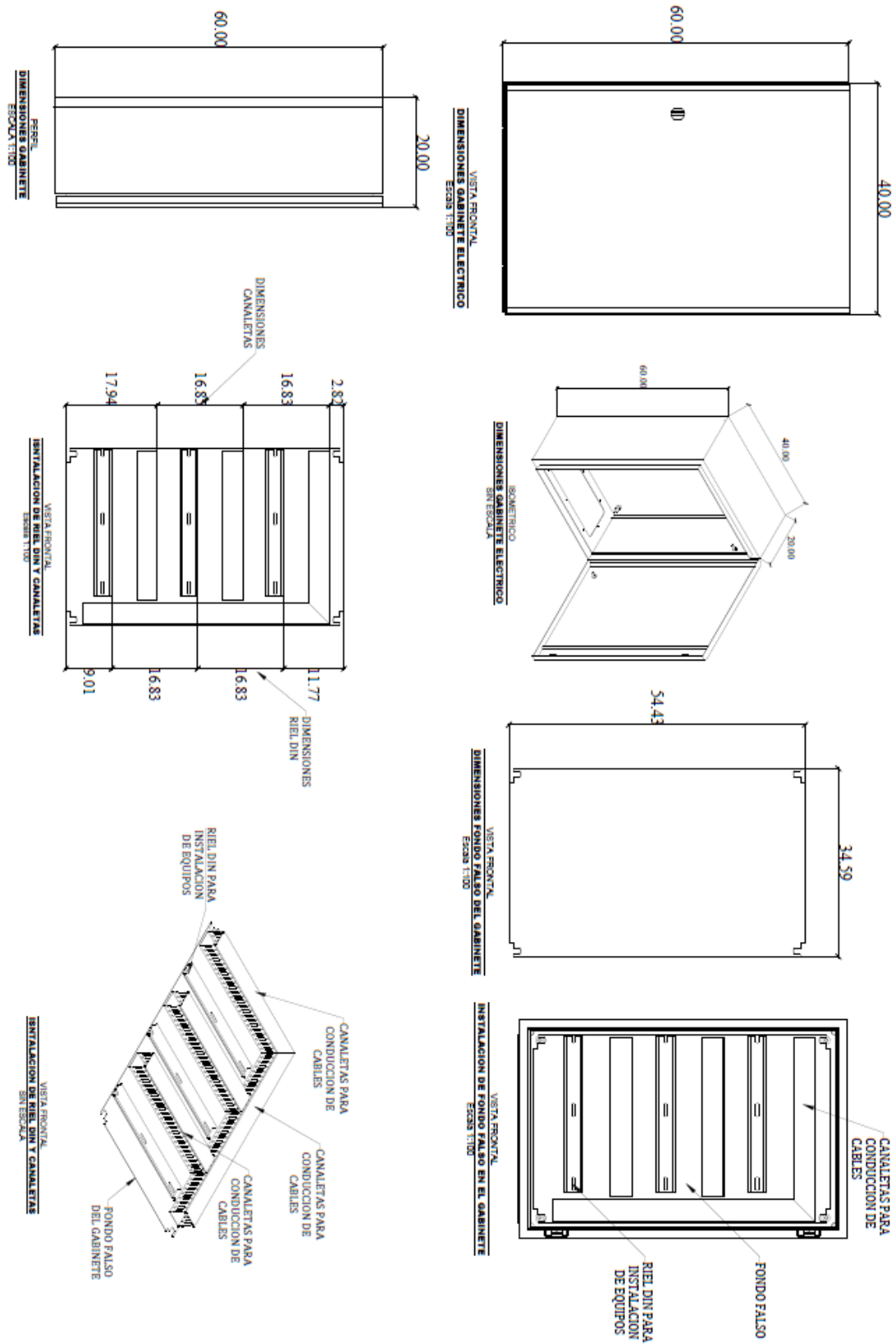


Figura 66. Dimensiones 1





# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

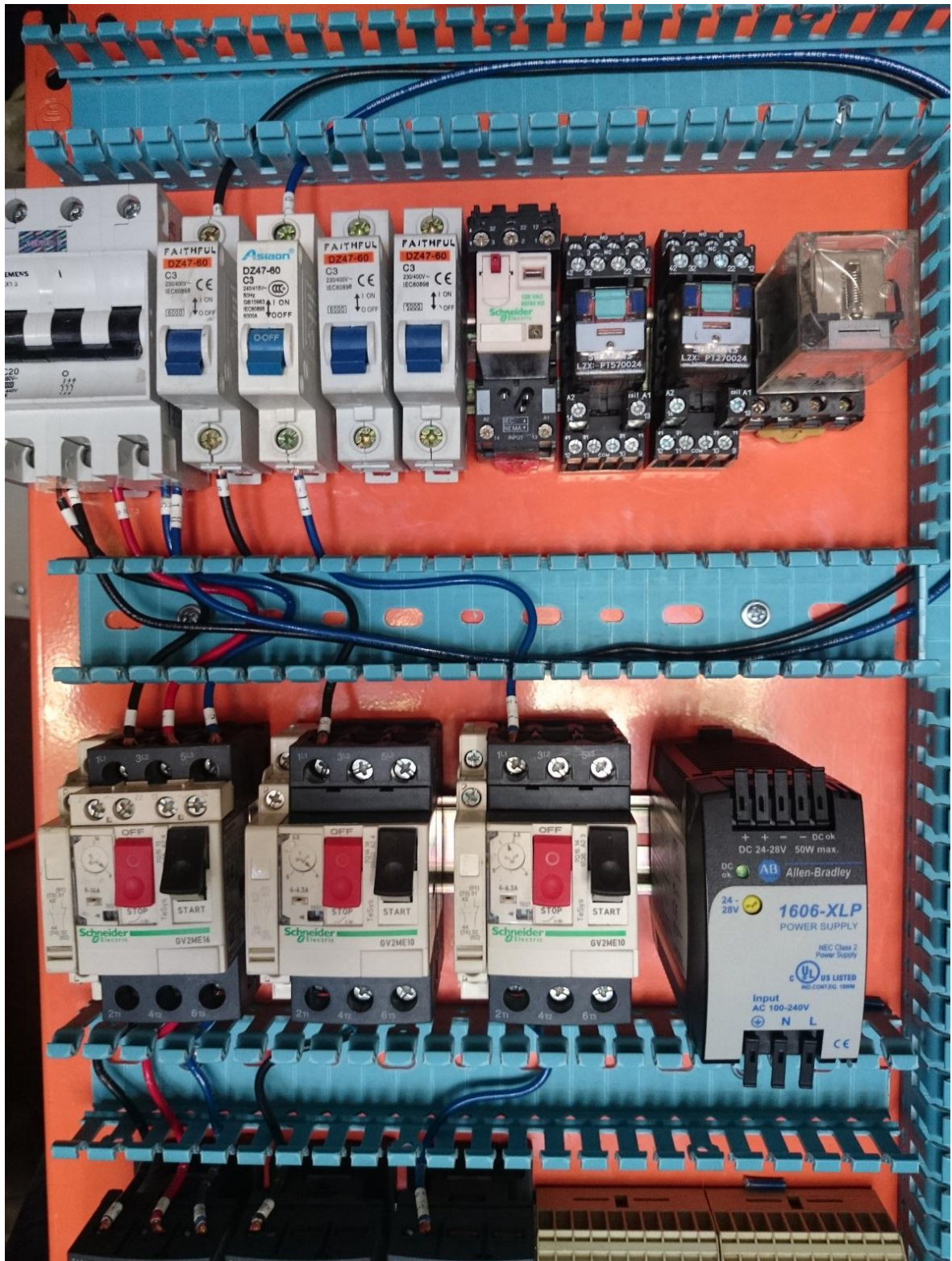


Figura 69. Fuerza

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---



Figura 70. Módulo

9.2 Anexo 2



MANUAL DIDACTICO DE CONTROL  
DE MANDO Y PROTECCION DE

Jorge Zamora – Donald Urbina  
UNAN-MANAGUA  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS



# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---



## Advertencia

Todos los ejemplos desarrollados en este manual son de tipo pedagógico y por ello pueden, en algún caso, no ser fiel reflejo de la realidad. En ningún caso deben de ser empleados, ni siquiera parcialmente, en aplicaciones industriales, ni servir de modelo para dichas aplicaciones.

Los productos presentados en este manual son susceptibles de evolución en cuanto a sus características de presentación, de funcionamiento o de utilización. Su descripción en ningún momento puede revestir un aspecto contractual.

Todas las practicas deberán ser realizadas bajo la supervisión del profesor o de los ayudantes de laboratorios, bajo ninguna circunstancia se deberá energizar el módulo sin autorización previa de los responsables de laboratorio.

Cualquier modificación constructiva del diseño puede provocar daños irreversibles al módulo, se recomienda tener sumo cuidado al realizar las prácticas debido a que se corre riesgo de choques eléctricos que pueden ser perjudiciales para la salud del ser humano y pueden provocar la muerte.

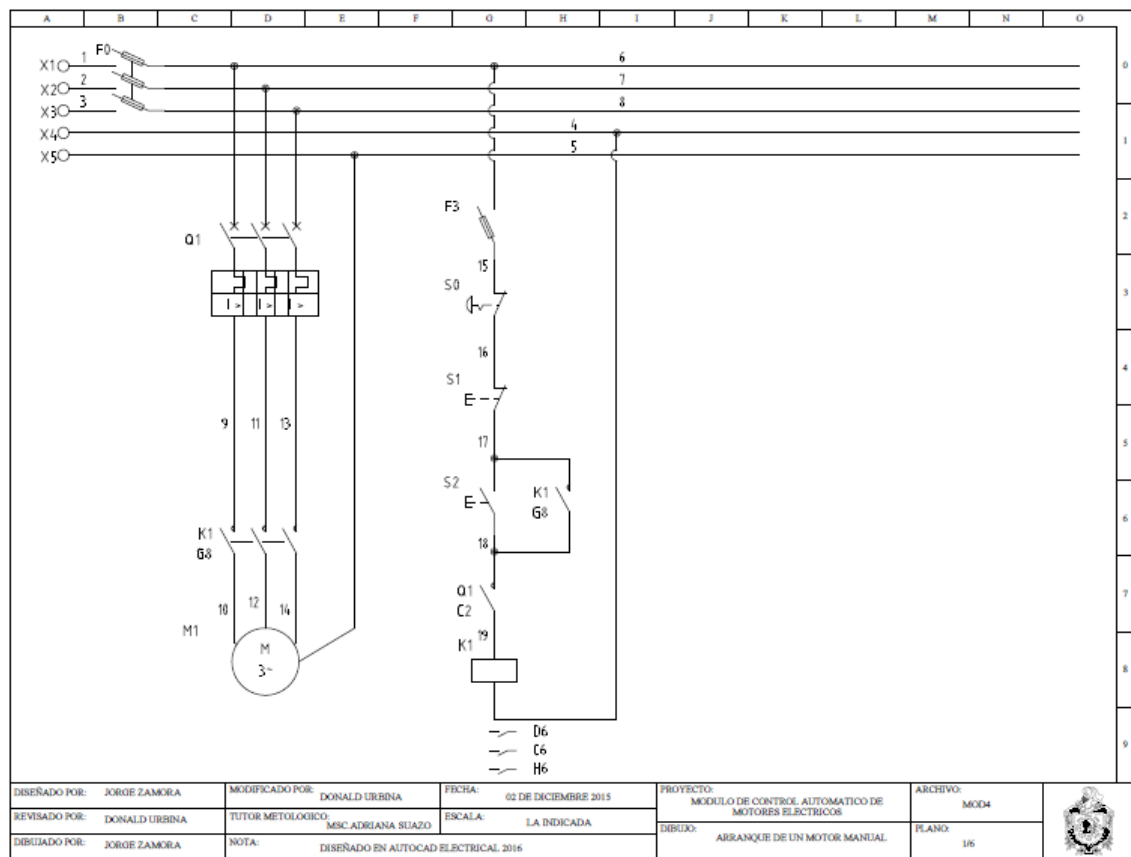
# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

## 9.2.1 Guía de Prácticas

### Practica #1

#### Arranque directo de un motor trifásico

Este circuito de enclavamiento también recibe el nombre de circuito de realimentación o de memoria. Generalmente, este circuito es el que se encarga de



activar o de desactivar el circuito de mando del automatismo, permitiendo que dicho circuito permanezca activo o desactivado a pesar de que haya desaparecido la orden de marcha o paro.

FIGURA 1

Utilizando el plano que se muestra en la figura #1 realizar el montaje de cada uno de los componentes, tener en cuenta que los la simbología que se utiliza esta bajo la norma dim.

La práctica consiste en hacer funcionar un motor al pulsar Marcha S2. Al cesar la pulsación seguirá conectado el motor porque está enclavado con un contacto NO del

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

contactor K1, es decir, el contactor está realimentado. Si accionamos el pulsador S1 el motor se parará.

Realiza el montaje del automatismo sobre el tablero del puesto de trabajo y comprueba su correcto funcionamiento.

Como paso previo al montaje deberás identificar cada uno de los elementos que aparecen dispuestos sobre el mencionado tablero de montaje. Se recomienda que para familiarizarte con su funcionamiento realices cuantas pruebas consideres necesarias.

Para evitar riesgos de descargas eléctricas accidentales, No realizar las conexiones con el módulo energizado, de ser necesario pida ayuda a las personas responsables del laboratorio.

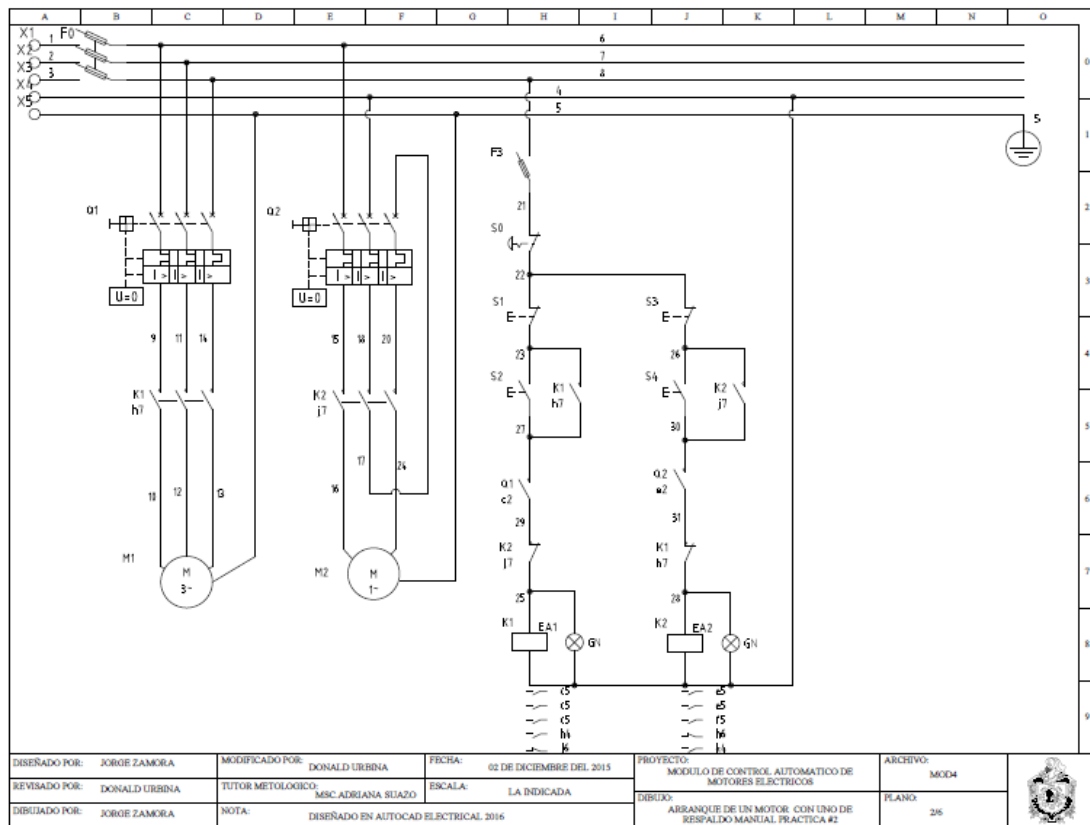
Recuerda que la tensión de alimentación del módulo es de 208VAC de tensión de línea (trifásica), del cual se tendrá que derivar 120 VAC para las líneas de control.

Una vez realizado el montaje, deberá de ser revisado por el profesor su correcto funcionamiento.

## Practica #2

### Arranque de un motor, con un motor de respaldo

Esta práctica consiste en el armado de un circuito para que solamente pueda



funcionar el motor #1 o el motor #2, cualquiera de los dos de manera aleatoria pero

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

nunca los dos al mismo tiempo, para que esto se cumpla se utilizan los contactos auxiliares del contactor.

## FIGURA #2

Utilizando el plano que se muestra en la figura #2 realizar el montaje de cada uno de los componentes, tener en cuenta que los la simbología que se utiliza esta bajo la norma dim.

Lo que se propone en esta práctica es el diseño de un automatismo que realice el enclavamiento de un motor asíncrono trifásico, y motor asíncrono monofásico, con dos pulsadores que permitirán elegir cuál de los motores iniciara a trabajar, con la salvedad que el motor que está en stand by (apagado) no se podrá accionar aunque se pulse el start del pulsador del motor que este apagado.

El automatismo también estará dotado de dos lámparas piloto que indicarán el motor que está en uso y de dos lámparas pilotos de aviso de avería, una para cada motor (excesiva corriente por los devanados del motor).

Realiza el montaje del automatismo sobre el tablero del puesto de trabajo y comprueba su correcto funcionamiento.

Como paso previo al montaje deberás identificar cada uno de los elementos que aparecen dispuestos sobre el mencionado tablero de montaje. Se recomienda que para familiarizarte con su funcionamiento realices cuantas pruebas consideres necesarias. Para evitar riesgos de descargas eléctricas accidentales, No realizar las conexiones con el módulo energizado, de ser necesario pida ayuda a las personas responsables del laboratorio.

Recuerda que la tensión de alimentación del módulo es de 208VAC de tensión de línea (trifásica), del cual se tendrá que derivar 120 VAC para las líneas de control.

Una vez realizado el montaje, deberá de ser revisado por el profesor su correcto funcionamiento.

## Practica #3

### Arranque de dos motores, con un motor de respaldo

Esta práctica consiste en el armado de un circuito para que solamente puedan funcionar dos motores, cualquiera de dos de tres motores de manera aleatoria pero nunca los tres al mismo tiempo, para que esto se cumpla se utilizan los contactos auxiliares de los contactores.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

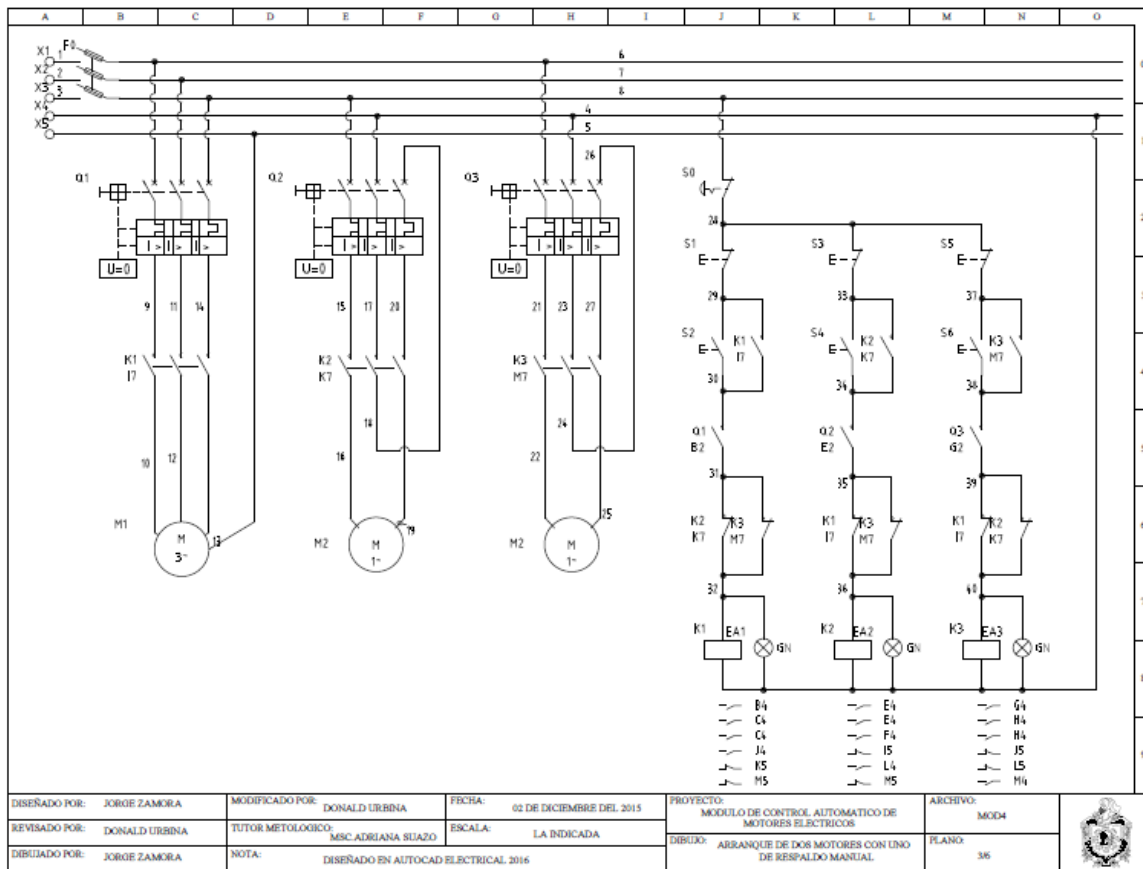


FIGURA #3

Utilizando el plano que se muestra en la figura #3 realizar el montaje de cada uno de los componentes, tener en cuenta que los la simbología que se utiliza esta bajo la norma dim.

Lo que se propone en esta práctica es el diseño de un automatismo que realice el enclavamiento de un motor asíncrono trifásico, y dos motores asíncrono monofásico, con tres pulsadores que permitirán elegir cuál de los motores iniciara a trabajar, luego de encendido el motor #1, se podrá encender el motor #2 o el motor #3, con la salvedad que uno de los motores quedara en stand by (apagado) no se podrá accionar aunque se pulse el start del pulsador.

El automatismo también estará dotado de tres lámparas piloto que indicarán el motor que está en uso, una para cada motor (excesiva corriente por los devanados del motor).

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Realiza el montaje del automatismo sobre el tablero del puesto de trabajo y comprueba su correcto funcionamiento.

Como paso previo al montaje deberás identificar cada uno de los elementos que aparecen dispuestos sobre el mencionado tablero de montaje. Se recomienda que para familiarizarte con su funcionamiento realices cuantas pruebas consideres necesarias.

Para evitar riesgos de descargas eléctricas accidentales, No realizar las conexiones con el modulo energizado, de ser necesario pida ayuda a las personas responsables del laboratorio.

Recuerda que la tensión de alimentación del módulo es de 208VAC de tensión de línea (trifásica), del cual se tendrá que derivar 120 VAC para las líneas de control.

Una vez realizado el montaje, deberá de ser revisado por el profesor su correcto funcionamiento.

## Practica #4

Arranque directo de un motor trifásico con opción a seleccionar modo automático o manual.

Este circuito de enclavamiento también recibe el nombre de circuito de realimentación o de memoria. Generalmente, este circuito es el que se encarga de activar o de desactivar el circuito de mando del automatismo, permitiendo que dicho circuito permanezca activo o desactivado a pesar de que haya desaparecido la orden de marcha o paro.

Lo importante de este diseño que se utiliza el PLC como equipo de accionamiento en forma automática, queda a creatividad del estudiante realizar una programación que logre controlar el start/stop del PLC que controlara el arranque del motor, el estudiante podrá hacer uso de todo su conocimiento para crear temporizaciones, auto-arranque, etc. en el PLC. Esto pondrá a prueba la creatividad y la rápida respuesta para dar soluciones a problemas reales.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

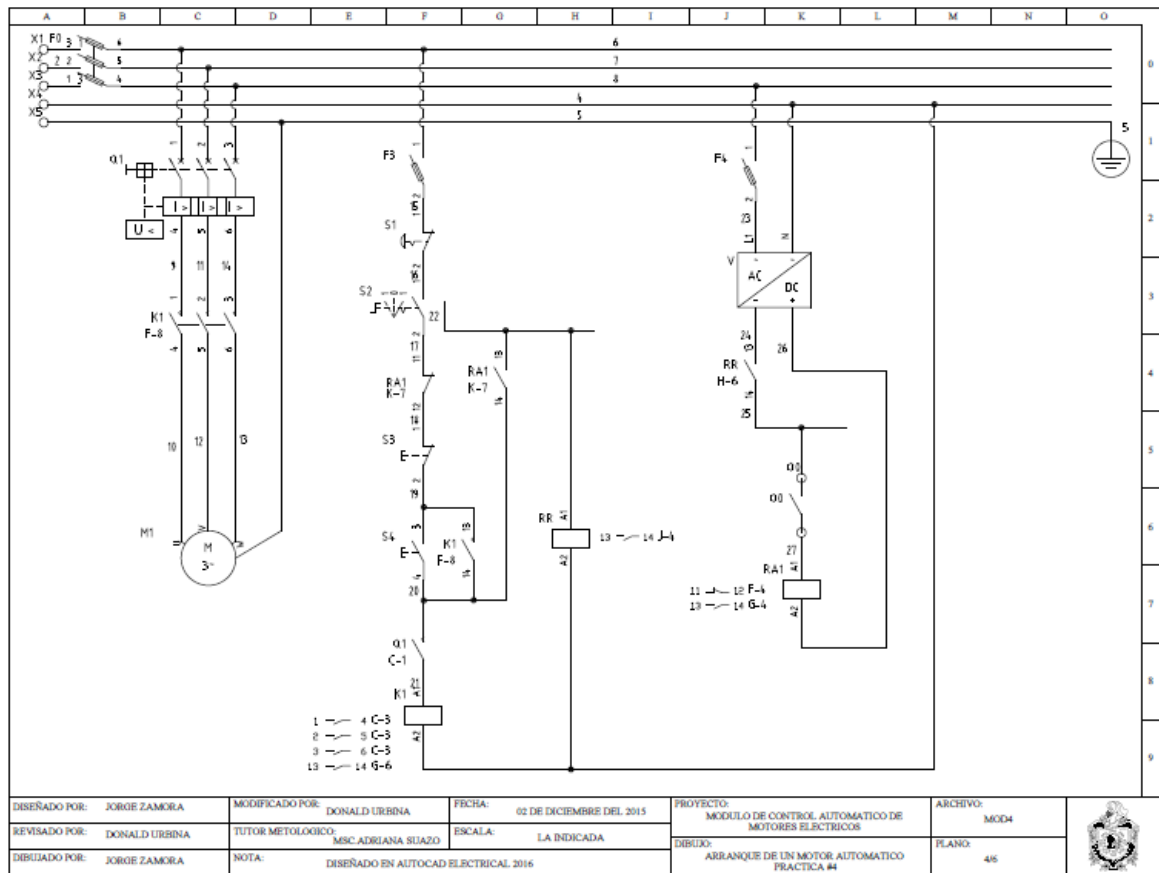


FIGURA #4

Utilizando el plano que se muestra en la figura #4 realizar el montaje de cada uno de los componentes, tener en cuenta que los la simbología que se utiliza esta bajo la norma dim.

La práctica consiste en hacer funcionar un motor utilizando un selector de tres posiciones el cual sirve como punto de separación entre el modo manual y automático, en modo manual el funcionamiento será el siguiente: al pulsar Marcha S2. Al cesar la pulsación seguirá conectado el motor porque está enclavado con un contacto NO del contactor K1, es decir, el contactor está realimentado. Si accionamos el pulsador S1 el motor se parará.

Al seleccionar el modo automático se conmutara un relé 120 vac dando paso al voltaje de control de 24 VDC que alimenta las salidas del PLC, en este momento todavía no está encendido el motor, al momento que se accione el start en el PLC se dará paso al relé de control RA1 que alimenta la bobina del contactor de accionamiento del motor #1.

# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Realiza el montaje del automatismo sobre el tablero del puesto de trabajo y comprueba su correcto funcionamiento.

Como paso previo al montaje deberás identificar cada uno de los elementos que aparecen dispuestos sobre el mencionado tablero de montaje. Se recomienda que para familiarizarte con su funcionamiento realices cuantas pruebas consideres necesarias.

Tener en cuenta cual será la salida digital del PLC utilizara, además de tener un atento cuidado de confundir el voltaje de control de 24 VDC, con el voltaje de 120 VAC.

Para evitar riesgos de descargas eléctricas accidentales, No realizar las conexiones con el módulo energizado, de ser necesario pida ayuda a las personas responsables del laboratorio.

Recuerda que la tensión de alimentación del módulo es de 208VAC de tensión de línea (trifásica), del cual se tendrá que derivar 120 VAC para las líneas de control.

Una vez realizado el montaje, deberá de ser revisado por el profesor su correcto funcionamiento.

## Practica #5

Arranque de un motor, con un motor de respaldo con opción a seleccionar modo automático o manual.

Esta práctica consiste en el armado de un circuito para que solamente pueda funcionar el motor #1 o el motor #2, cualquiera de los dos de manera aleatoria pero nunca los dos al mismo tiempo, para que esto se cumpla se utilizan los contactos auxiliares del contactor.

Lo importante de este diseño que se utiliza el PLC como equipo de accionamiento en forma automática, queda a creatividad del estudiante realizar una programación que logre controlar el start/stop desde el PLC que controlara el arranque de los motores, el estudiante podrá hacer uso de todo su conocimiento para crear temporizaciones, auto-arranque, etc. en el PLC. Esto pondrá a prueba la creatividad y la rápida respuesta para dar soluciones a problemas reales.



# Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

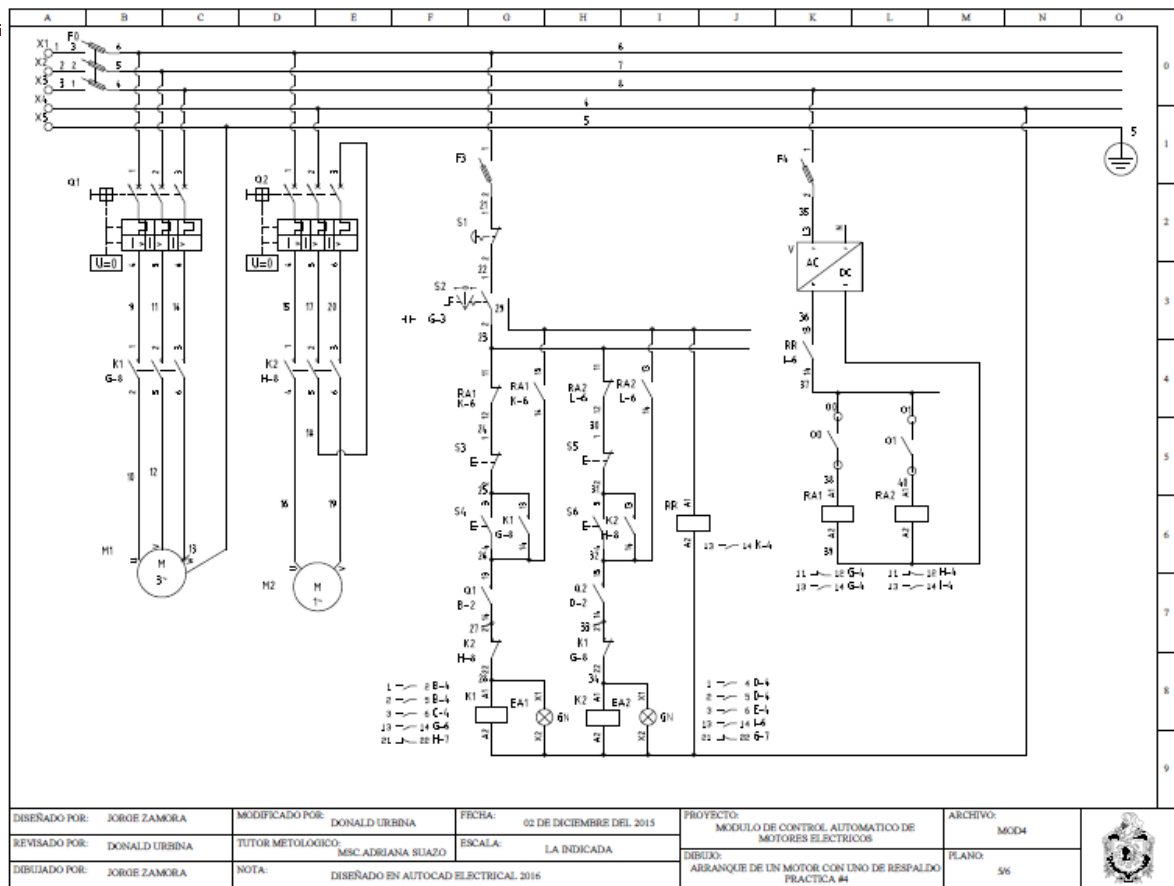


FIGURA #5

Utilizando el plano que se muestra en la figura #5 realizar el montaje de cada uno de los componentes, tener en cuenta que los la simbología que se utiliza esta bajo la norma dim.

Lo que se propone en esta práctica es el diseño de un automatismo que realice el enclavamiento de un motor asíncrono trifásico, y motor asíncrono monofásico, con dos pulsadores que permitirán elegir cuál de los motores iniciara a trabajar, con la salvedad que el motor que está en stand by (apagado) no se podrá accionar aunque se pulse el start del pulsador del motor que este apagado.

El automatismo también estará dotado de dos lámparas piloto que indicarán el motor que está en uso y de dos lámparas pilotos de aviso de avería, una para cada motor (excesiva corriente por los devanados del motor).

Al seleccionar el modo automático se conmutara un relé 120 vac dando paso al voltaje de control de 24 VDC que alimenta las salidas del PLC, en este momento todavía no está encendido el motor, al momento que se accione el start en el PLC se dará paso al relé de control RA1 que alimenta la bobina del contactor de accionamiento del motor #1.

## Módulo de control automático de eléctricos para la enseñanza y el aprendizaje

---

Realiza el montaje del automatismo sobre el tablero del puesto de trabajo y comprueba su correcto funcionamiento.

Como paso previo al montaje deberás identificar cada uno de los elementos que aparecen dispuestos sobre el mencionado tablero de montaje. Se recomienda que para familiarizarte con su funcionamiento realices cuantas pruebas consideres necesarias.

Tener en cuenta cual será la salida digital del PLC utilizara, además de tener un atento cuidado de confundir el voltaje de control de 24 VDC, con el voltaje de 120 VAC.

Para evitar riesgos de descargas eléctricas accidentales, No realizar las conexiones con el módulo energizado, de ser necesario pida ayuda a las personas responsables del laboratorio.

Recuerda que la tensión de alimentación del módulo es de 208VAC de tensión de línea (trifásica), del cual se tendrá que derivar 120 VAC para las líneas de control.

Una vez realizado el montaje, deberá de ser revisado por el profesor su correcto funcionamiento.