



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENADO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA”

AUTORES

Daniel Marcelo Sánchez Albancando
José Diego Vélez Sarmiento

DIRECTOR: Ing. Julio Silva Becherán MSc

GUAYAQUIL - ECUADOR
2018

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **DANIEL MARCELO SÁNCHEZ ALBANCANDO** y **JOSÉ DIEGO VÉLEZ SARMIENTO** autorizamos a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, septiembre, 2018

Firma) _____

Autor: Daniel M. Sánchez Albancando

Cédula: 1803887072

Firma) _____

Autor: José Diego Vélez Sarmiento

Cédula: 0930754445

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **DANIEL MARCELO SÁNCHEZ ALBANCANDO**, con documento de identificación N° **1803887072**, y **JOSÉ DIEGO VÉLEZ SARMIENTO**, con documento de identificación N° **0930754445**, manifestamos nuestra voluntad al ceder a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del trabajo de grado titulado **“SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENADO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la ley de propiedad intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra citada en concordancia, suscrito este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, septiembre, 2018

Firma) _____

Autor: Daniel M. Sánchez Albancando

Cédula: 1803887072

Firma) _____

Autor: José Diego Vélez Sarmiento

Cédula: 0930754445

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
SUSCRITO POR EL TUTOR**

Yo, **JULIO SILVA BECHERAN**, director del proyecto de titulación denominado **“SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENADO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA”** realizado por los estudiantes, **DANIEL MARCELO SÁNCHEZ ALBANCANDO** y **JOSÉ DIEGO VÉLEZ SARMIENTO**, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, septiembre, 2018

f) _____

Ing. Julio Silva Becheran MSc.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a mi familia y amigos, especialmente a mi madre Juanita Albancando, por su apoyo constante durante este proceso de formación profesional y personal.

A mis tíos Susana, Rosa, Marco, Julio y David Albancando, por motivarme cada momento brindándome el aliento para lograr mis metas.

A mi padre, Honorio Sánchez por su ayuda incondicional.

No debo olvidar a Mayra Cristina, mi hermana mayor, también amiga incondicional.

Daniel Marcelo Sánchez Albancando

Este trabajo es dedicado a Dios por darme día a día las fuerzas necesarias para poder cumplir esta y todas las metas que me eh propuesto, a mis padres Sr. José Vélez y Sra. Leonor Sarmiento quienes durante toda mi vida me supieron cuidar, guiar y forjar en mí el deseo de superación.

Es necesario también dedicar este trabajo a mi abuelita Leonor Barrera que desde el cielo sé que me cuida, a mi abuelita Francisca Muñoz que con sus consejos ha sabido guiarme por el camino correcto, por último, a mis dos hermanas y demás familiares que de una a otra forma han estado ahí cuando más lo he necesitado.

Diego Vélez Sarmiento

AGRADECIMIENTOS

Agradezco para empezar a mí mismo, por perseverar en esta meta que me propuse, y aunque a veces pese a los inconvenientes o tropiezos que he tenido pude aprender de cada experiencia, así tanto personal, académica y laboral.

A mi amigo Galo José Pico Zambrano que paz descanse, por su motivación, fuerza y valor para afrontar retos, coraje para enfrentar las injusticias y el amor necesario para superar los golpes de la vida.

Faltaría memoria y tiempo para agradecer a todas las personas que he me han ayudado brindándome su conocimiento durante todo este proceso de formación académica, sin embargo, a todos los guardaré en mis memorias como una especial amistad.

Daniel Marcelo Sánchez Albancando

Agradezco en primer lugar a Dios por darnos la fortaleza necesaria para no decaer en el transcurso de este camino, además de agradecer infinitamente a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana por toda la educación y formación profesional brindada. Es importante agradecer también a nuestro tutor el Ingeniero Julio Silva Becherán por ser un digno guía para la elaboración de este trabajo, a los Ingenieros Otto Astudillo y Gary Ampuño por ser los conductores responsables de la carrera durante todo este proceso.

Diego Vélez Sarmiento

RESUMEN

Este proyecto de titulación tiene como finalidad el diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico para el control de los diferentes tipos de frenados eléctricos de los motores de corriente continua, para lo cual, se empleó un PLC SIMATIC S7 1200 de la marca SIEMENS, con sus entradas y salidas respectivamente protegidas, un motor de corriente continua de 1/6HP, un banco de contactores para el control del frenado y un banco de resistencias variables conectadas en serie con los devanados del motor para disipar la energía del mismo, todos, con sus respectivas fuentes de alimentación y protección. La interacción de estos equipos con el módulo didáctico se realizó con el computador mediante el lenguaje de programación en bloques o esquemas de contactos que nos brinda el software TIA PORTAL V13 de SIEMENS al diseño de una interfaz de simulación que nos brinda la plataforma de la National Instruments LabView2017, que maneja un lenguaje y un entorno de programación gráfico acoplando sus variables a través del OPC SERVER.

Se elaboró las prácticas experimentales para la simulación y automatización de los diferentes métodos de frenado eléctrico de los motores de corriente continua, donde se vinculan los conocimientos teóricos adquiridos con lo experimental. Implementando de esta manera las prácticas en la materia de automatización.

Palabras clave: motores de corriente continua, frenado de motores de corriente continua, compuesto, shunt, derivación, excitación independiente, freno por inversión de giro, freno regenerativo, freno dinámico.

ABSTRACT

The objective of this titling project is the design, construction and implementation of a didactic module for the control of the different types of electric braking of DC motors, for whatever purpose, a SIMATIC S7 1200 PLC of the SIEMENS brand is used. , with its inputs and outputs protected, a DC motor of 1/6HP, a bank of contactors for braking control and a bank of variable resistors connected in series with the motor windings to dissipate the power of the same, all, with their respective sources of food and protection. The interaction of these teams with the didactic module was made with the programming language in blocks or contact diagrams provided by the TIA PORTAL V13 software from SIEMENS to the design of a simulation interface that gives us the platform of the National Instruments LabView2017, that handles a language and a graphic programming environment by coupling its variables through the OPC SERVER.

Experimental practices for the simulation and automation of the different methods of electric braking of DC motors were elaborated, where the acquired knowledge is linked with the experimental. Implementing in this way the practices in the matter of automation.

Keywords: continuous current engines, braking of continuous current motors, compound, shunt, independent excitation, brake for investment of turn, regenerative brake, dynamic brake.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	2
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	3
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	4
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR.....	5
DEDICATORIAS.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	18
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	19
ABREVIATURAS.....	20
SIMBOLOGÍA.....	21
INTRODUCCIÓN.....	22
CAPÍTULO 1.....	23
EL PROBLEMA.....	23
1.1 Descripción del Problema.....	23
1.2 Importancia y Alcances.....	23
1.3 Delimitación.....	24
1.4 Objetivos.....	24
1.5 Marco Metodológico.....	25

CAPITULO 2	26
MARCO TEÓRICO.....	26
2.1 Principio de funcionamiento de la Maquina DC.....	26
2.2 Motores de corriente continua.....	30
2.3 Clasificación de los Motores de Corriente Continua.	34
2.4 Control de velocidad en motores de corriente continua.....	39
2.5 Frenado de motores de corriente continua	42
CAPITULO 3	46
MATERIALES Y METODOS	46
3.1 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS	46
3.2 METODOS	53
CÁPITULO 4.....	69
PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN.....	69
PRÁCTICA # 1.....	69
4.1 PRÁCTICA # 1.....	69
PRÁCTICA # 2.....	98
4.2 PRÁCTICA # 2.....	98
PRÁCTICA # 3.....	115
4.3 PRÁCTICA # 3.....	115
CAPITÚLO 5.....	133
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES.....	133
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	134
ANEXOS	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Máquina de corriente continua [1].....	26
Figura 2 Despiece de una máquina de corriente continua [2].....	27
Figura 3: Inductor (estator) y sus partes [2].....	28
Figura 4: Rotor (inducido) y sus partes [2].	29
Figura 5: Inducido de una máquina de corriente continua [2].	30
Figura 6: Circuito equivalente de un motor de corriente continua [3].....	31
Figura 7: Curva de magnetización de un material ferromagnético (ϕ vs F) [3].....	32
Figura 8: Curva de magnetización de una máquina de corriente continua (EA vs. IF) [3].	33
Figura 9: Circuito equivalente motor con excitación separada o independiente.	35
Figura 10: Circuito equivalente motor en derivación shunt o paralelo.....	36
Figura 11: Circuito equivalente del motor serie.....	38
Figura 12: Circuito equivalente de un motor compuesto.....	39
Figura 13: Esquema básico control de velocidad por campo o inducido.....	41
Figura 14: Control de la resistencia de inducido serie y shunt.	41
Figura 15: Controlador para la inversión automática de giro motor derivación (shunt) DC.	43
Figura 16: Frenado dinámico de un motor derivación (shunt) irreversible.....	44
Figura 17: Freno regenerativo de un motor derivación (shunt) irreversible.	45
Figura 18: PLC SIEMENS CPU 1214C DC/DC/DC y módulo SIGNAL BOARD SB 1224	46
Figura 19: Fuente de alimentación 24VDC.....	47
Figura 20: Relé industrial de interfaz de 8 pines.....	48
Figura 21: Bornero porta fusibles.....	48
Figura 22: Borneros de Conexión.....	49
Figura 23: Borneros del panel frontal.	50
Figura 24: Voltímetro 0-30VDC.....	50
Figura 25: Fuentes variables DC.....	51
Figura 26: Selectores de posición.	51
Figura 27: Diagrama Eléctrico de conexiones.....	54

Figura 28: Estructura del maletín, diseño de AutoCAD.	55
Figura 29: Módulo didáctico, puerta interior troquelada	55
Figura 30: Panel frontal, Diseño en AutoCAD	57
Figura 31: Construcción de los borneros porta fusibles.....	58
Figura 32: Disposición de elementos sobre el plafón, diseño en AutoCAD.....	59
Figura 33: Sistema de ventilación del maletín	60
Figura 34: Montaje de elementos en el plafón	61
Figura 35: Diodo rectificador en la base del relé de interfaz	61
Figura 36: Montaje de elementos en el panel.....	62
Figura 37: Terminales usados para el cableado	63
Figura 38: Elaboración del cableado.....	64
Figura 39: Cableado del panel y plafón	64
Figura 40: Esquema fuente regulable 0-10VDC.....	65
Figura 41: Fuentes regulables VDC	65
Figura 42: Pernos de sujeción del visor en el panel frontal	66
Figura 43: Instalación de esquineros en el maletín	66
Figura 44: Arquitectura de comunicación del sistema.	67
Figura 45: Diagrama de composición del Autómata.....	68
Figura 46: Circuito de Fuerza, frenado por inversión de giro Motor DC.	70
Figura 47: Circuito de Control y Mando, Frenado por inversión de giro Motor DC.....	70
Figura 48: Icono para acceso directo del programa TIA Portal V13	71
Figura 49: Ventana de inicio del programa TIA Portal V13.....	71
Figura 50: Ventana para crear programa en TIA Portal V13.....	72
Figura 51: Ventana de inicio para configurar dispositivo en TIA Portal V13	72
Figura 52: Ventana de inicio para agregar dispositivo en TIA Portal V13.....	73
Figura 53: Ventana de asignación de Signal Board en TIA Portal V13	74
Figura 54: Ventana de configuración de Marca de ciclo en TIA Portal V13	74
Figura 55: Ventana de Variables PLC de programa en TIA Portal V13	75
Figura 56: Ventana de trabajo de bloques de programa en TIA Portal V13.....	75
Figura 57: Segmento de programación 1.	76
Figura 58: Segmento de programación 2.	77

Figura 59: Segmento de programación 3.	77
Figura 60: Segmento de programación 4.	78
Figura 61: Selección de Timer TON en TIA Portal V13	78
Figura 62: Segmento de programación 5.	79
Figura 63: Segmento de programación 6.	79
Figura 64: Compilación del programa en TIA Portal V13	80
Figura 65: Ventana para cargar en dispositivo en TIA Portal V13.....	80
Figura 66: Icono para acceso directo del Administrador del OPC Servers.....	81
Figura 67: Ventana de inicio del Administrador del OPC Servers.	81
Figura 68: Resumen de la configuración del dispositivo en el OPC Servers.....	82
Figura 69: Ventana de selección de dispositivo en el OPC Servers.	83
Figura 70: Dirección IP del dispositivo dentro del programa TIA Portal V13.....	83
Figura 71: Configuración de la dirección IP del dispositivo en el OPC Servers.	84
Figura 72: Resumen de la configuración del dispositivo en el OPC Servers.....	84
Figura 73: Configuración de las etiquetas de las variables en el OPC Servers.	85
Figura 74: Ventana cliente rápido Quick Client en el OPC Servers.	86
Figura 75: Icono para acceso directo del NI LabVIEW 2017.....	86
Figura 76: Ventana de Bienvenida del NI LabVIEW 2017.	86
Figura 77: Selección de Ventana Control on Untitled del NI LabVIEW 2017.	87
Figura 78: Selección de controles en Ventana Control del NI LabVIEW 2017.	88
Figura 79: Selección de Indicador Luminoso en Ventana Control.	88
Figura 80: Selección de tipo de símbolo del Indicador luminoso.	89
Figura 81: Selección de personalización de símbolo del Indicador luminoso.	89
Figura 82: Selección de Pulsador en Ventana de Control.....	90
Figura 83: Selección de personalización de Pulsador.....	91
Figura 84: Selección de personalización de Aspas del Motor.	91
Figura 85: Selección de personalización de Contacto abierto-cerrado.	92
Figura 86: Creación del VI (Panel Frontal y Diagrama de Bloques).....	92
Figura 87: Selección de elementos guardados dentro del Panel Frontal.....	93
Figura 88: Selección de Cuadro de Texto en el Panel Frontal.....	93
Figura 89: Ventana del Panel Frontal final en LabVIEW.....	94

Figura 90: Selección de Estructura While Loop en Block Diagram.....	95
Figura 91: Selección de Estructura While Loop en Block Diagram.....	95
Figura 92: Configuración de Lógica secuencial en Cuadros de Estructuras.....	96
Figura 93: Ventana de Diagrama de bloques final en LabVIEW.	97
Figura 94: Circuito de Fuerza frenado dinámico Motor DC.....	99
Figura 95: Circuito de Control y mando frenado dinámico Motor DC.....	99
Figura 96: Ventana para crear programa en TIA Portal V13.....	100
Figura 97: Ventana de inicio para agregar dispositivo en TIA Portal V13.....	101
Figura 98: Ventana de asignación de Signal Board en TIA Portal V13	101
Figura 99: Ventana de configuración de Marca de ciclo en TIA Portal V13	102
Figura 100: Ventana de Variables PLC de programa en TIA Portal V13	103
Figura 101: Segmento de programación 1.	104
Figura 102: Segmento de programación 2.	104
Figura 103: Segmento de programación 3.	105
Figura 104: Segmento de programación 4.	105
Figura 105: Segmento de programación 5.	106
Figura 106: Compilación del programa en TIA Portal V13	106
Figura 107: Ventana para cargar en dispositivo en TIA Portal V13.....	107
Figura 108: Resumen del dispositivo en el OPC Servers.	107
Figura 109: Resumen configuración del dispositivo en el OPC Servers.	108
Figura 110: Configuración de las etiquetas de las variables en el OPC Servers.....	108
Figura 111: Ventana cliente rápido Quick Client en el OPC Servers.	109
Figura 112: Ventana de Bienvenida del NI LabVIEW 2017.	109
Figura 113: Creación de elementos para diseño Panel Frontal.	110
Figura 114: Selección de controles en Ventana Control del NI LabVIEW 2017.	110
Figura 115: Selección de personalización de símbolo del Indicador luminoso.	111
Figura 116: Selección de personalización de Pulsador.	111
Figura 117: Creación del VI (Panel Frontal y Diagrama de Bloques).	112
Figura 118: Selección de elementos dentro del Panel Frontal.	112
Figura 119: Ventana del Panel Frontal final en LabVIEW.....	113
Figura 120: Configuración de Lógica secuencial en Cuadros de Estructuras.....	114

Figura 121: Ventana de Diagrama de bloques final en LabVIEW.	114
Figura 122: Circuito de Fuerza frenado regenerativo Motor DC.....	116
Figura 123: Circuito de Control y mando frenado regenerativo Motor DC.	116
Figura 124: Ventana para crear programa en TIA Portal V13.....	117
Figura 125: Ventana de inicio para agregar dispositivo en TIA Portal V13.....	118
Figura 126: Ventana de asignación de Signal Board en TIA Portal V13	118
Figura 127: Ventana de configuración de Marca de ciclo en TIA Portal V13	119
Figura 128: Ventana de Variables PLC de programa en TIA Portal V13	120
Figura 129: Segmento de programación 1.	120
Figura 130: Segmento de programación 2.	121
Figura 131: Segmento de programación 3.	121
Figura 132: Segmento de programación 4.	122
Figura 133: Segmento de programación 5.	122
Figura 134: Compilación del programa en TIA Portal V13	123
Figura 135: Ventana para cargar en dispositivo en TIA Portal V13.....	123
Figura 136: Creación de nuevo canal en el OPC Servers.	124
Figura 137: Resumen del dispositivo en el OPC Servers.	124
Figura 138: Resumen configuración del dispositivo en el OPC Servers.	125
Figura 139: Configuración de las etiquetas de las variables en el OPC Servers.....	126
Figura 140: Ventana cliente rápido Quick Client en el OPC Servers.	126
Figura 141: Ventana de Bienvenida del NI LabVIEW 2017.	127
Figura 142: Creación de elementos para diseño Panel Frontal.	128
Figura 143: Selección de controles en Ventana Control del NI LabVIEW 2017.	128
Figura 144: Selección de personalización de Indicador luminoso.....	129
Figura 145: Selección de personalización de Pulsador.....	129
Figura 146: Selección de personalización de Aspas Motor.	130
Figura 147: Selección de elementos dentro del Panel Frontal dentro del VI.....	130
Figura 148: Ventana del Panel Frontal final en LabVIEW.....	131
Figura 149: Configuración de Lógica secuencial en Cuadros de Estructuras.....	132
Figura 150: Ventana de Diagrama de bloques final en LabVIEW.	132
Figura 151: Portada esquema eléctrico módulo didáctico.	137

Figura 152: Índice general en esquema eléctrico de módulo didáctico.	138
Figura 153: Simbología general en esquema eléctrico de módulo didáctico.....	139
Figura 154: Esquema de Fuente principal AC/DC.	140
Figura 155: Esquema Autómata Programable S7 1200 SIEMENS.....	141
Figura 156: Salidas analógicas y digitales Autómata Programable.....	142
Figura 157: Salidas Digitales del Autómata Programable.	143
Figura 158: Panel de alimentación de control 24/10 VDC.	144
Figura 159: Entradas analógicas y digitales del Autómata Programable.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Listado de elementos sobre el plafón.....	59
Tabla 2: Tabla de valores variables de Resistencia para frenado Regenerativo motores DC.	136
Tabla 3. Tabla de valores variables de Resistencia para frenado Dinámico motores DC.	136

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Voltaje interno generado en el inducido.	31
Ecuación 2: Par inducido de la máquina DC	31
Ecuación 3: Tensión en el inducido, máquina independiente	34
Ecuación 4: Tensión en el Inductor, máquina independiente	34
Ecuación 5: Tensión en el inducido, máquina en derivación.....	36
Ecuación 6: Tensión en el inductor, máquina en derivación	36
Ecuación 7: Voltaje en los terminales de la Máquina Serie.....	37
Ecuación 8: Corriente circulante en la Máquina Serie.....	37
Ecuación 9: Ecuación Fundamental de la velocidad.....	39

ABREVIATURAS

AC	Analog Current (corriente alterna)
DC	Direct Current (corriente directa)
NC	Normally Closed – (normalmente cerrado)
NO	Normally Open – (normalmente abierto)
PLC	Controlador Lógico Programable
SB	Módulo de señal SIEMENS Signal Board
VDC	Voltaje Corriente Directa
k	kilo.

SIMBOLOGÍA

τ	Par inducido (torque)	[N.m]
ω	Velocidad angular	[Rad/seg.]
ϕ	Flujo Electromagnético	[Wb]
E_A	Tensión de inducido	[V]
K	Constante de fabricación de la máquina DC	[adimensional]
U	Tensión de Alimentación	[V]
V_n	Tensión en terminales de la máquina	[V]
Ω	Resistencia	[ohm]

INTRODUCCIÓN

En un principio no se conocía las ventajas que la corriente alterna contenía, por lo que la transmisión y distribución de energía en los primeros sistemas eléctricos utilizados fue en corriente continua.

Los avances tecnológicos de la mano con la electrónica, han hecho posible que el empleo de los motores de corriente continua disminuya en un gran porcentaje, ya que el uso de los motores de corriente alterna logra tener un control similar, a pesar de esto, el manejo de los motores de corriente continua es aceptable cuando se opta por aplicaciones relacionadas al control de la velocidad, torque elevado, un par constante, cuando se necesiten frenadas por inversión o dinámicas, además de sistemas enlazados con la automatización y el control de procesos.

Los métodos que permiten el control de velocidad en los motores de corriente continua se han ido desarrollando, aplicando técnicas de control no lineal, los más comunes son el control de velocidad mediante la variación de la alimentación de los devanados de campo y armadura del motor, adicionalmente se pueden utilizar reóstatos variables que disipen el arranque y frenado de la máquina.

Para este proyecto de titulación se realizó el diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico, que será útil para realizar prácticas en la materia de automatización, éste ayudará a simular los diferentes tipos de frenado eléctrico que se pueden aplicar a los motores de corriente continua, desarrollando los alcances, limitaciones, el funcionamiento, el diseño, la construcción, equipos utilizados, los métodos empleados para el montaje del módulo didáctico y la elaboración de las prácticas de laboratorio.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

Los métodos prácticos de aprendizaje empleados en las carreras de ingeniería eléctrica-electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana; donde el estudiante desarrolla sus habilidades y destrezas que les permiten establecer sus criterios de ingeniería, donde los conceptos teóricos pueden ser comprobados y entendidos de tal manera que se puedan abarcar diferentes áreas dentro de la carrera.

El incremento de carreras técnicas y a su vez de estudiantes que ingresan a la Universidad, implican la falta de métodos y medios de aprendizaje que contribuyen a su desarrollo integral, específicamente las materias relacionadas con automatización industrial. Éstas no disponen de materiales didácticos suficientes para el desarrollo teórico-práctico.

Por tal motivo se ha optado implementar módulos didácticos en forma de maletas de prueba para tener que ocupar el mínimo espacio posible además de su fácil traslado. Se demostrará a través de la implementación del diseño de la maleta de prueba la simulación y automatización de los sistemas de frenado para motores de corriente continua.

1.2 Importancia y Alcances

Este trabajo complementará los conocimientos respecto a la materia de Automatización de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil ya que de este módulo se podrá utilizar para diferentes tipos de prácticas interconectándose con los equipos ya existentes en los laboratorios.

1.3 Delimitación

La ejecución de este trabajo corresponde a la simulación y automatización de los sistemas de frenado de motores de corriente continua a través de un módulo didáctico para pruebas a ser realizados en los laboratorios de la Universidad utilizando todas las herramientas y materiales disponibles los cuales serán necesarios durante el proceso experimental, cumpliendo de forma satisfactoria el objetivo principal de este proyecto.

Se tiene una estimación del tiempo previsto para desarrollar el proyecto que se encuentra desglosado desde el mes de abril hasta el mes de agosto del 2017, en el cual se espera cubrir en su totalidad la elaboración del proyecto técnico.

Nuestro proyecto esta enlazado con el banco de pruebas para máquinas de corriente continua que se encuentra en el laboratorio de máquinas eléctricas por lo cual se desarrollara diversas prácticas para dar el cumplimiento de la misión del proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el diseño e implementación de un módulo didáctico de pruebas para la automatización de los sistemas de frenado de motores de corriente continua mediante la configuración de un Controlador Lógico Programable.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar el diseño estructural y eléctrico del módulo didáctico para su respectiva fabricación.
- b) Implementar con el módulo, la automatización de los sistemas de frenado eléctrico de los motores de corriente continua.

- c) Demostrar que el módulo es adecuado para fines didácticos en la materia de automatización.

1.5 Marco Metodológico

1.5.1 Métodos

Para el desarrollo de este proyecto técnico, se resolvió por varios métodos:

Método Inductivo-Deductivo: Debido a la necesidad de fortalecer los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, se propuso la construcción de un módulo didáctico, éste es capaz de interactuar con los módulos que ya se encuentran operativos en los laboratorios de la Universidad Salesiana, con el fin de abarcar la mayor cantidad de aplicaciones en la materia de automatización

Método Analítico: Por medio de la investigación, Buscando la solución óptima en cuanto a versatilidad y funcionalidad, se eligió el PLC a utilizar, la disposición de los elementos que formarán parte del módulo didáctico y el tamaño que ocupará el equipo.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Principio de funcionamiento de la Máquina DC.

La máquina de corriente continua se utiliza para generar una tensión constante cuando funciona como generador y para producir par mecánico (torque) cuando funciona como motor. [1] La mayoría de las máquinas de DC son semejantes a las máquinas de CA en el sentido de que tienen voltajes y corrientes de CA dentro de ellas; las máquinas de DC cuentan con una salida de DC simplemente porque hay un mecanismo que convierte los voltajes internos de CA en voltajes de DC en sus terminales.

El principio de funcionamiento como generador se basa en la Ley general de la inducción electromagnética. La máquina tiene básicamente dos arrollamientos, uno ubicado en el estator cuya función es crear un campo magnético por lo que se le denomina inductor. El otro arrollamiento está ubicado en el rotor y se denomina inducido o armadura. [1]

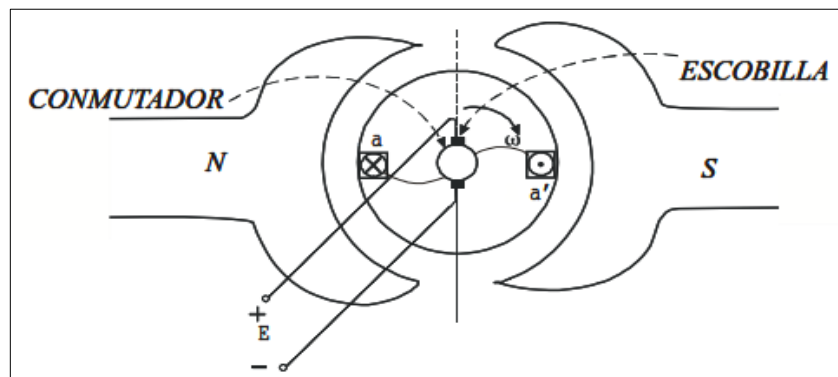


Figura 1: Máquina de corriente continua [1]

Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el campo magnético, que es el electroimán con sus bobinas, y la armadura, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el caso del motor.

La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan en bobinas los cables conductores. [2]

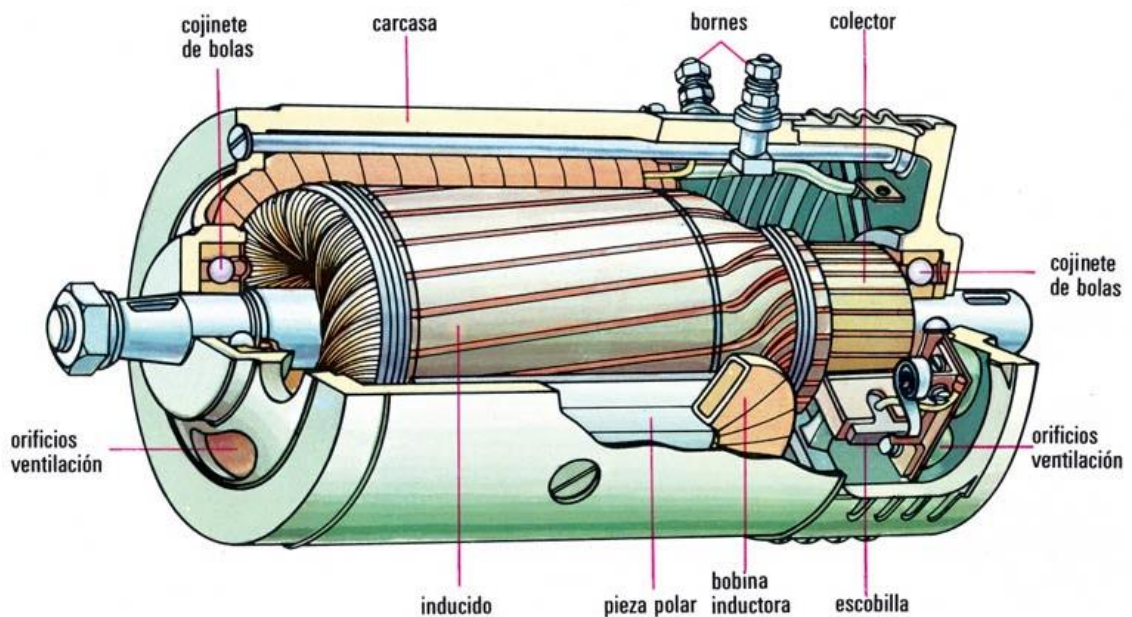


Figura 2 Despiece de una máquina de corriente continua [2].

2.1.1 Partes principales de la Máquina Corriente Continua.

Un generador DC es una máquina eléctrica que produce energía eléctrica en forma de corriente continua aprovechando el fenómeno de inducción electromagnética. Los motores son máquinas rotativas que transforman la energía eléctrica en mecánica. Para ello están dotadas de un armazón fijo (estator) encargado de crear el campo magnético en cuyo interior gira un cilindro (rotor) donde se crearán las fuerzas electromotrices inducidas. [2]

Estator (Inductor): Es aquel que consta de un electroimán encargado de crear el campo magnético fijo conocido por el nombre de inductor. Está formado por una corona de material ferromagnético denominada culata o yugo interior, regularmente distribuidos y

en número par, van dispuestos unos salientes radiales con una expansión en su extremo, denominados polos, sujetos por tornillos a la culata. Rodeando los polos, se hallan unas bobinas de hilo, o pletina de cobre aislado encargados de crear el campo magnético inductor de la máquina, el cual presentara alternativamente polaridades norte y sur. [2]

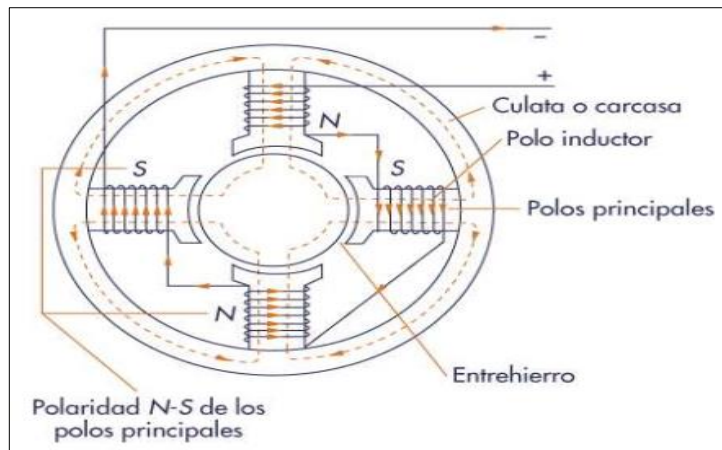


Figura 3: Inductor (estator) y sus partes [2].

Rotor (Inducido): Es un cilindro donde se enrollan bobinas de cobre, que se hace girar a una cierta velocidad cortando el flujo inductor y que se conoce como inducido. Formando por una columna de material ferromagnético, a base de chapas de hierro, aisladas unas de las otras por una capa de barniz o de óxido. La corona de chapa magnética presenta en su superficie externa un ranurado donde se aloja el devanado inducido de la máquina. Este devanado está constituido por bobinas de hilo de platinas de cobre convenientemente aislados, cerrado sobre sí mismo al conectar el final de la última bobina con el principio de la primera. [2]

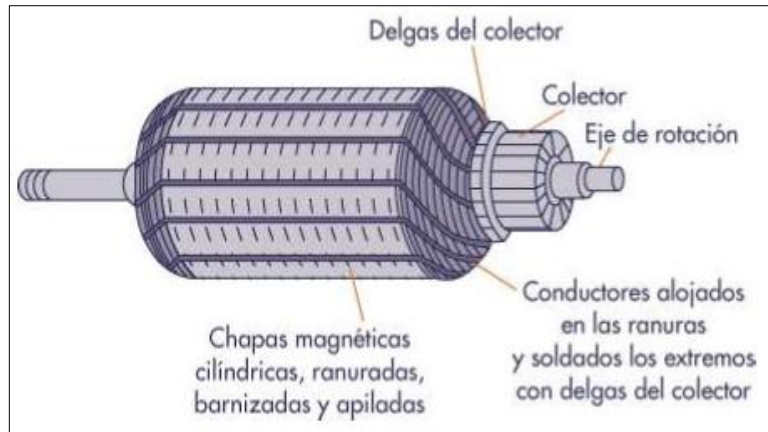


Figura 4: Rotor (inducido) y sus partes [2].

Colector y Escobillas: El rotor o inducido suele tener muchas más espiras y el anillo colector está dividido en un mayor número de partes o delgas, aisladas entre sí, el colector está constituido esencialmente por piezas planas de cobre duro de sección trapezoidal, llamadas “delgas”, separadas y aisladas unas de otras por delgadas láminas de mica, formando por un tubo cilíndrico aprisionado fuertemente. El colector tiene tantas delgas como bobinas posee el devanado inducido de la máquina. El mayor desgaste puede ocasionarse por el modo de uso de la velocidad y la aceleración. Las pérdidas por las escobillas son muy comunes, ya que los carbones que hacen contacto directamente con la armadura se van desgastando por la fricción que genera el giro de la armadura.

Las escobillas son de grafito o carbón puro montado sobre porta-escobillas que mediante un resorte aseguran un buen contacto que establecerán el enlace eléctrico entre las delgas, el colector y el circuito de corriente continua exterior. [3]

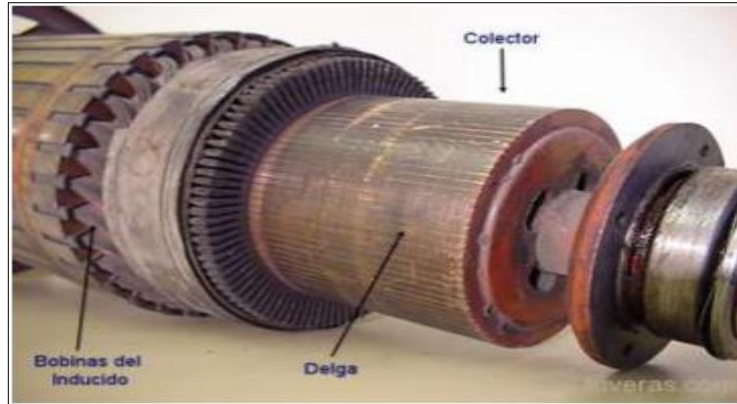


Figura 5: Inducido de una máquina de corriente continua [2].

2.2 Motores de corriente continua.

Un motor de corriente continua está conectado a una red de donde consume energía eléctrica para transformarla en energía mecánica, la cual origina un par motor que lo hace girar. [4]

Los motores de corriente continua presentan el inconveniente de ser más complejos que los de corriente alterna y de que solo pueden ser alimentados a través de equipos rectificadores. En contrapartida, poseen un par de arranque elevado, y su velocidad se puede regular con facilidad entre amplios límites, lo que los hace ideales para aplicaciones donde sea importante el control y la regulación.

Los motores de DC son, por supuesto accionados desde una fuente de potencia de DC a menos que se especifique lo contrario, se supone que el voltaje de entrada de un motor de DC es constante, porque esto simplifica el análisis de los motores y la comparación entre diferentes tipos de ellos. [3]

Hay cinco grandes tipos de motores de corriente continua de uso general:

1. Motor de excitación separada.
2. Motor en derivación.
3. Motor de imán permanente.
4. Motor en serie.
5. Motor compuesto.

2.2.1 Circuito Equivalente de un motor de Corriente Continua.

El circuito del inducido se representa por medio de una fuente de voltaje ideal E_A y un resistor R_A . Esta representación es en realidad el equivalente de Thévenin de toda la estructura del rotor, la cual incluye las bobinas, inter-polos y devanados de compensación, si es que estos existen. La caída de voltaje en las escobillas se representa por medio de una pequeña batería V_{escob} . En sentido opuesto a la dirección del flujo de corriente en la máquina. Las bobinas de campo, que producen el campo magnético en el generador, están simbolizadas por medio de un inductor L_F y de un resistor R_F . El resistor independiente $R_{ajus.}$ representa un resistor variable externo utilizado para controlar la cantidad de corriente en el circuito de campo. [3]

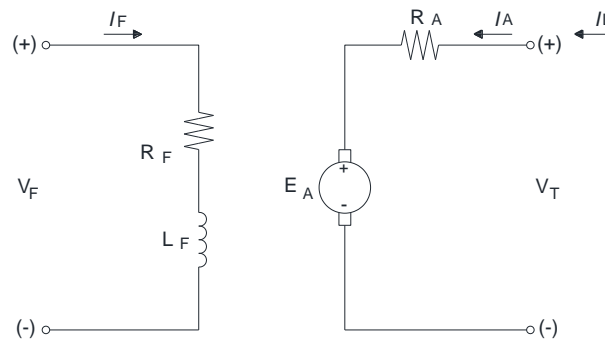


Figura 6: Circuito equivalente de un motor de corriente continua [3].

El voltaje interno que genera esta máquina está dado por la ecuación:

$$E_A = K\phi\omega$$

Ecuación 1: Voltaje interno generado en el inducido.

El par inducido desarrollado por la máquina está dado por la ecuación:

$$\tau_{ind} = K\phi I_A$$

Ecuación 2: Par inducido de la máquina DC

Estas dos ecuaciones, la ecuación de la ley de voltaje de Kirchhoff del circuito del inducido y la curva de magnetización de la máquina, son todas las herramientas necesarias para analizar el comportamiento y desempeño de un motor de corriente continua. [3]

2.2.2 Curva de Magnetización de una Máquina de DC.

El voltaje interno generado E_A en un motor de corriente continua está dado por la Ecuación1: $E_A = K\phi\omega$ Por lo tanto, E_A es directamente proporcional al flujo en la máquina y a la velocidad de rotación de ella.

La corriente de campo en una máquina de corriente continua produce una fuerza magnetomotriz de campo dada por $F = N_F \cdot I_F$.

Esta fuerza magnetomotriz produce un flujo en la máquina de acuerdo con su curva de magnetización. Debido a que la corriente de campo es directamente proporcional a la fuerza magnetomotriz y puesto que E_A también lo es con respecto al flujo, se acostumbra a representar la curva de magnetización como una gráfica de E_A contra la corriente de campo a una velocidad ω_0 [3]

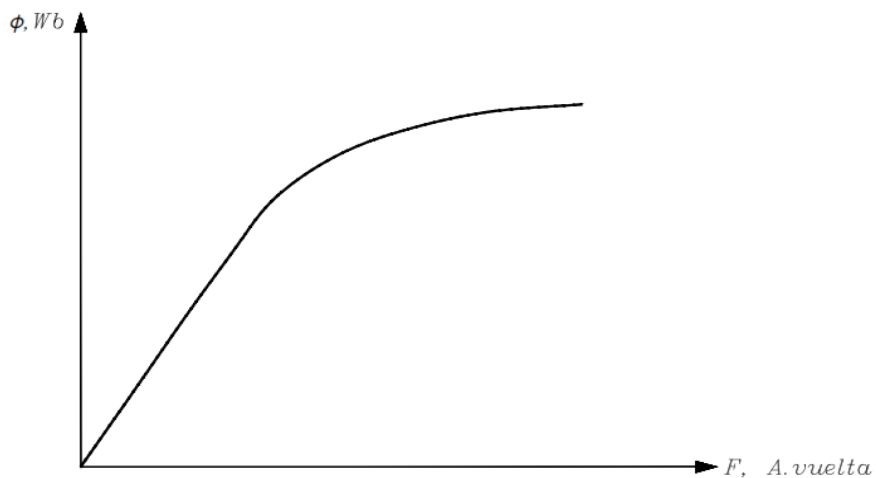


Figura 7: Curva de magnetización de un material ferromagnético (ϕ vs F) [3].

Para obtener la potencia máxima de la máquina, la mayoría de los motores y generadores están diseñados para operar cerca del punto de saturación de la curva de magnetización (en la rodilla de la curva). Esto implica que a menudo se requiere relativamente un gran

incremento de la corriente de campo para obtener un pequeño incremento en E_A cuando se opera casi a plena carga. [3]

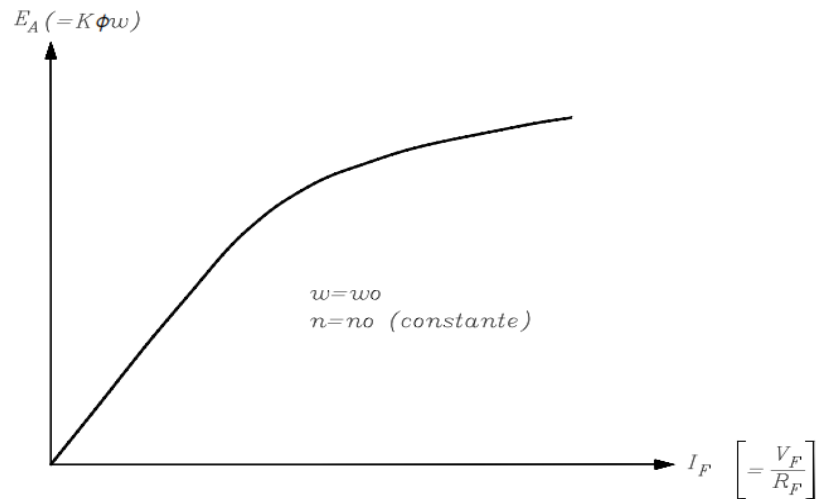


Figura 8: Curva de magnetización de una máquina de corriente continua (E_A vs. I_F) [3].

2.2.3 Ventajas que aportan los motores de Corriente Continua.

Son muchas las ventajas que aportan estos motores a muy diversas aplicaciones, a sus maniobras y de forma especial a la variación de velocidad, como son:

- Operaciones más suaves (arranques, marcha y frenado)
- Control de la aceleración variable.
- Proporcionar velocidad variable.
- Compensación de las variables en procesos también variables.
- Cambios de marcha en función del proceso.
- Ajustarse con relativa facilidad a las necesidades del proceso.
- Permitir posicionamientos de alta precisión.
- Controlar el motor.
- Economizar energía.
- Poderse aplicar a procesos automatizados y con muchas exigencias (par, estabilidad de funcionamiento, amplia gama de velocidad, control de arranque y frenado, etcétera). [5]

2.3 Clasificación de los Motores de Corriente Continua.

Los motores de corriente directa o continua, como también se les llama, presentan la ventaja de tener una gran capacidad para regular su velocidad de rotación, lo cual los hace necesarios en aquellas de aplicaciones en las cuales se precisa un ajuste fino de la velocidad y torque. [6]

En estos motores el estator está formado por polos principales activados por corrientes continuas. Suelen llevar además polos auxiliares y en grandes potencias polos de compensación. El rotor se alimenta con corriente continua a través del colector y las escobillas. Los devanados del estator pueden alimentarse de diferentes formas, dando lugar a motores de características distintas. [6]

2.3.1 Motor de excitación separada o independiente

Un motor de corriente continua de excitación separada es aquel cuyo circuito de campo se alimenta de una fuente de potencia de voltaje constante independiente, es decir, son aquellos que obtienen la alimentación del rotor y del estator de dos fuentes de tensión independientes o sea el devanado de excitación se conecta a una fuente de tensión diferente a la aplicada al inducido con ello, el campo del estator es constante al no depender de la carga del motor, y el par de fuerza es entonces prácticamente constante. Las variaciones de velocidad al aumentar la carga se deberán sólo a la disminución de la fuerza electromotriz por aumentar la caída de tensión en el rotor. Sus características de funcionamiento son parecidas a las del motor derivación, pero, la separación de la excitación aporta mayores ventajas para la regulación de velocidad. Dados los valores de voltaje por las siguientes ecuaciones:

$$V_T = E_A + (R_A * I_A) + V_{esc}.$$

Ecuación 3: Tensión en el inducido, máquina independiente

$$V_F = R_F \cdot I_F$$

Ecuación 4: Tensión en el Inductor, máquina independiente

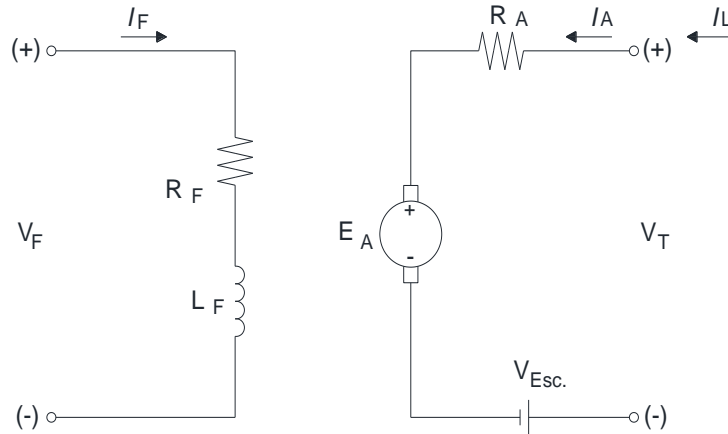


Figura 9: Circuito equivalente motor con excitación separada o independiente.

El motor de excitación independiente es el más adecuado para cualquier tipo de regulación, por la independencia entre el control por el inductor y el control por el inducido. El sistema de excitación más fácil de entender es el que supone una fuente exterior de alimentación para el arrollamiento inductor. En general, en las máquinas auto excitadas debe existir magnetismo remanente en el campo. En las máquinas de excitación separada, el devanado de campo es usualmente de un gran número de espiras y conductor delgado, por lo que se precisa una pequeña corriente de excitación para su operación. Una corriente pequeña controla una mayor. Sus curvas características tienen similar comportamiento a las del motor shunt. [7]

2.3.2 Motor en derivación (SHUNT).

El motor en derivación tiene su bobinado principal de excitación con muchas espiras de poca sección, y está conectado en derivación con el bobinado inducido. La resistencia del bobinado inductor suele ser elevada. El flujo es constante si el campo es constante. Se trata de un motor bastante estable, aunque varíe el par resistente. Podría embalarse si accidentalmente se cortara el circuito de excitación. Al proporcionar una velocidad bastante estable, es apropiado para el accionamiento de máquinas herramientas. No precisan una tensión continua, cuando el arranque y la regulación se hacen por medio de reóstato o equipo especial. [5]

La excitación se conecta en paralelo con el inducido. Si existen devanados de polos auxiliares, se colocan en serie con el inducido. La intensidad total absorbida de la red por el motor se divide en dos, una que alimenta la excitación y otra que pasa por el inducido. Los devanados: inducido e inductor están conectados en paralelo y alimentados por una fuente común. También se denominan máquinas shunt, y en ellas un aumento de la tensión en el inducido hace aumentar la velocidad de la máquina.

En el devanado del inducido se tiene:

$$V_T = E_A + I_A \cdot (R_A) + (R_F) \cdot I_F + V_{esc}$$

Ecuación 5: Tensión en el inducido, máquina en derivación

En el devanado del inductor se tiene:

$$V_T = R_F \cdot I_F$$

Ecuación 6: Tensión en el inductor, máquina en derivación

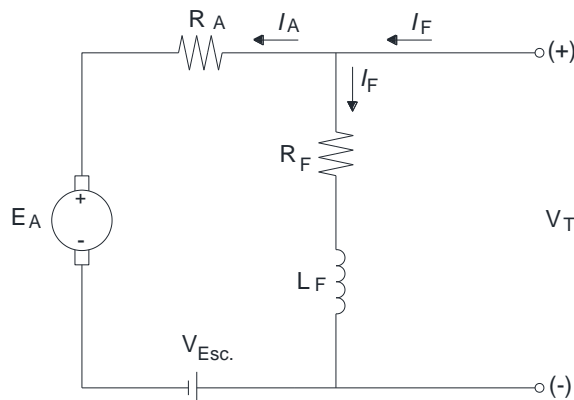


Figura 10: Circuito equivalente motor en derivación shunt o paralelo

2.3.3 Motor Serie.

Se designa así al motor de corriente continua cuya bobina de campo (inductor) está conectada en serie con la bobina de armadura (inducido). Al igual que en los generadores

serie, las bobinas de campo son construidas de pocas espiras y con conductor de gran sección. [7]

Este motor se caracteriza por su par de arranque elevado, ya que el par de esta máquina es directamente proporcional a la corriente de armadura al cuadrado. El problema que tiene esta máquina es que, si se deja en vacío en condiciones nominales, presenta el peligro de embalsarse debido al reducido valor del flujo de campo que depende de la corriente de campo. [7]

Recordando que la corriente de campo es igual que la corriente de armadura por estar conectados en serie, como la máquina se encuentra en vacío la corriente de armadura es prácticamente cero. En consecuencia, la velocidad del motor depende totalmente de la corriente de campo, por lo tanto, la velocidad es baja cuando la carga es pesada y alta con cargas ligeras. Las ecuaciones de la máquina son:

$$V_T = E_A + (R_A + R_S) \cdot I_A$$

Ecuación 7: Voltaje en los terminales de la Máquina Serie

$$I_A = I_S = I_L$$

Ecuación 8: Corriente circulante en la Máquina Serie

en donde V_T es el voltaje en las terminales, E_A es el voltaje de armadura, R_A y R_S son las resistencias de armadura y serie, respectivamente, e I_A e I_S son las corrientes de armadura y serie.

El voltaje en las terminales de la armadura también se puede calcular a partir de la ecuación 1: $E_A = K\phi\omega$

El par que entrega la máquinas entre sus terminales está dado también por la ecuación 2: $\tau = K\phi I_A$ En donde τ es el par, que proporciona la máquina en N-m y la I_A es la corriente de la armadura; las bobinas L_A y L_S se observan de forma ficticia, ya que como se sabe

una bobina alimentada con una fuente de corriente directa se comporta como un cortocircuito en estado permanente creando un campo magnético fijo. [7]

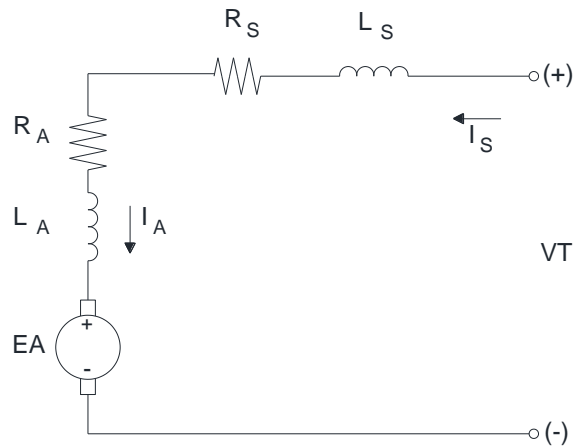


Figura 11: Circuito equivalente del motor serie

2.3.4 Motor Compuesto.

Este tipo de motor tiene conectada la bobina de campo serie y el devanado de campo shunt con excitación independiente. El devanado serie provee al motor un buen par de arranque mientras el devanado en derivación le permite una muy buena regulación de velocidad. [8]

El devanado de campo serie se puede conectar de forma tal que el flujo producido apoye al flujo establecido por la bobina de campo shunt constituyendo lo que se conoce como motor compuesto acumulativo. [8]

Cuando el devanado de campo serie produce un flujo que se opone al flujo de la bobina de campo shunt, el motor se conoce como motor compuesto diferencial. También es conveniente recordar que este tipo de motor se puede conectar en derivación corta o derivación larga, según donde se conecte la rama en derivación. [8]

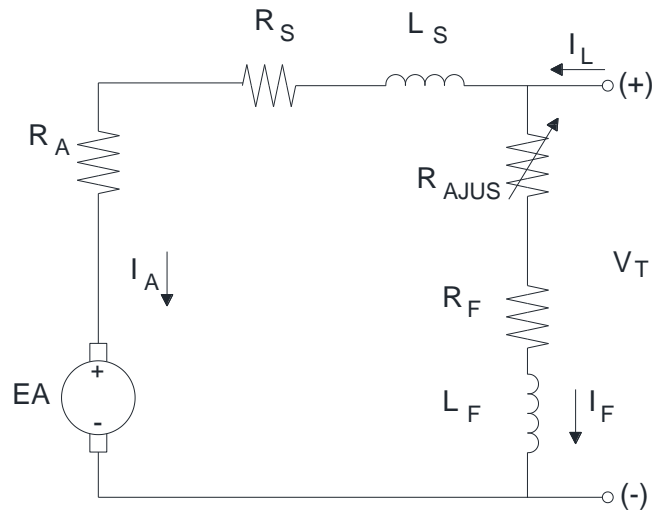


Figura 12: Circuito equivalente de un motor compuesto

2.4 Control de velocidad en motores de corriente continua.

La velocidad de un motor de corriente continua puede variarse mediante el cambio de los parámetros en la ecuación fundamental de la velocidad de la máquina.

$$S = K \frac{V_A - I_A R_A}{\phi}$$

Ecuación 9: Ecuación Fundamental de la velocidad

Como se puede apreciar en la ecuación 9 al modificar las variables en el inducido como en el campo se puede obtener una variación en la velocidad del eje por encima o por debajo de la velocidad básica. Tomando en cuenta los límites de operación de ésta. Las variables que normalmente se deben controlar por lo general en cualquier motor de corriente continua son la velocidad y el torque inducido [9].

Recordamos que la ausencia de campo de excitación podría presentar inestabilidad, aceleración desmedida del eje del motor, existen algunos procesos que requieren de un control de velocidad, reduciendo y manteniendo la velocidad o al contrario aumentando la velocidad.

Entonces la máquina de corriente continua por su complejidad de fabricación nos permite realizar esta acción de control de velocidad de cuatro formas diferentes:

1. **Control de campo:** Modificación de Flujo de Excitación, ϕ , por medio de un reóstato variable serie o shunt.
2. **Control de la resistencia de inducido:** Variación de la tensión en los bornes del inducido mediante el empleo de una resistencia variable en serie con el inducido.
3. **Control de la resistencia serie y shunt del inducido:** Variación de la tensión en los bornes del inducido, y la corriente de armadura en el mismo, mediante combinación de dos resistencias variables en paralelo y en serie con el inducido.
4. **Control de la tensión de inducido:** Empleo de una fuente controlada de tensión de corriente continua variable para modificar la tensión en los bornes del inducido de un motor de excitación independiente. [11]

2.4.1 Control de Campo.

La velocidad alcanzada con la plena tensión de inducido y plena corriente en la excitación se denomina velocidad básica del motor. Entonces si se varía el campo con una resistencia serie o en paralelo al devanado de excitación ésta limitará la corriente y la maquina acelerará, entonces podemos concluir que por este método solo se puede controlar velocidad por encima de la básica. [11]

Sin embargo, hay que hacer una observación en este método de control de velocidad, puesto que debilitamos el flujo de excitación dentro de sus límites para acelerar, la máquina tiende a efectos de inestabilidad, vibración etc. El inducido aumenta considerablemente los valores de corriente por lo que podría ocasionar desperfectos en el conmutador a causa de la formación del arco. Por otra parte, en términos de rendimiento este método es sencillo y económico ya que las pérdidas de potencia al variar el campo son aproximadamente del 3 al 5% de la potencia total absorbida por el motor. [11]

2.4.2 Control de la resistencia de inducido.

A diferencia del control por campo, éste solo nos permite la posibilidad de alcanzar velocidades por debajo de la básica, la simplicidad de conexión, incluso la posibilidad de combinar las funciones de arranque del motor con el control de la velocidad. El control se realiza con una resistencia variable en serie con el inducido; siendo ésta la encargada de regular la velocidad de la máquina [11]

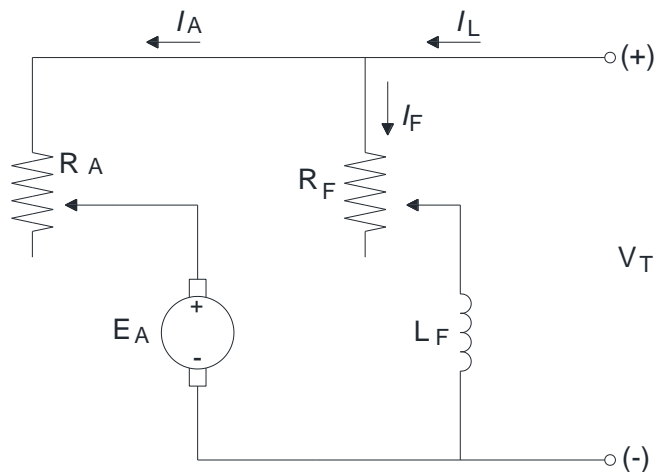


Figura 13: Esquema básico control de velocidad por campo o inducido

2.4.3 Control de la resistencia de inducido en serie y shunt

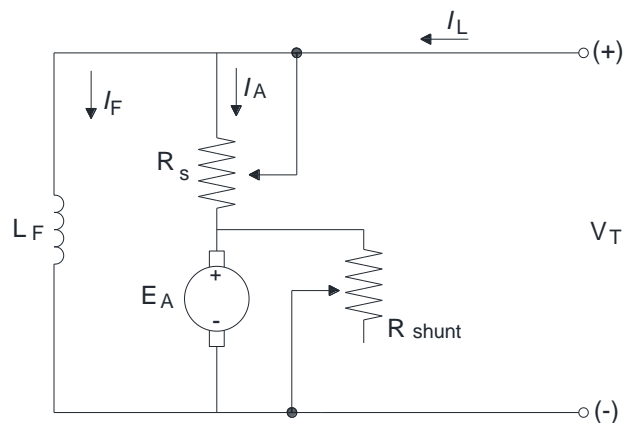


Figura 14: Control de la resistencia de inducido serie y shunt.

En el esquema de la figura 14 se muestra el control de la velocidad de la maquina con una configuración de resistencias en paralelo (Shunt) y serie en el inducido, esto es una ventaja ya que nos brinda el control de velocidad por debajo de la velocidad básica dentro de sus límites. El control por resistencia Shunt en los bornes del inducido se conoce también como frenado dinámico.

Las ventajas del control por inducido en serie-shunt es la regulación de la velocidad, mucho mejor que la realizada con resistencia en el inducido vista en el enunciado anterior. Los inconvenientes se presentan en el par reducido con el aumento de la desviación de la corriente del inducido, y el rendimiento reducido debido a las pérdidas de potencia en las resistencias serie y shunt. [11]

2.4.4 Control de la tensión de inducido

Más común en motores de gran tamaño, debido a sus grandes cargas, ya que requiere de una aceleración suave para romper la inercia de la carga en el eje del motor. La fuente de alimentación en el campo de excitación es constante en valores nominales, mientras que la fuente del inducido debe abastecer con la tensión y la corriente necesaria. Este control elimina la necesidad de usar una resistencia de arranque en serie con el inducido [11], Ya que el campo necesita una corriente pequeña para operar, puede ser alimentado por un puente rectificador de diodos sencillo,

2.5 Frenado de motores de corriente continua

Cuando hablamos de frenado en una máquina giratoria entendemos de la transición del estado rotativo al estático en determinado tiempo, pero la desaceleración depende también de la carga acoplada al eje del motor, en este caso, bastaría con desconectar los bornes del inducido para que éste entre en reposo por su propia inercia, pero existen procesos con cargas muy grandes que requieren detenerse inmediatamente. Durante el frenado se consume la energía generada por el motor en el momento que ocurre lo más rápido la desaceleración [11].

Entonces el frenado de la máquina de corriente continua puede realizarse de diferentes maneras, en este documento nos limitaremos al frenado eléctrico estos son; dinámico, regenerativo y por inversión.

2.5.1 Frenado por inversión

Este frenado es de acción rápida, se lo consigue invirtiendo la polaridad de una de sus partes, pese a que la cantidad de corriente que usa el campo para excitarse es mínima usamos la armadura para realizar este cambio de sentido de la corriente, ya que la desconexión del campo podría presentar inestabilidad en el motor. Se lo realiza con una resistencia en el inducido conectada en serie como protección, debido a que al cambiarse el sentido de la corriente éstas dentro de la máquina se suman, duplicándose los valores de corriente por lo que esta resistencia es utilizada con dos propósitos, uno de ellos es proporcionar a la máquina un arranque suave, al mismo tiempo disipará la energía que se da en el momento del frenado o sea cuando se invierta la polaridad en el inducido.

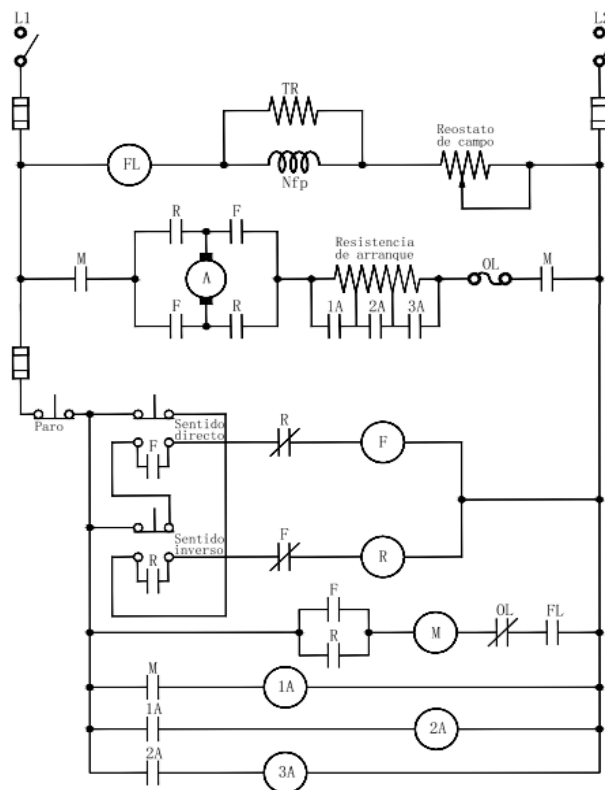


Figura 15: Controlador para la inversión automática de giro motor derivación (shunt) DC.

2.5.2 Frenado dinámico

Esta forma de frenado varía dependiendo del valor de resistencia aplicada en el inducido, en el momento del frenado la armadura es desenergizada y la resistencia que se usó para el arranque entra en paralelo en los bornes de la armadura por la ayuda del contactor B con el contacto normalmente cerrado disipando la energía inducida por el campo que aún se encuentra energizado. Mientras se mantiene girando por la inercia de la carga, la máquina adquiere las propiedades de generador por lo que la resistencia absorbe esta energía haciendo que sumado las pérdidas en el hierro y el rozamiento del eje hagan que la máquina se detenga rápidamente.

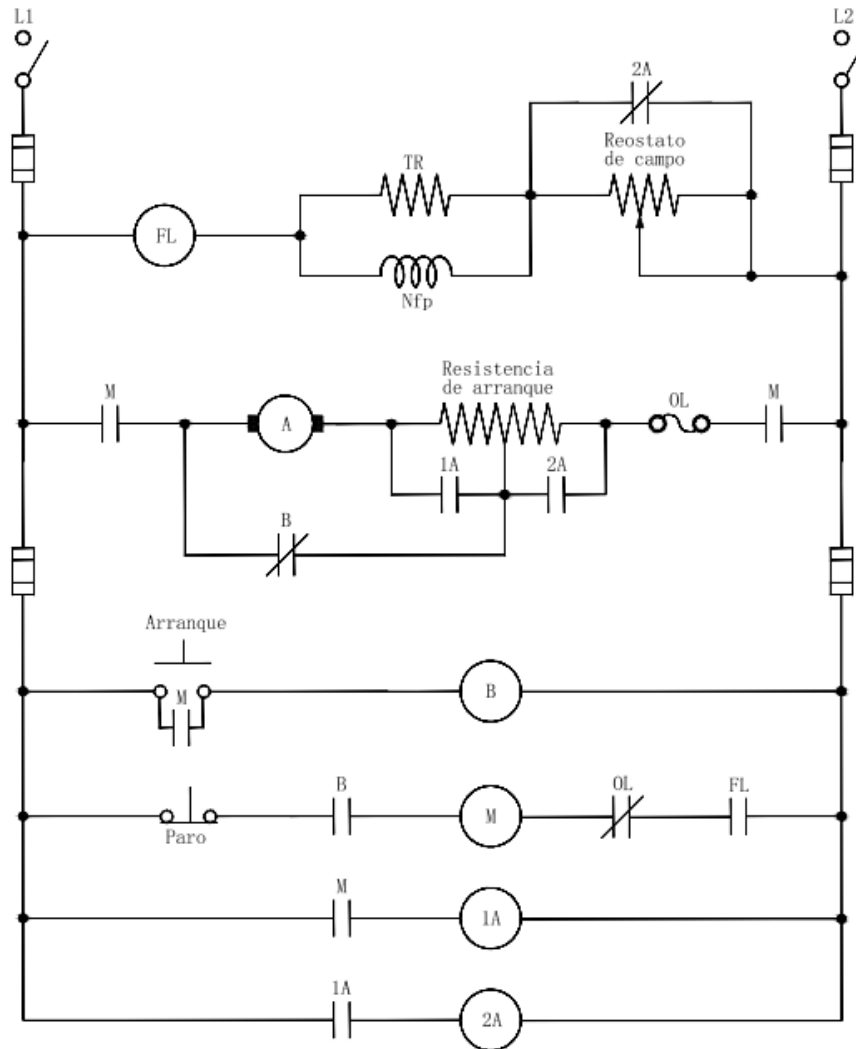


Figura 16: Frenado dinámico de un motor derivación (shunt) irreversible

2.5.3 Frenado regenerativo

Este tipo de freno es consecuencia del frenado dinámico, se llama de esta manera porque devuelve la energía a la fuente de alimentación aprovechando las propiedades de generador de la máquina, a diferencia del frenado dinámico que disipa la energía con la resistencia. Este solo simplifica el uso del contacto cerrado del freno dinámico por lo que resulta una desaceleración progresiva dependiendo de la carga, se halla aplicado en motores de gran capacidad cuyas cargas de la misma manera, necesitan de un tiempo para llegar a detenerse.

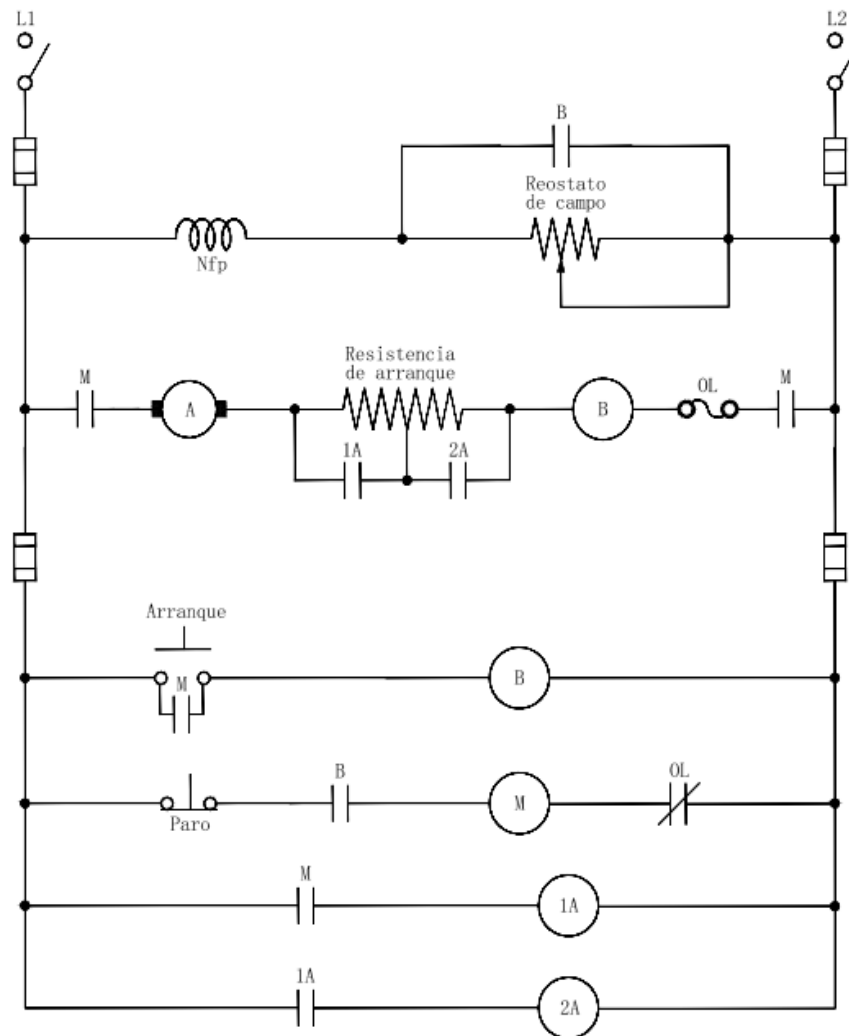


Figura 17: Freno regenerativo de un motor derivación (shunt) irreversible.

CAPITULO 3

MATERIALES Y METODOS

3.1 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

3.1.1 P.L.C.

Controlador lógico programable (PLC) marca SIEMENS, CPU 1214C DC/DC/DC, alimentación 24VDC. Incorpora 8 entradas digitales a 24VDC, 10 salidas digitales a 24VDC, 2 entradas analógicas (0-10VDC), memoria 100KB. Con puertos de comunicación PROFINET/Industrial Ethernet RJ45 10/100Mbps. Capacidad de ampliación hasta 1 Signal Board (SB), 8 módulos de señal (SM) y 3 módulos de comunicación (CM). [10]

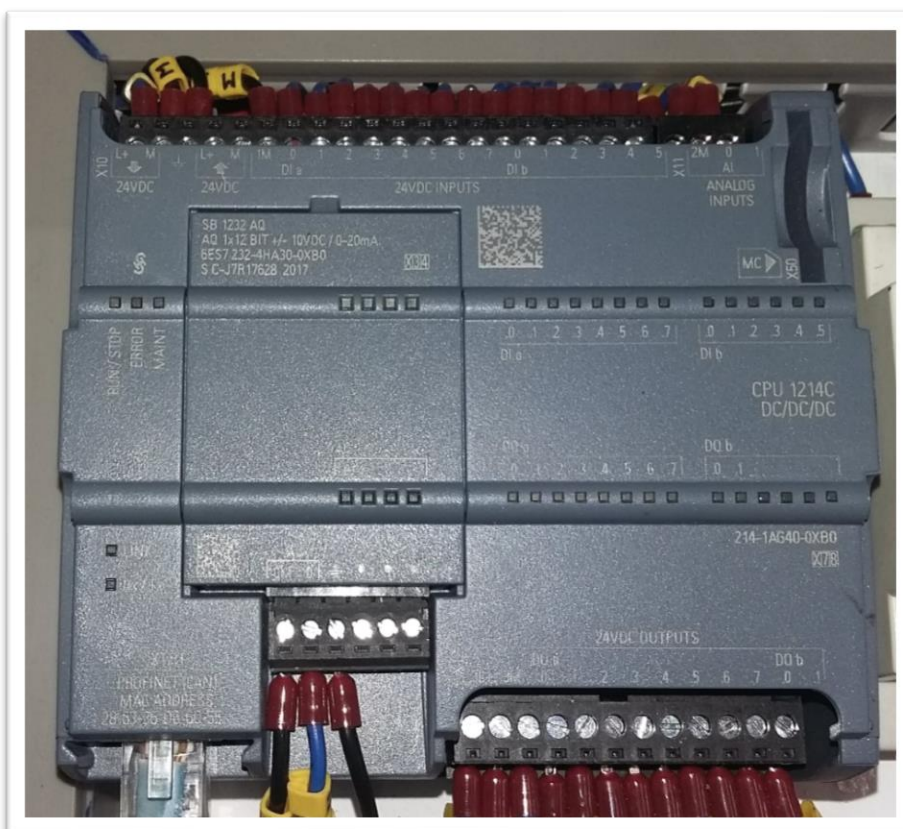


Figura 18: PLC SIEMENS CPU 1214C DC/DC/DC y módulo SIGNAL BOARD SB 1224

3.1.2 Signal Board (SB)

Módulo Signal Board SIEMENS, SB 1224. Con una Salida analógica configurable en valores de V/mA . [10]

3.1.3 Fuente de alimentación DC.

La fuente de alimentación tiene capacidad de ofrecer desde 2,5 - 3Amp. a 24VDC.



Figura 19: Fuente de alimentación 24VDC

3.1.4 Relés industriales de interfaz.

Relés marca CAMSCO de 8 pines, bobina a 24VDC, 2NO y 2NC con sus respectivas bases para riel din, la capacidad de contactos abiertos es de 3Amp.



Figura 20: Relé industrial de interfaz de 8 pines

3.1.5 Borneros porta fusibles.

Los borneros porta fusibles fueron fabricados por los autores con la finalidad de optimizar espacio dentro del módulo.

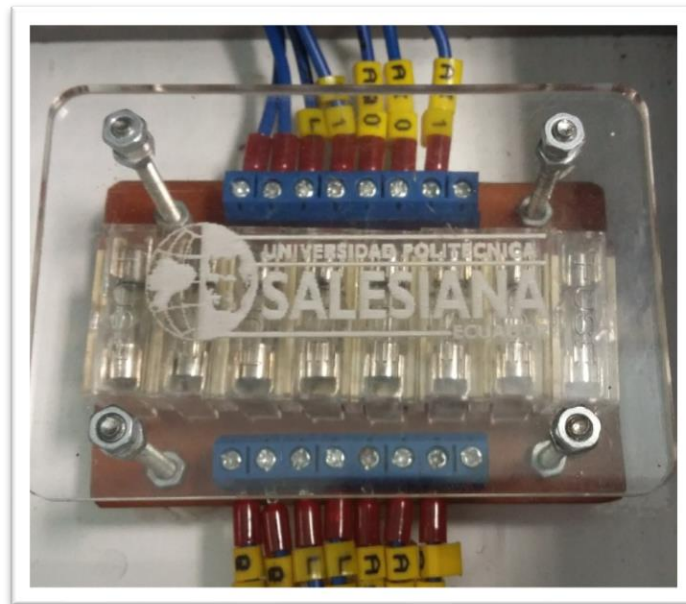


Figura 21: Bornero porta fusibles

3.1.6 Borneros de conexión para riel DIN.

Borneras de conexión WEIDMULLER con sus barras equipotencial para mejor distribución del cableado, tamaño de 22mm²

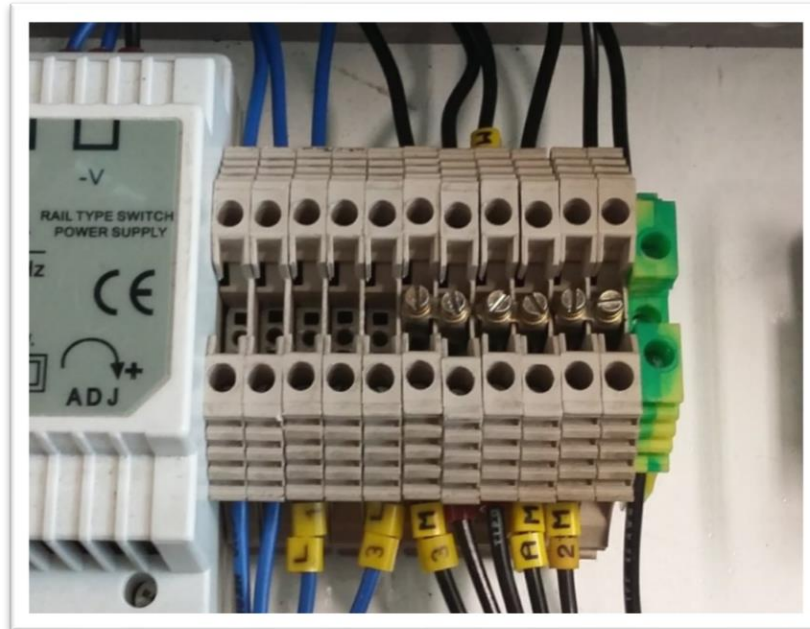


Figura 22: Borneros de Conexión

3.1.7 Bornero de conexión a tierra.

Bornera para la conexión de tierra del PLC, es importante porque brinda el nivel de referencia que necesita para operar sus entradas y salidas

3.1.8 Borneros de panel frontal.

Borneras de protección de 4mm hembra, para socket banana. CAT III 1KV/32Amp en colores: Rojo, Negro, Azul, Verde y Blanco



Figura 23: Borneros del panel frontal.

3.1.9 Voltímetros DC.

Dos Voltímetros de corriente continua de 0-30VDC. Éstos serán ubicados en el panel frontal para tener rápido acceso y verificar los niveles de voltaje en las entradas o salidas del PLC.



Figura 24: Voltímetro 0-30VDC

3.1.10 Fuentes variables DC.

Dos fuentes variables 0-10VDC operados con potenciómetros de 1K Ω cuyo integrado regulador es el LM317 cada uno. Más adelante se detallará el esquema utilizado para su construcción.

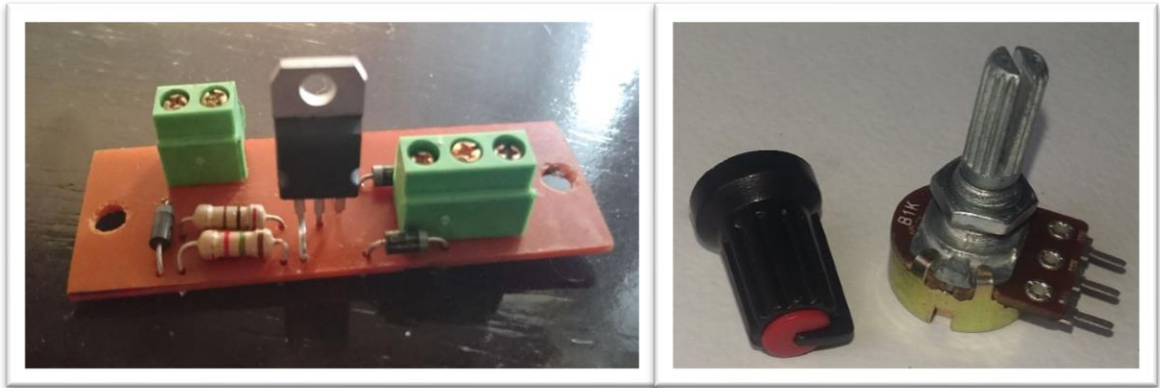


Figura 25: Fuentes variables DC.

3.1.11 Selectores de dos posiciones.

Selectores de 2 posiciones de 16mm para panel, marca CAMSCO NO/NC



Figura 26: Selectores de posición.

3.1.12 Pulsadores.

Pulsadores de 16mm para panel, marca CAMSCO color verde

3.1.13 Luces piloto.

Luces piloto LED color rojo de 12mm para panel 24VDC marca CAMSCO

3.1.14 Ventiladores.

Dos ventiladores de 3". 12VDC - 0.12Amp. Para la ventilación del equipo, irán conectados en serie a la fuente de 24VDC

3.1.15 Cables de conexión.

- El cableado del maletín es con cable calibre #22AWG THHN/flexible
- El cable tipo Jack banana CAT III 1KV/32AMP de 1metro, 0.5 metros y 0.25 metros para la conexión de las practicas a realizarse.

3.1.16 Accesorios varios.

- Interruptor de encendido principal 120VAC/10Amp.
- Socket macho empotrable para cable de alimentación 120VAC Línea/Neutro/Tierra
- Socket hembra RJ45 empotrable, cable par trenzado, terminal macho RJ45
- Marquillas para cable #22AWG Dexon
- Canaleta ranurada de 25x40mm. 2metros
- Cable de poder 120VAC+tierra
- Patch Core UTP.

3.1.17 Gabinete metálico.

El gabinete metálico fue encargo para su fabricación a la empresa TABLICON S.A. quienes entre sus características de fabricación de modulares podemos resaltar que para su elaboración usaron acero galvanizado de 1,4mm de espesor, consta de una puerta interior troquelada de diferentes diámetros, un acabado que luego del desengrase y fosfatado por inmersión caliente es recubierto con pintura electrostática epoxi-poliéster horneable color café mate 7032, con plafón doble fondo.

Adicionalmente se incluyó la fabricación de la placa interior acrílica color negro con toda la señalización del panel frontal.

3.2 METODOS

3.2.1 Diseño del esquema

Éste fue realizado en AutoCAD, se analizó las opciones más viables, por ejemplo, el tipo de equipo a usar, como es el PLC, cuyo fabricante. Ofrece varias opciones entre los modelos SIMATICS S7 1200. El que usaremos es el modelo 1214C DC/DC/DC. Ya que podríamos aprovechar la misma fuente para la alimentación, el control y las salidas digitales.

Se incluye al diseño las protecciones para las entradas y salidas del PLC ya que cualquier mala operación podría comprometer el equipo. Para esto se consideró varias opciones y la mejor resultó la construcción de borneros porta fusibles.

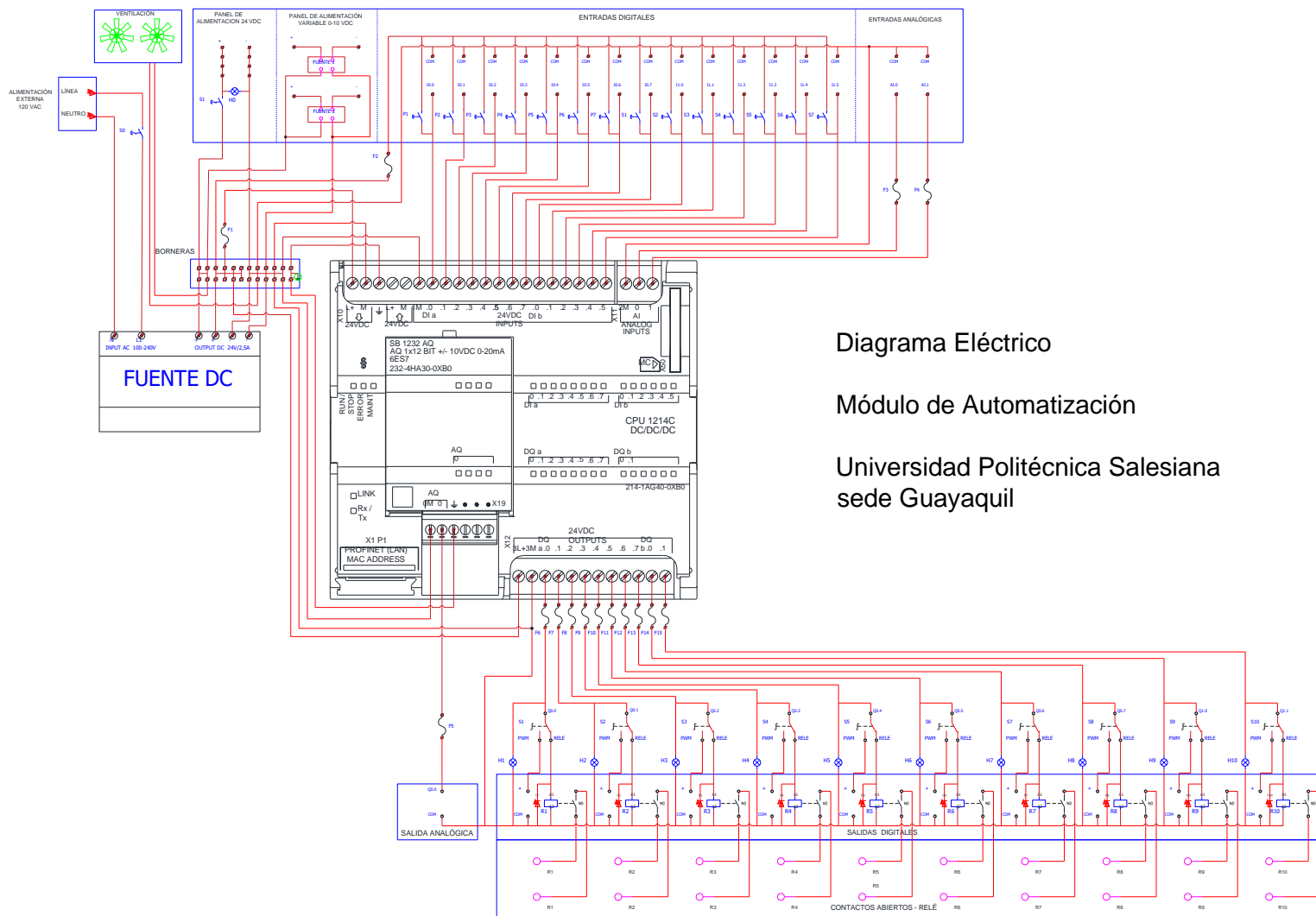


Figura 27: Diagrama Eléctrico de conexiones

3.2.2 Diseño del módulo didáctico

El diseño se elaboró de igual manera en AutoCAD con un esquema de cada elemento a tamaño real, esto con la finalidad de orientar de mejor manera los elementos que irán ubicados en el plafón y determinar un tamaño adecuado para el resto del módulo.

Como se puede ver en la siguiente ilustración, tiene forma de maleta.

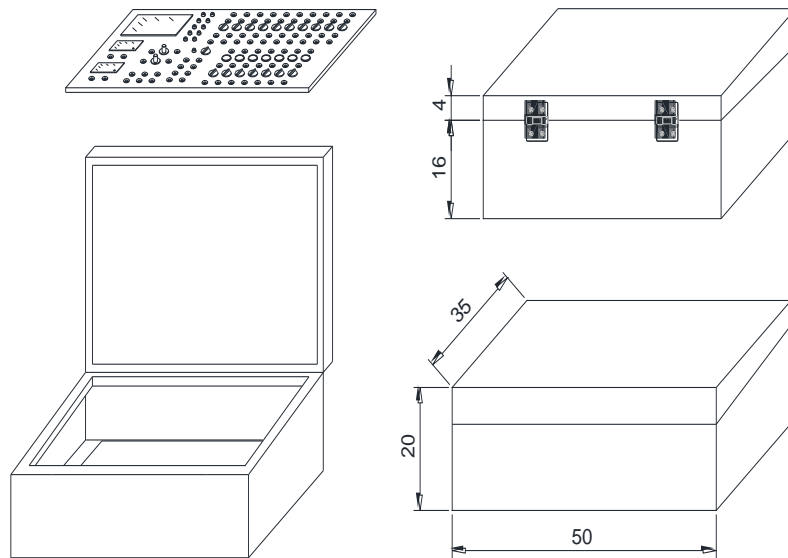


Figura 28: Estructura del maletín, diseño de AutoCAD.



Figura 29: Módulo didáctico, puerta interior troquelada

3.2.3 Diseño del panel frontal

Consta de un visor de acrílico para visualizar el PLC dentro del equipo, junto a este del lado derecho 10 luces LED piloto que son de las salidas del PLC. En la parte inferior izquierda se encuentran los dos voltímetros y junto a ellos las dos fuentes de alimentación de voltaje variable de 0-10VDC y también fijos de 24VDC con sus respectivos borneros de conexión (rojo y negro).

En la parte inferior a continuación de las fuentes variables, se encuentran las borneras con las entradas y salida analógicas del PLC.

Del lado derecho superior las diez salidas digitales del PLC, marcadas del 1 al 10 poseen un selector de dos posiciones PWM y RELÉ.

PWM indica que son las salidas directas del PLC constan sus borneros (rojo y blanco) en niveles de voltaje y corriente de 24VDC/mA.

RELÉ activa los contactos normalmente abiertos de los relés de interfaz que se usarán con los borneros de las salidas de relé (color verde) contactos hasta 3Amp.

Para terminar, en la parte inferior derecha, se encuentran las catorce entradas digitales del PLC (borneros azules). Estas pueden ser ingresadas mediante las borneras desde el panel de alimentación o ser accionadas por los pulsadores (color verde) y selectores que se encuentran en el mismo lugar señalados con ON - OFF.

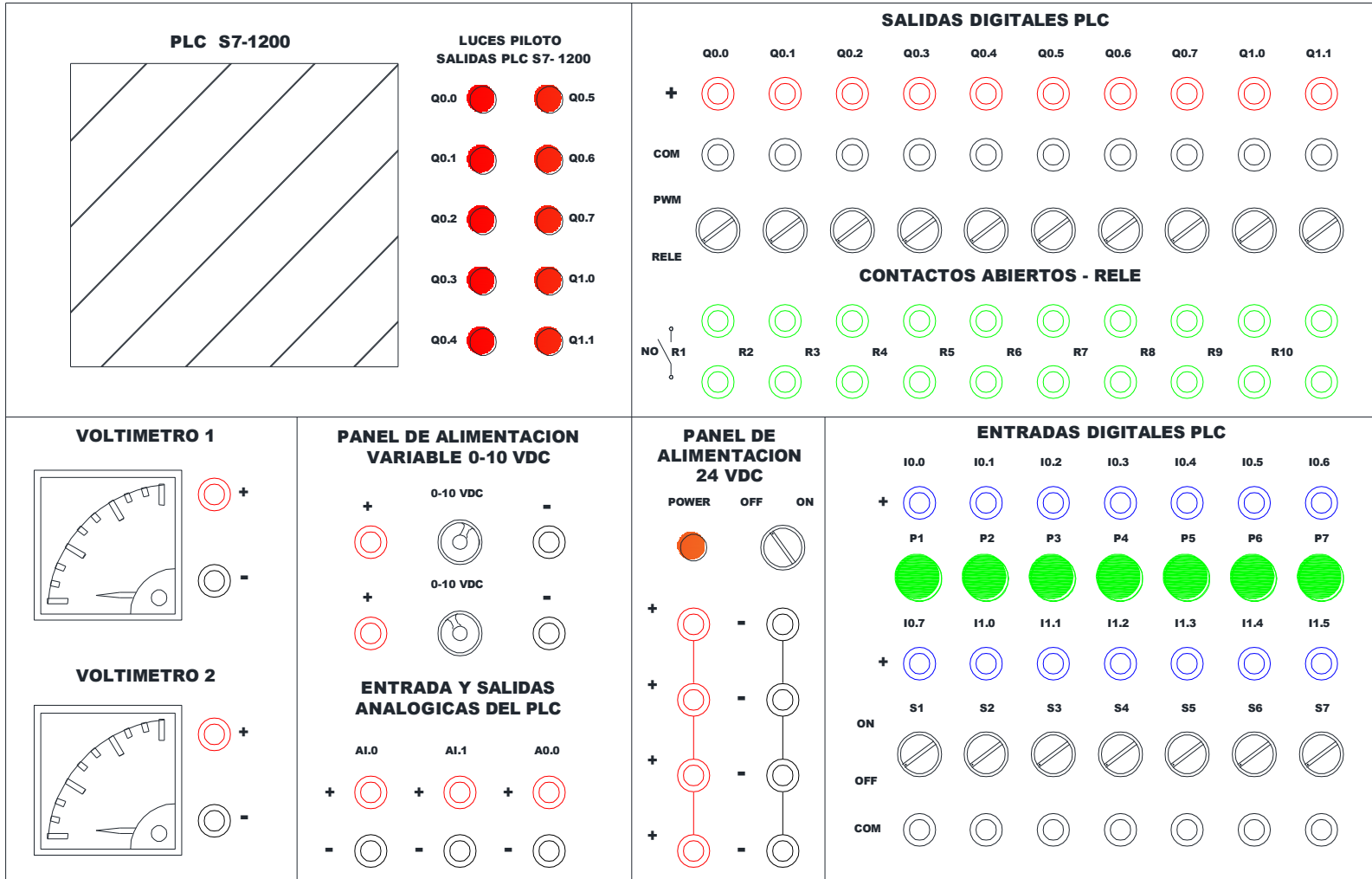


Figura 30: Panel frontal, Diseño en AutoCAD

3.2.4 Construcción de los borneros porta fusibles.

Se utilizó baquelita para el montaje de los porta fusibles y borneras, en éste se dibujaron las que serían las pistas, luego, perforar con brocas de 2mm, y 1/8". Para el montaje de los porta fusibles, borneros y tornillos de fijación. El proceso químico con percloruro para la separación del cobre de la baquelita. Como se puede ver en las ilustraciones siguientes.



Figura 31: Construcción de los borneros porta fusibles.

3.2.5 Distribución de elementos en el plafón

El plafón está fijado a la estructura por cuatro pernos soldados al fondo del maletín, éste con sus respectivas tuercas, anillos planos y de presión. Aquí es donde se montará con riel DIN el PLC, la fuente, borneras y relés de interface. Los borneros porta fusibles. También se colocarán las canaletas en los bordes y horizontalmente, como se puede ver en la siguiente ilustración:

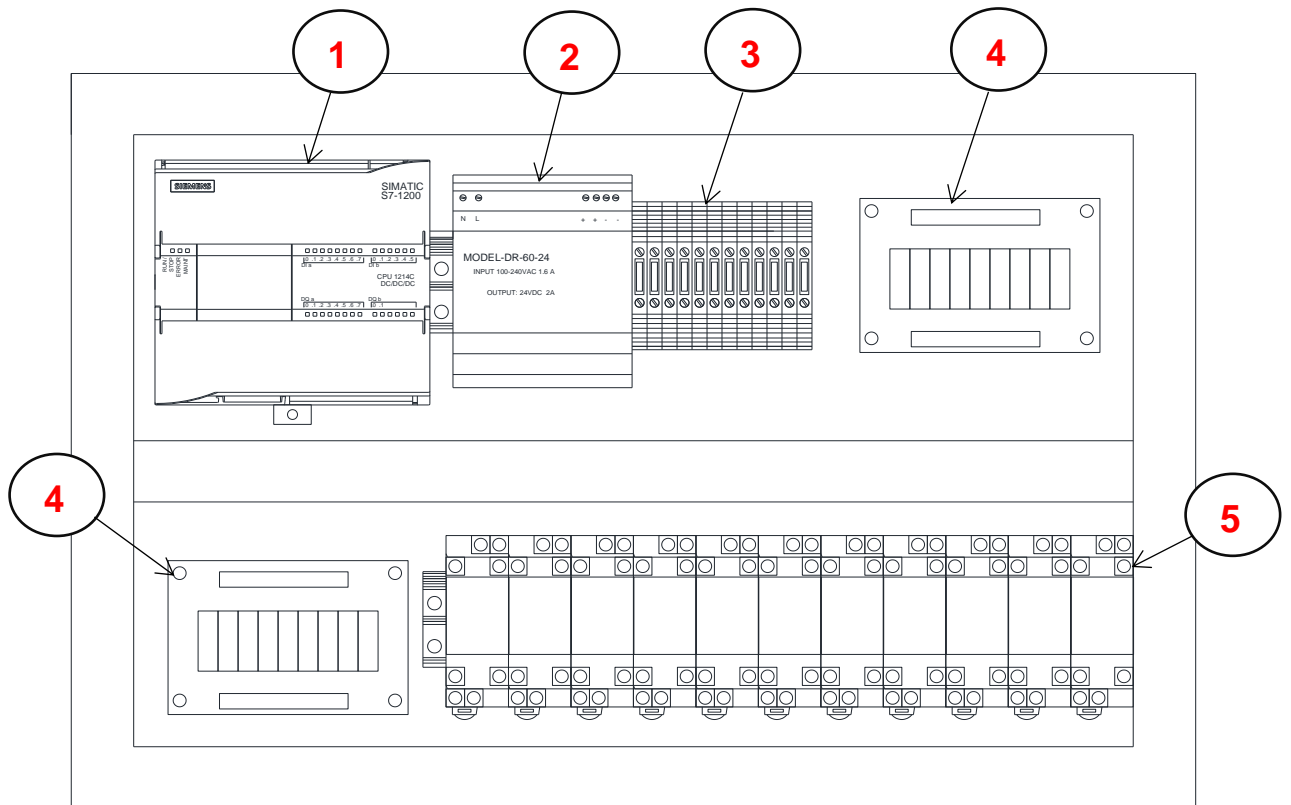


Figura 32: Disposición de elementos sobre el plafón, diseño en AutoCAD.

DESCRIPCIÓN		
ITEM	CANT.	LISTA DE MATERIALES
1	1	PLC SIEMENS - SIMATIC S7 1200.
2	1	FUENTE DE PODER INPUT: 100-240VAC/OUTPUT: 24DVC
3	12	BORNERAS DE CONTROL 6mm.
4	2	BORNERA PORTA FUSIBLES.
5	2	RELES REPLICADORES BOBINA: 24VDC/CONTACTOS:240-120VAC

Tabla 1: Listado de elementos sobre el plafón.

3.2.6 Montaje de sistema de ventilación.

Antes de colocar el plafón se instalan los ventiladores con tornillos y tuercas, estos irán conectados a la fuente de 24VDC en serie.

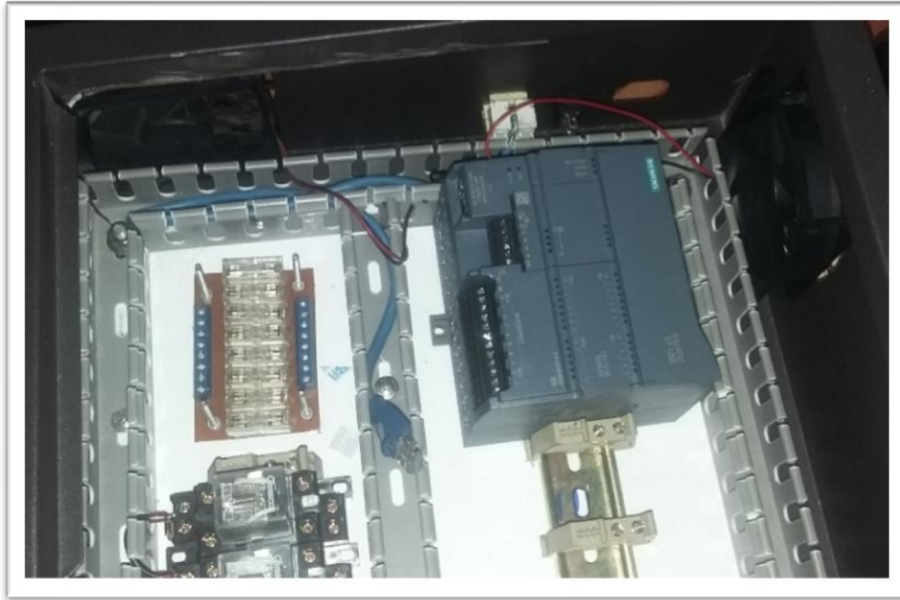


Figura 33: Sistema de ventilación del maletín

3.2.7 Montaje de elementos en el plafón.

Primero se colocaron las canaletas con tornillos auto perforantes de 1/2x8 al mismo modo con los rieles DIN. Las portas fusibles se instalaron con tornillos y tuercas de 3x1/8” Como se muestra en la siguiente imagen.

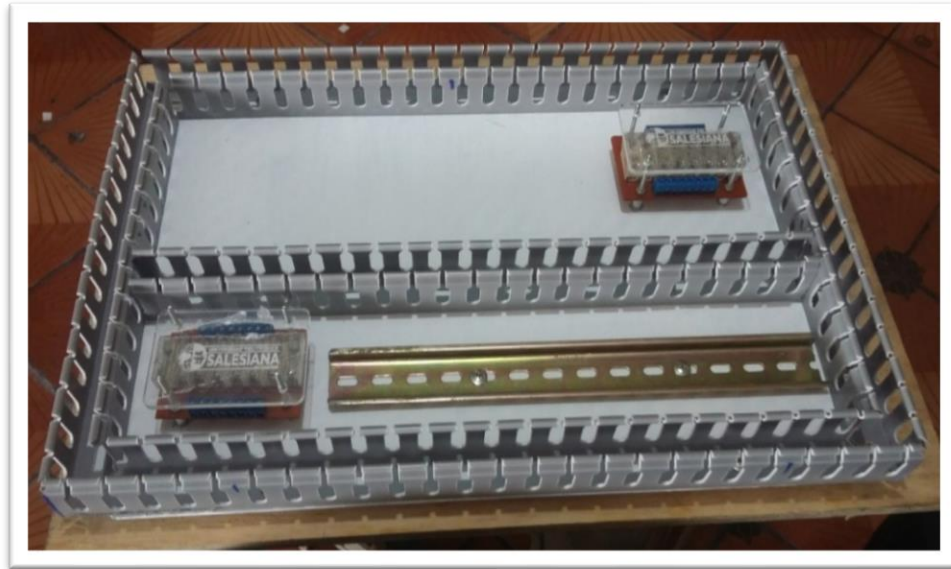


Figura 34: Montaje de elementos en el plafón

Para el montaje fue necesario probar cada elemento que va a ser instalado para evitar contratiempos posteriores, como, por ejemplo, los Diodos semiconductores que son colocados inversamente en las bobinas de los relés de interfaz, según el manual [10], la corriente transiente producida al des energizarse la bobina del relé podría dañar el equipo, entonces es importante la instalación de este.

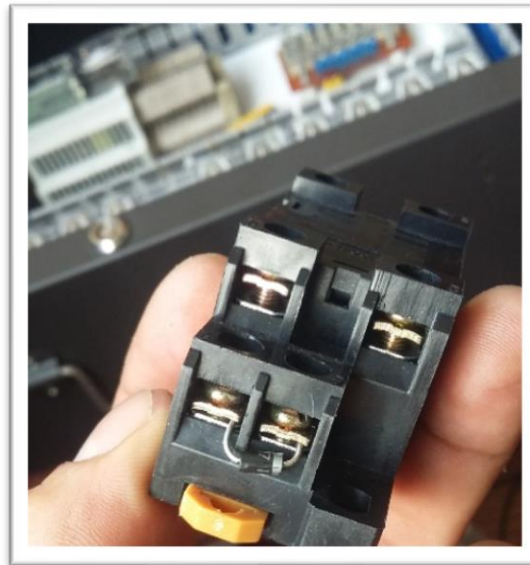


Figura 35: Diodo rectificador en la base del relé de interfaz

3.2.8 Montaje de elementos en el panel.

Primero colocamos la placa de señalización. Sobre éste, instalamos los elementos de acuerdo al diseño de la figura ##. Como son borneros, pulsadores, selectores, luces y voltímetros. Para los borneros que son comunes y fuentes, se ha optado por usar baquelita con la finalidad de mejorar la estética. Como se puede observar en las ilustraciones. Una vez fijado los elementos se procede con el cableado.



Figura 36: Montaje de elementos en el panel

3.2.9 Cableado.

Se procede con la conexión con el cable THHN # 22AWG flexible, disponiendo en nuestro caso color negro para el común y azul para positivo.

Para poder asegurar un buen contacto, ya que la sección con cobre en el conductor es pequeña es recomendable usar terminales de puntera. Éstos irán conectados a las borneras del plafón y bases de los relés de interfaz, y borneros porta fusibles.

En el caso de las borneras del panel frontal, éstas poseen doble tuerca, por lo que será efectivo el uso de terminales tipo ojo. Para los selectores y luces piloto LED se usó terminales aislados tipo hembra como se muestra en la figura 37. Se aplicó tubo termo contraíble para aislar el terminal.

Es claro que se debe trabajar con las herramientas adecuadas, usaremos marquillas marca DEXON numeradas del 0 al 9 y las letras; L para línea, M para masa común, Q para las salidas del PLC. Así como la letra I para las entradas. Para las entradas y salida analógicas se incluye la letra A.



Figura 37: Terminales usados para el cableado

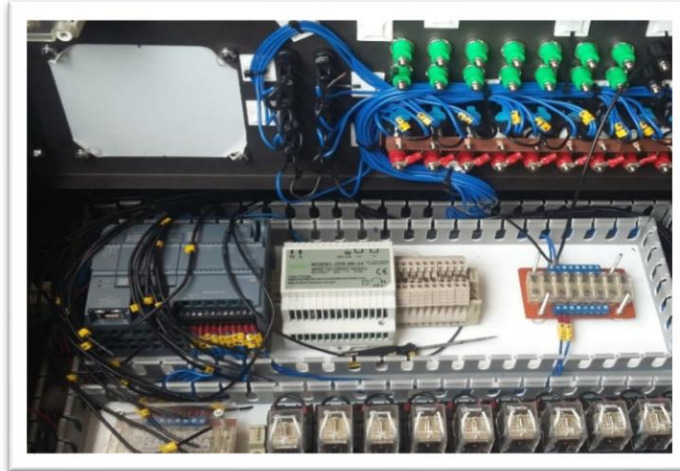


Figura 38: Elaboración del cableado

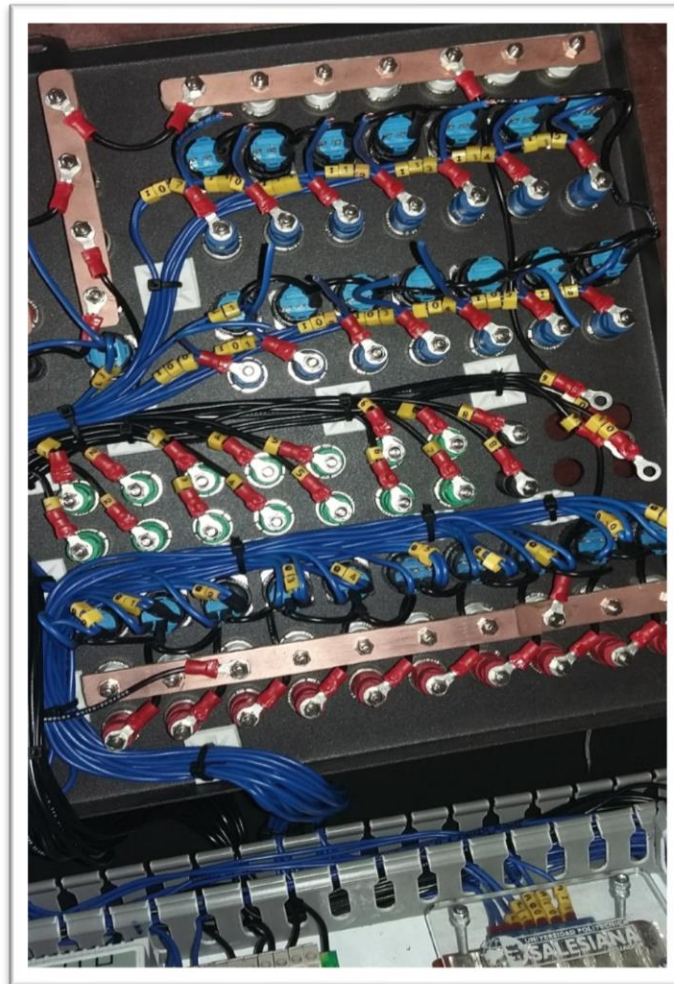


Figura 39: Cableado del panel y plafón

3.2.10 Fuentes regulables de voltaje DC

Las fuentes regulables de voltaje varían en un rango de 0-10VDC con una precisión de dos decimales, en la Figura 27, podemos ver el esquema utilizado para diseñar estas fuentes. Y en la Figura 28, las dos placas instaladas en el panel frontal con sus respectivas conexiones.

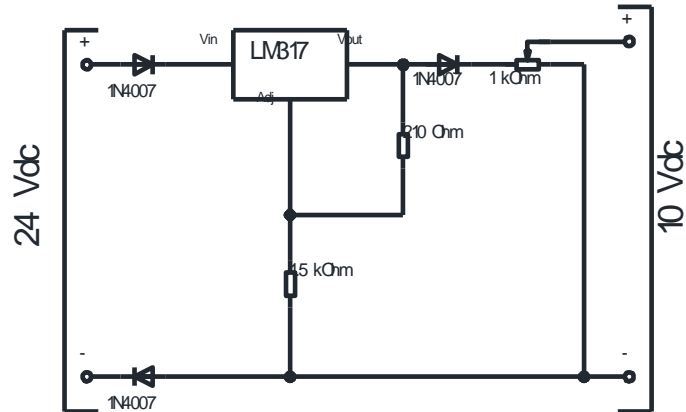


Figura 40: Esquema fuente regulable 0-10VDC

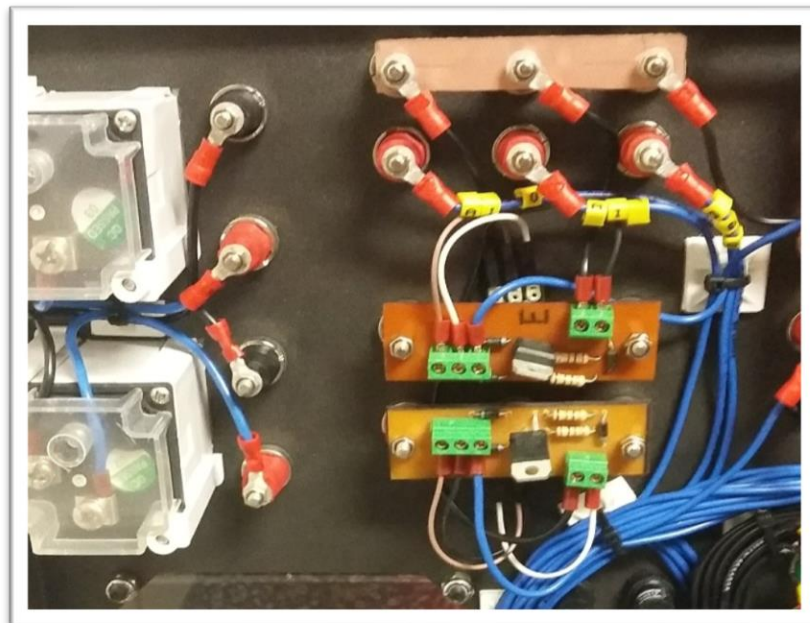


Figura 41: Fuentes regulables VDC

3.2.11 Acabados finales.

Para el visor del PLC en el panel frontal, se optó por usar pernos Allen negro M8 con sus respectivas tuercas. Como se puede apreciar en la ilustración siguiente.



Figura 42: Pernos de sujeción del visor en el panel frontal

Se colocó esquineros para cajas acústicas, como protección, éste ayuda a la apariencia del módulo, ya que se encontraban demasiado pronunciadas, y era propenso hacer ralladuras en cualquier otro objeto. Luego de pintar la zona pulida se procedió a la aplicación de los esquineros con tornillos 1/2x6" avellanados. Como se puede observar en las ilustraciones siguientes.



Figura 43: Instalación de esquineros en el maletín

3.2.12 Automatización.

La automatización posee una arquitectura la cual se divide en control y fuerza:

Circuito de fuerza. - consta de la Alimentación, protecciones, contactos de fuerza de contactores y el motor DC.

Control. - Se realiza a través del software de programación, asignando y enlazando variables entre el TIA portal V13, OPC server y LabView2017 donde las salidas del maletín serán las que controlarán los contactos que abrirán y cerrarán acorde a las configuraciones establecidas en programación.

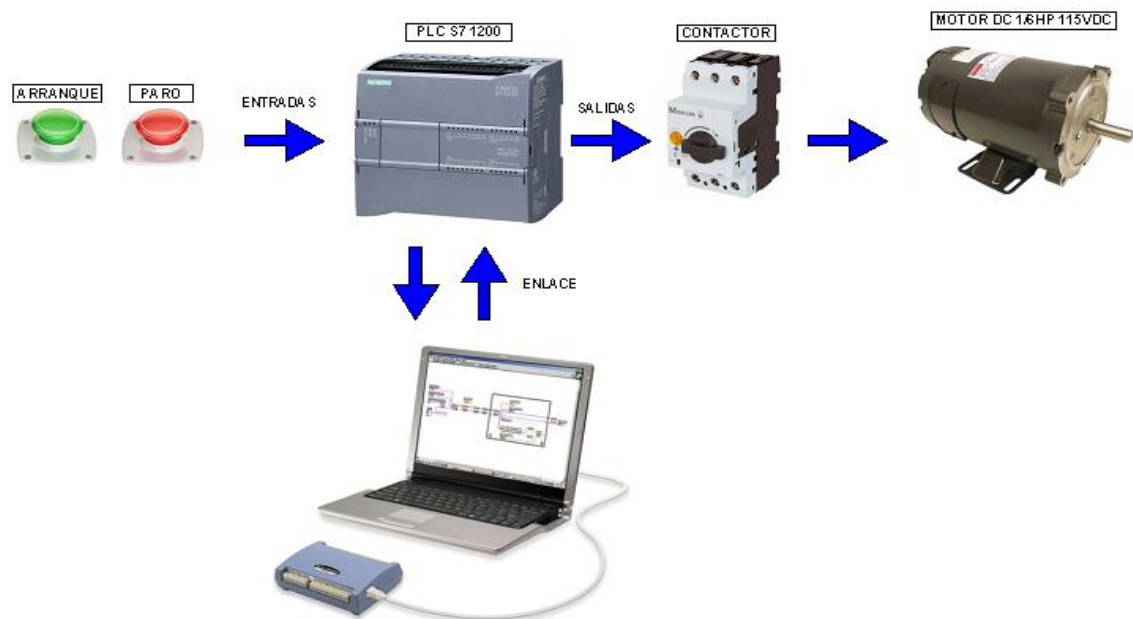


Figura 44: Arquitectura de comunicación del sistema.

TIA Portal V13. - El PLC de la marca SIEMENS, posee un software llamado “TIA Portal” (TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION PORTAL) este software nos permite la configuración del PLC unificando las tareas de control, visualización y accionamiento, mediante el lenguaje de programación en bloques o esquema de contactos.

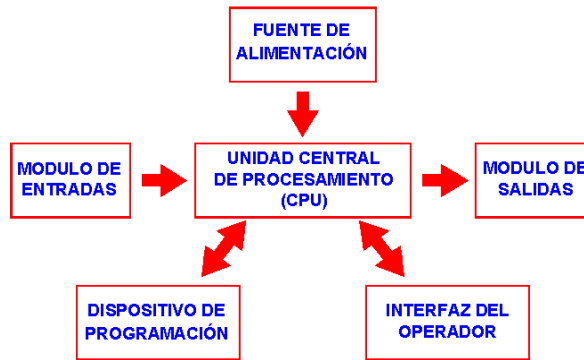



Figura 45: Diagrama de composición del Autómata.

LabView2017. - Es una plataforma de simulación que nos permite la construcción de la interfaz gráfica con la que simularemos con el computador, usando del lenguaje de programación en bloques y una ventana adicional que servirá de proyección para la ejecución del programa.

OPC Server. - Es un sistema SCADA, lo utilizamos para enlazar las variables entre el PLC con sus protocolos nativos y el PC a través de la plataforma de simulación de LabView.

CÁPITULO 4

PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN

PRÁCTICA # 1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
LABORATORIO:	INSTALACIONES INDUSTRIALES
CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA
SEDE:	GUAYAQUIL

4.1 PRÁCTICA # 1

4.1.1 Tema:

Simulación y Automatización del Frenado por Inversión de giro del motor de corriente continua.

4.1.2 Objetivos

Objetivo General:

- Realizar la comunicación del PLC S7-1200 con la PC para demostrar el frenado por Inversión de giro del motor derivación de corriente continua.

Objetivos Específicos:

- Diseñar en el TIA Portal V13 una programación apropiada para el frenado por inversión de giro de los motores en derivación de corriente continua.
- Cargar la configuración del programa al PLC S7-1200.
- Elaborar una interfaz en LabView capaz de simular el programa configurado en el TIA Portal V13 mediante la conexión del OPC Server que tenga las opciones de arranque y frenado del motor.

4.1.3 Recursos:

- Módulo de automatización didáctico para sistemas eléctricos.
- Computadora Portátil con el programa TIA Portal v13.0 y LabView 2017.

- Motor de corriente continua 110VDC / 1,9 Amp. / 1/6H.P.
- Banco de pruebas de control Industrial Electromecánico.

4.1.4 Tiempo Estimado:

El tiempo estimado para la realización de esta práctica es de 2 horas.

4.1.5 Conexionado:

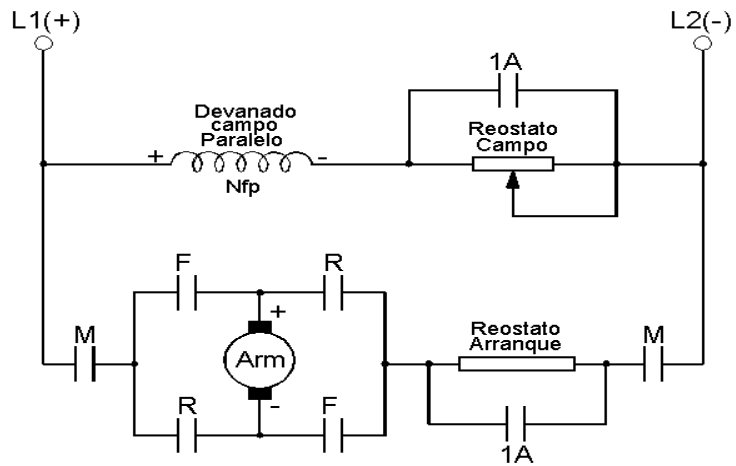


Figura 46: Circuito de Fuerza, frenado por inversión de giro Motor DC.

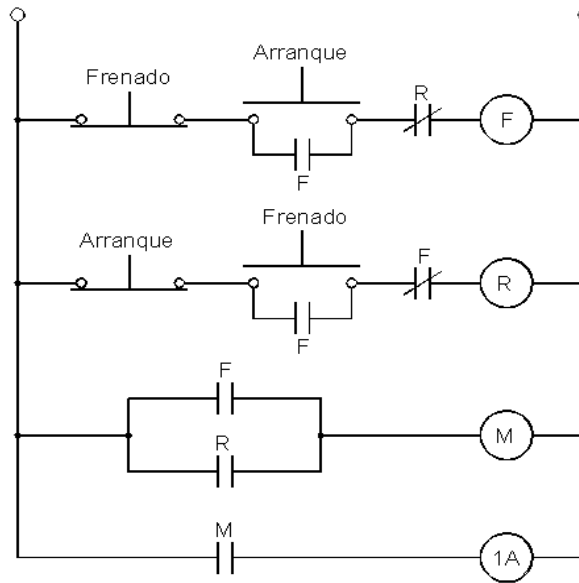


Figura 47: Circuito de Control y Mando, Frenado por inversión de giro Motor DC.

4.1.6 Procedimiento:

Iniciar el programa TIA Portal V13.



Figura 48: Icono para acceso directo del programa TIA Portal V13

Después de Iniciar el programa aparecerá la ventana de inicio, donde tendremos las opciones de: Abrir proyecto existente, Crear proyecto, migrar proyecto, entre otros. Seleccionamos la opción *Crear proyecto*.

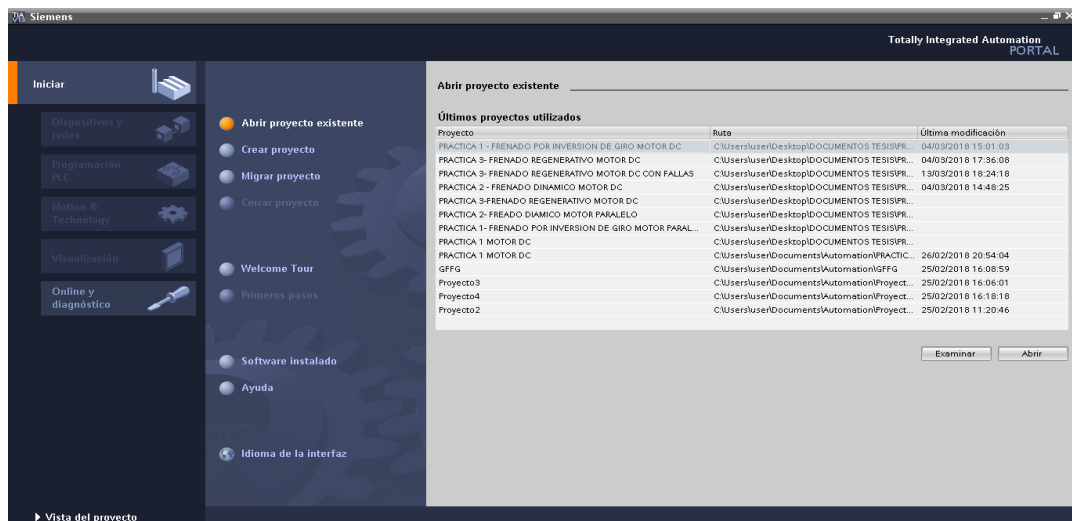


Figura 49: Ventana de inicio del programa TIA Portal V13

En la opción de *Crear proyecto* debemos llenar los siguientes datos: Nombre proyecto, Ruta, Autor, Comentario. Para finalizar seleccionamos la opción *Crear* y de forma consecutiva se creará la carpeta del proyecto.

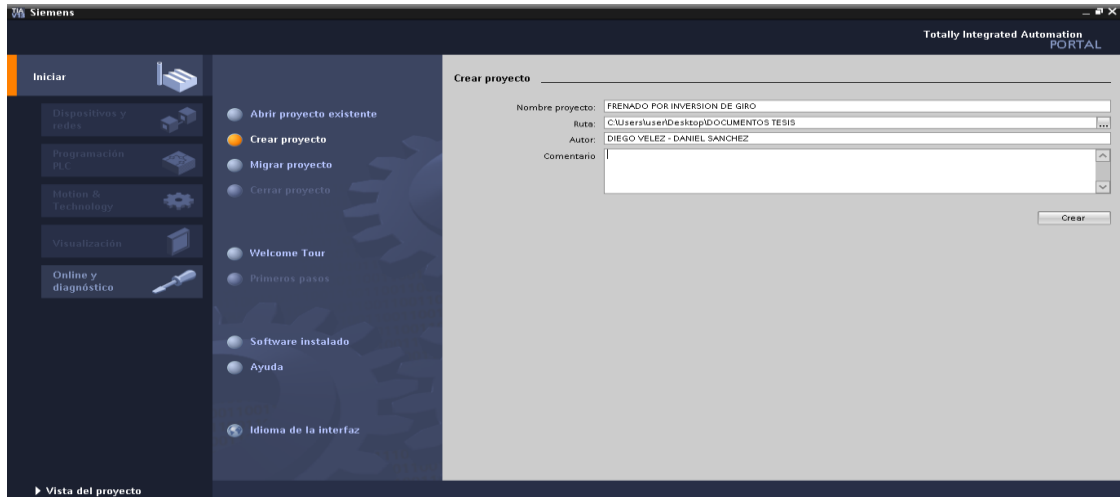


Figura 50: Ventana para crear programa en TIA Portal V13

Luego del proceso anterior, automáticamente se abrirá nuevamente la ventana de inicio del programa, pero esta vez seleccionando la opción *Primeros Paso*, en la cual debemos de escoger la opción de *Configurar un dispositivo*.



Figura 51: Ventana de inicio para configurar dispositivo en TIA Portal V13

A continuación, nos saldrá dentro de la ventana de inicio seleccionado la opción *Dispositivos y redes* en la cual deberemos elegir *Agregar dispositivos*, de forma consecutiva vamos a escoger al PLC dentro de la pestaña *Controladores* siguiendo los siguientes pasos:

- a. SIMATIC S7-1200
- b. CPU
- c. CPU 1214 DC/DC/DC
- d. 6ES7 214-1 AG40-0XB0
- e. Versión: V4.0
- f. Agregar

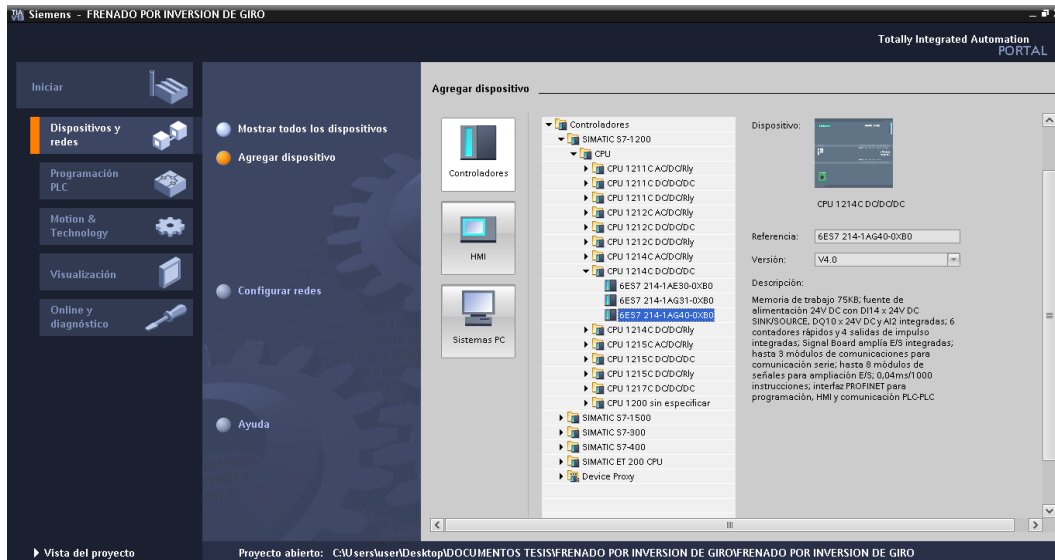


Figura 52: Ventana de inicio para agregar dispositivo en TIA Portal V13

Luego de tener agregado el dispositivo, se abrirá una pantalla que ilustrará el Árbol del Proyecto, Dispositivos, Vista detallada, Catalogo de hardware, Vista general, Información, Diagnostico y Propiedades del dispositivo, esta ventana básicamente será nuestra área de trabajo.

En simultáneo elegimos la Signal Board y la ubicamos del lado derecho de la venta siguiendo los siguientes pasos:

- a. Catálogo
- b. Signal Boards
- c. AQ
- d. AQ 1x12BIT
- e. 6ES7 232-4HA30-0XB0

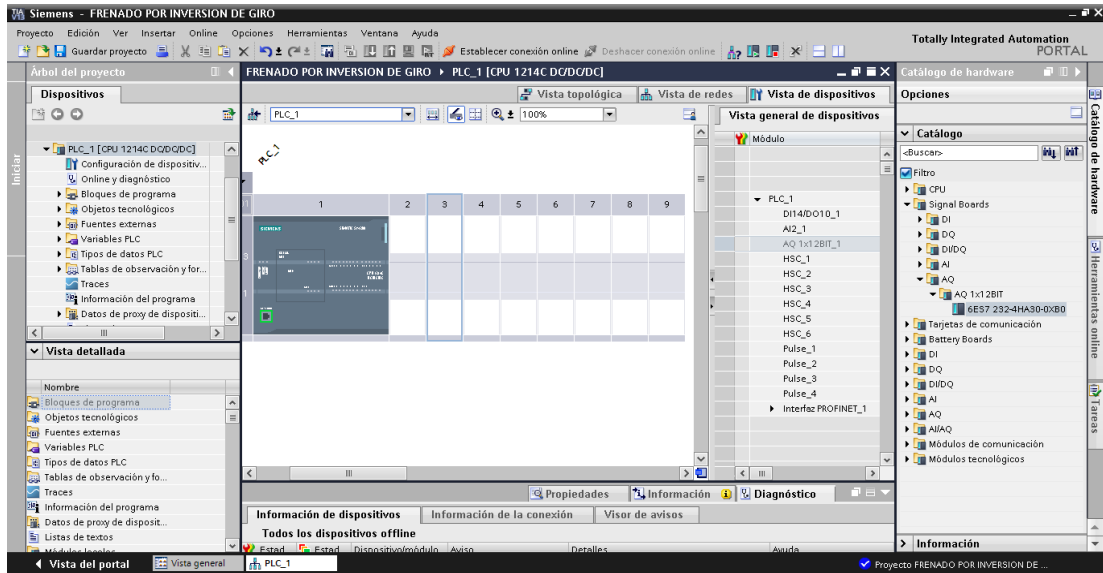


Figura 53: Ventana de asignación de Signal Board en TIA Portal V13

Luego de configurar el dispositivo y la Signal Boards, agregamos la Marca de ciclo que controlará el indicador luminoso (Simulador de Falla) de forma intermitente con el cual se pretende mostrar una falla o desconexión de la red, mediante el contacto M50.3 (Clock_2Hz) ya que este modifica su estado binario periódicamente con un ciclo de trabajo en nuestro caso será de 2Hz.

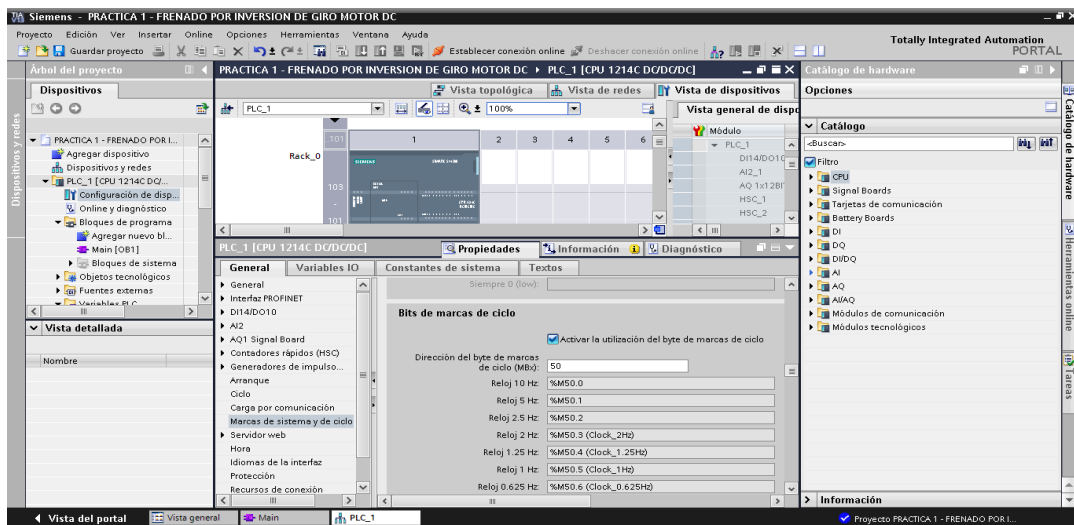


Figura 54: Ventana de configuración de Marca de ciclo en TIA Portal V13

Establecemos los parámetros de todas variables que vamos a utilizar en cada uno de los segmentos de la programación para esto vamos a seleccionar: *PLC_1 [CPU 1214C*

DC/DC/DC], Variables PLC, Mostrar todas las variables. Dentro de la tabla de variables asignaremos el Nombre, Tipo de datos y la Dirección.

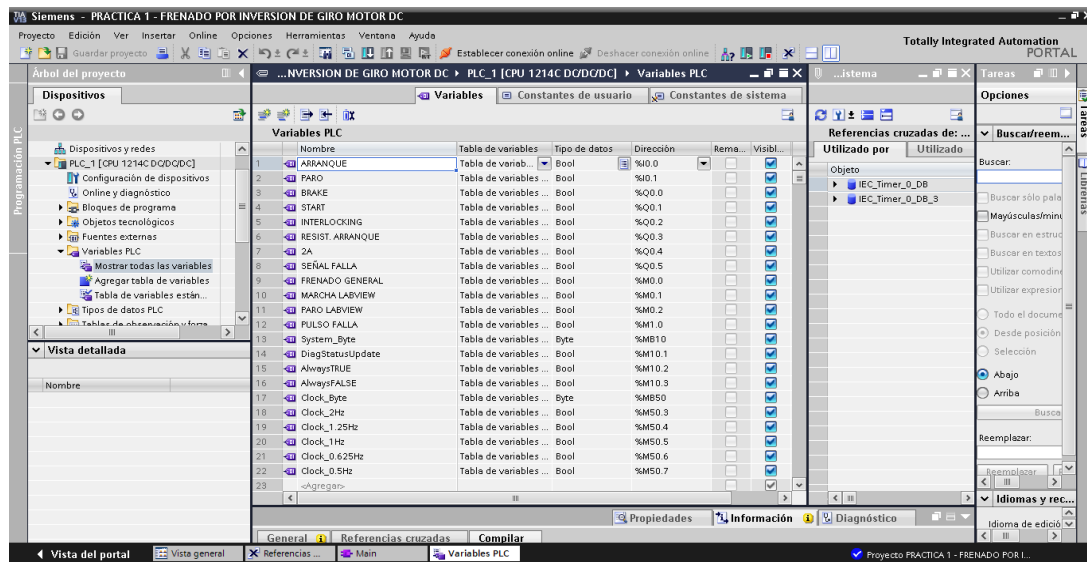


Figura 55: Ventana de Variables PLC de programa en TIA Portal V13

Procedemos con la programación mediante el lenguaje de programación gráfico o esquema de contactos, para poder comenzar la configuración seleccionamos: *PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]*, *Bloques de programa*, *Main [OB1]*. A partir de esto los elementos para el esquema del circuito se agrupan en segmentos.

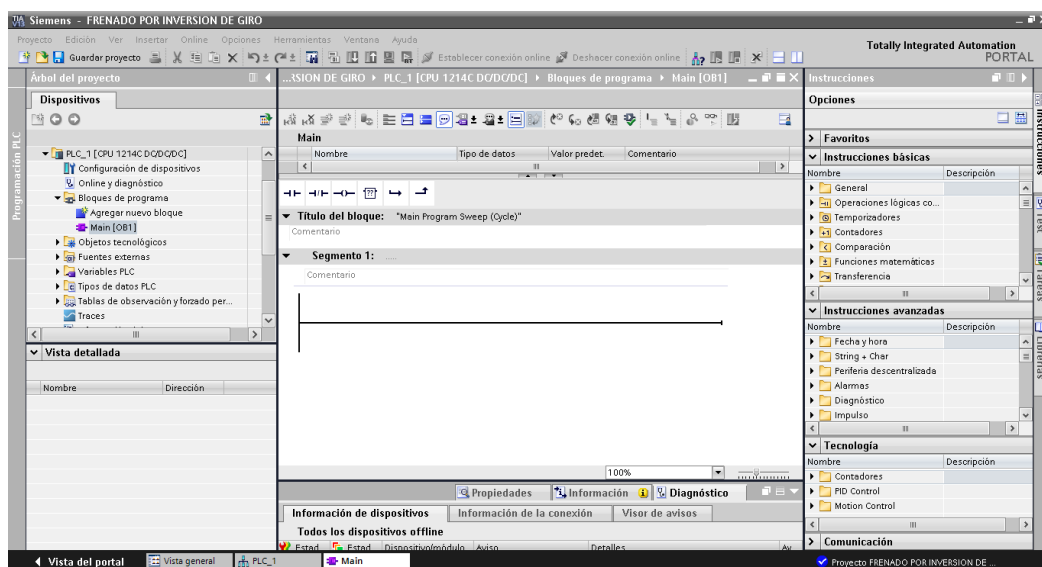


Figura 56: Ventana de trabajo de bloques de programa en TIA Portal V13

En la parte derecha de la ventana tenemos el menú de Instrucciones básicas dentro del cual tenemos los elementos que formaran parte de los segmentos que vamos a programar. Las funciones de cada segmento serán las siguientes:

Segmento 1

El pulsador o señal de entrada I0.0 (ARRANQUE) activará la bobina o señal de salida Q0.1 (START) a su vez este accionará el contacto normalmente abierto Q0.1 (START). Los controladores de PARO LABVIEW en serie a la entrada I0.1 (PARO) y MARCHA LABVIEW en paralelo a la entrada I0.0 (ARRANQUE) para realizar el control mediante la simulación del software NI LabVIEW.

El contacto normalmente cerrado M1.0 (PULSO FALLA) actuará como simulador desde la simulación del software NI LabVIEW y permitirá la activación intermitente de un indicador de salida.

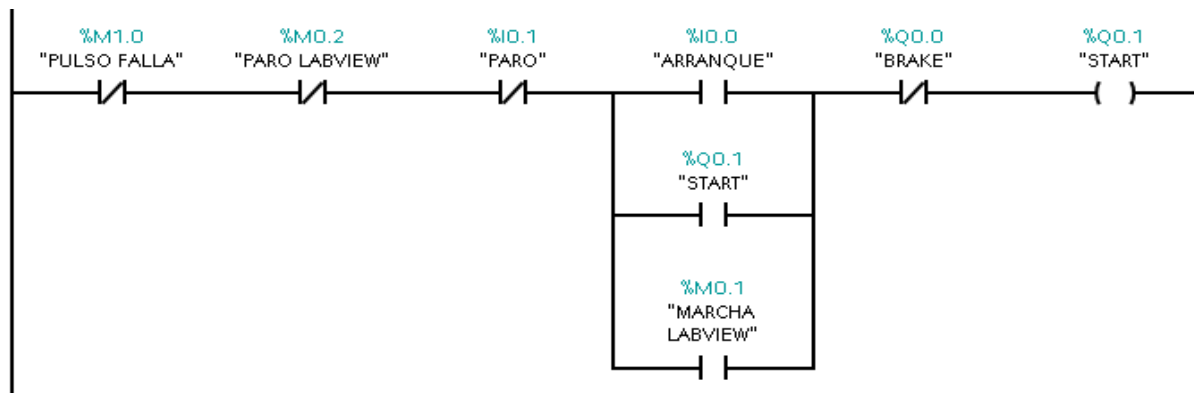


Figura 57: Segmento de programación 1.

Segmento 2

El pulsador o señal de entrada I0.1 (PARO) activará la bobina o señal de salida Q0.0 (BRAKE) a su vez este accionará el contacto normalmente abierto Q0.0 (BRAKE).

Los controladores de MARCHA LABVIEW en serie a la entrada I0.0 (ARRANQUE) y PARO LABVIEW en paralelo a la entrada I0.1 (PARO) para realizar el control mediante la simulación del software NI LabVIEW.

El contacto normalmente cerrado M1.0 (PULSO FALLA) actuará como simulador desde la simulación del software NI LabVIEW y permitirá la activación intermitente de un indicador de salida.

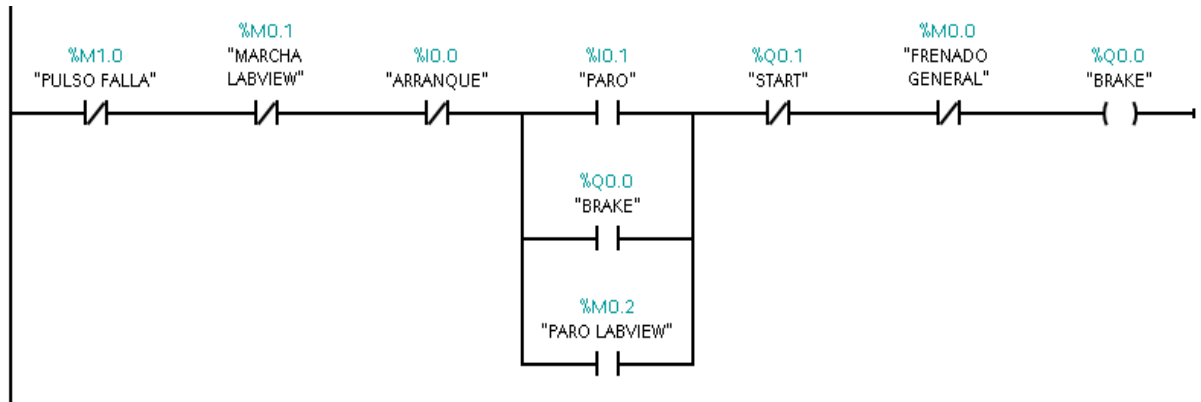


Figura 58: Segmento de programación 2.

Segmento 3

El contacto normalmente abierto M1.0 (PULSO FALLA) actúa directamente como simulador de Falla desde la simulación del software NI LabVIEW, al ser accionado permite que la bobina o señal de salida Q0.5 (SEÑAL FALLA) mande un pulso que produzca una luz intermitente en el módulo de automatización utilizando la marca de ciclo M50.3 (Clock_2Hz).

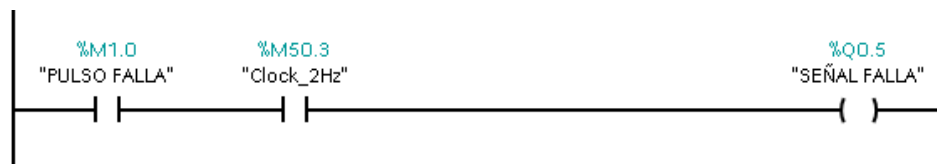


Figura 59: Segmento de programación 3.

Segmento 4

Los contactos normalmente abiertos Q0.0 (BRAKE) y Q0.1 (START) se activarán en función de las bobinas o señales de salidas Q0.0 (BRAKE) y Q0.1 (START) respectivamente. Basta que uno de estos contactos se cierre para activar la bobina o señal

de salida Q0.2 (INTERLOCKING) que funciona como enclavamiento para activar el circuito de control del arranque del motor.

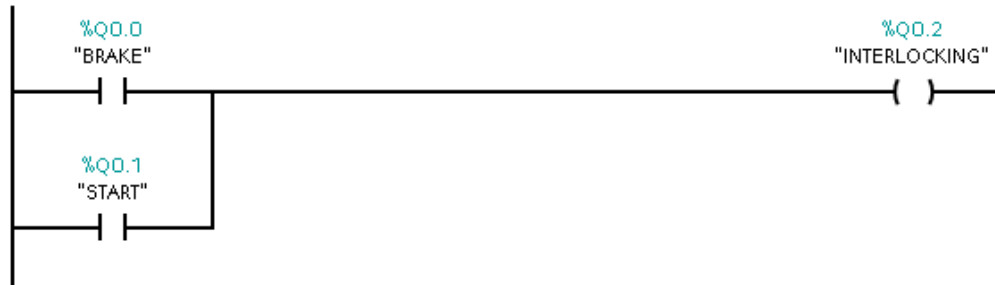


Figura 60: Segmento de programación 4.

Segmento 5

El contacto normalmente abierto Q0.2 (INTERLOCKING) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.2 (INTERLOCKING), el cual activará un Timer TON (Retardo al conectar) DB1, luego de un tiempo de 3500ms cerrará sus contactos y activará la bobina o señal de salida Q0.3 (RESIST. ARRANQUE), el cual controla el circuito de fuerza de la resistencia de arranque del motor.

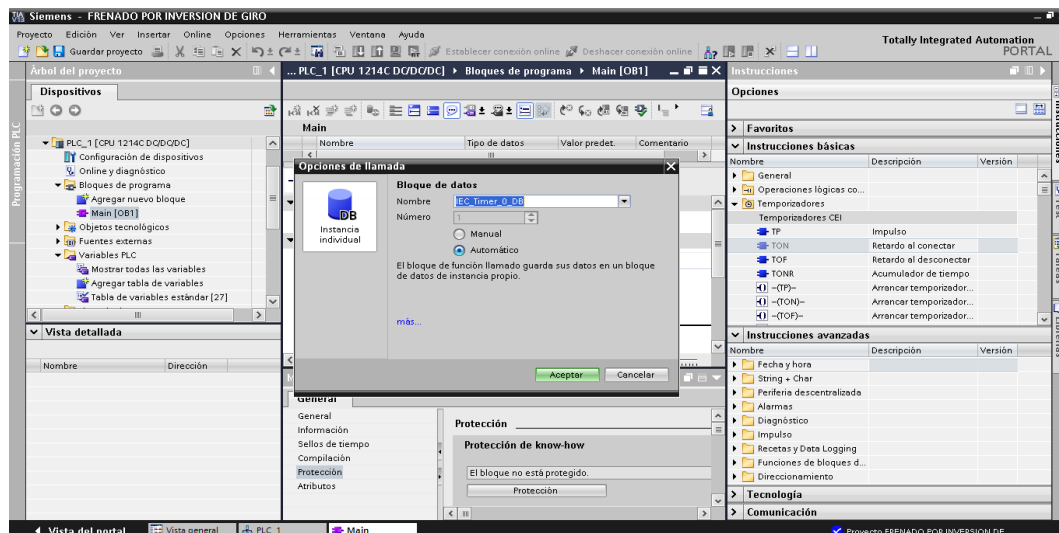


Figura 61: Selección de Timer TON en TIA Portal V13

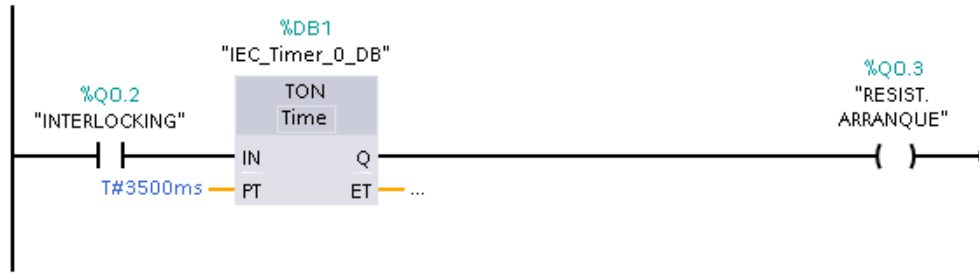


Figura 62: Segmento de programación 5.

Segmento 6

El contacto normalmente abierto Q0.0 (BRAKE) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.0 (BRAKE), el cual activará un Timer TON (Retardo al conectar) DB4, luego de un tiempo de 360ms cerrará sus contactos y activará la Marca M0.0 (FRNADO GENERAL), el cual actuará como frenado general ya que controlará el tiempo de inercia del frenado del motor.

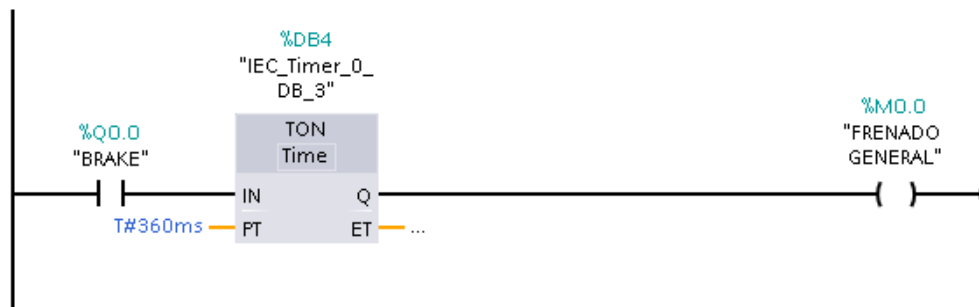


Figura 63: Segmento de programación 6.

Después de terminar la configuración del programa vamos a seleccionar la opción *Compilar* que se encuentra en lo superior de la ventana para fijar todos los parámetros establecidos en todos los segmentos del programa nos mostrara una pequeña ventana.

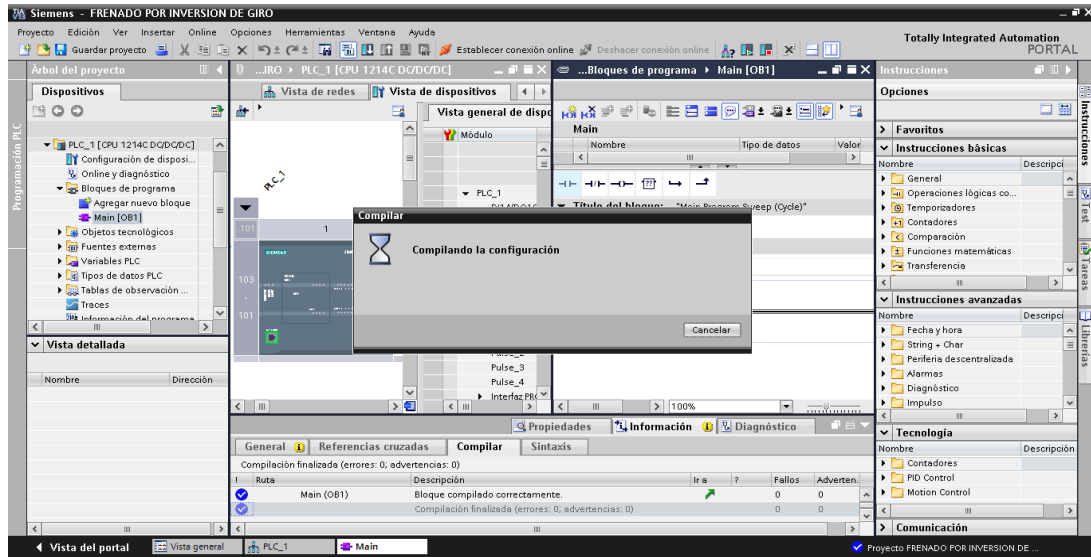


Figura 64: Compilación del programa en TIA Portal V13

Luego de realizar la compilación seleccionamos la opción *Cargar en dispositivo* para guardar toda la programación en la memoria del PLC. Nos aparecerá una ventana en la cual debemos seleccionar el Tipo de interfaz PG/PC (PN/IE) y la Interfaz PG/PC (Realtek PCIe FE Family Controller), en consecuencia damos clic en *Iniciar búsqueda* y *Cargar* para finalizar.

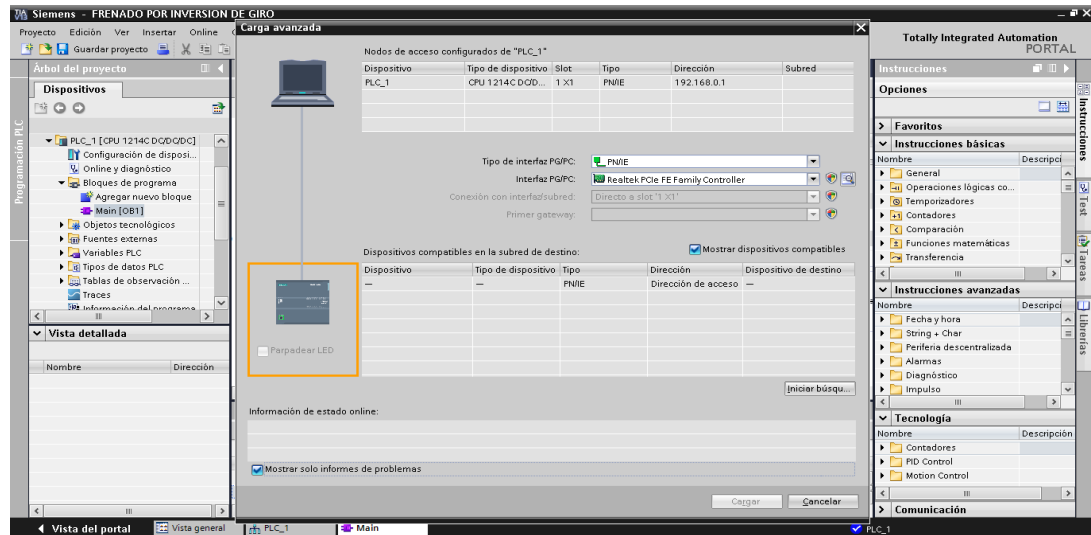


Figura 65: Ventana para cargar en dispositivo en TIA Portal V13.

Después de compilar y cargar en el dispositivo toda la programación seleccionamos la opción *Establecer conexión online*, de esta forma tenemos listo el programa desde el TIA

Portal V13. Enlazamos todas las variables con la interfaz de OPC Servers, de tal manera que comunicamos de un lado al programa del PLC y por otro lado al simulador del LabView, obteniendo una arquitectura entre la fuente de datos y la plataforma de simulación. De tal manera que procedemos a ejecutar el administrador del OPC.



Figura 66: Icono para acceso directo del Administrador del OPC Servers.

Luego de iniciar el software nos abrirá una ventana con una descripción de NI OPC Servers – Runtime. Dentro de la cual trabajaremos en la arquitectura del proyecto lo primero que debemos hacer es crear un nuevo canal de enlace para esto damos clic derecho en el primer cuadro del lado izquierdo y seleccionamos *New Channel*, elegimos el nombre y seleccionamos en *Siguiente*.

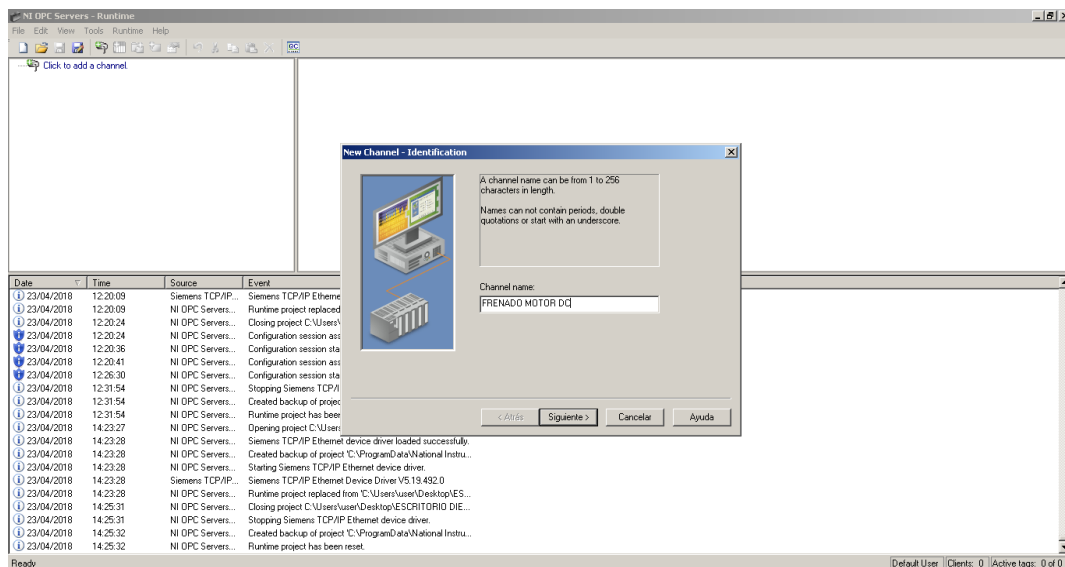


Figura 67: Ventana de inicio del Administrador del OPC Servers.

Luego de esto nos pedirá elegir el Controlador de Dispositivo (Device driver), donde vamos a elegir la opción de *Siemens TCP/IP Ethernet* y damos *Siguiente*.

A continuación, nos pedirá seleccionar el tipo de Adaptador de red (Network Adapter), donde vamos a elegir la opción que se muestra con la dirección IP y damos *Siguiente*.

Después se mostrarán dos ventanas en consecutivo de: Escribir Optimizaciones (Write Optimizations) y Manejo de Flotación no normalizada (Non-Normalized Float Handling) en ambas dejamos por default la información y damos *Siguiente*.

Cuando hayamos cumplido todos estos pasos nos mostrará en un pequeño resumen (Summary) de la configuración que hayamos seleccionado y damos *Finalizar*.

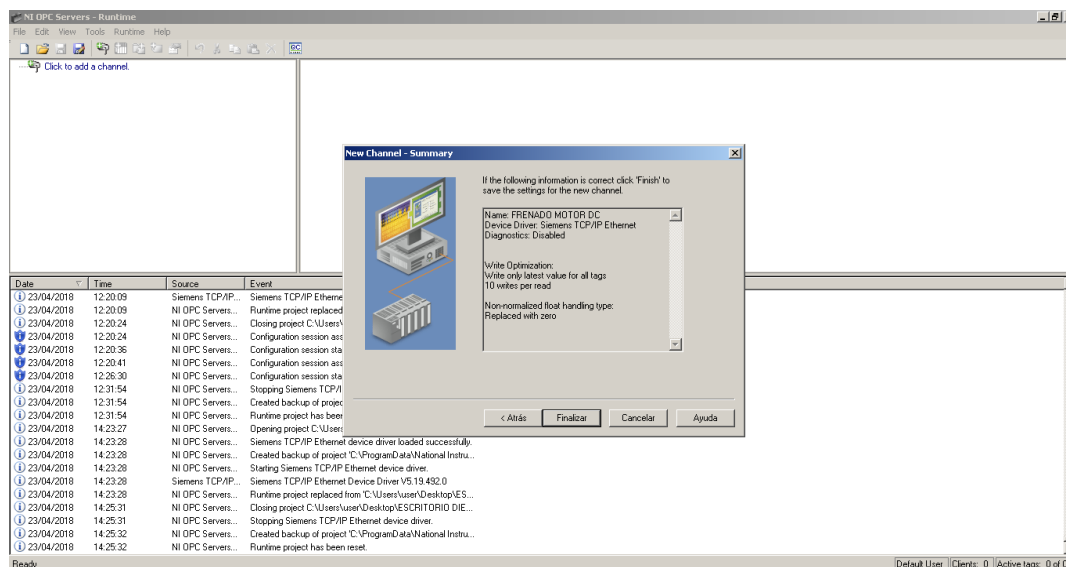


Figura 68: Resumen de la configuración del dispositivo en el OPC Servers.

Tenemos que seleccionar el PLC o dispositivo que vayamos a utilizar, para esto vamos a dar un clic sobre la opción Seleccionar dispositivo (*Click to add a Device*), en una nueva ventana nos pedirá el Nombre del dispositivo (*Device name*) vamos a poner PRACTICA 1 FRENADO POR INVERSION DE GIRO y damos *Siguiente*, luego nos pedirá el Modelo del dispositivo (*Device model*) vamos a elegir *S7-1200* y damos *Siguiente*.

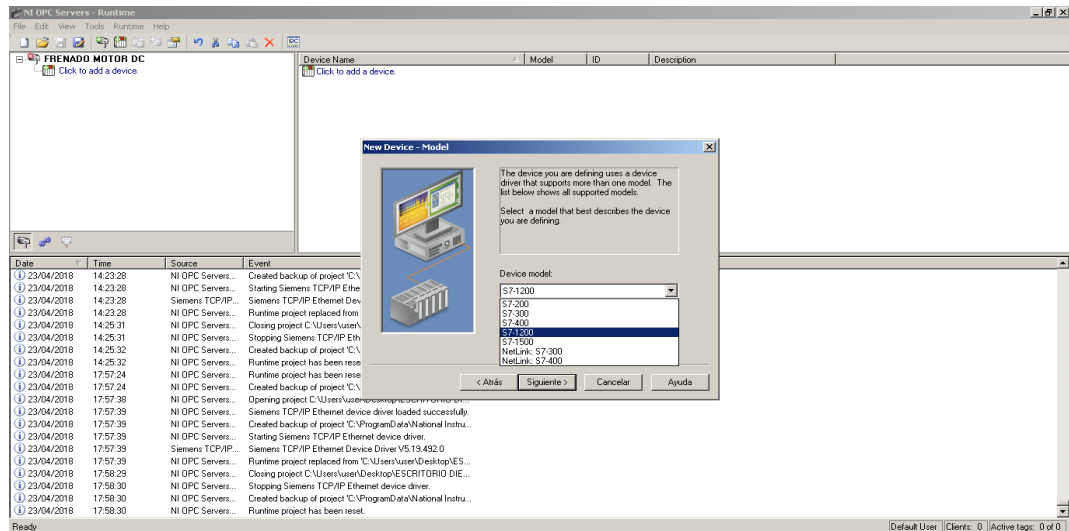


Figura 69: Ventana de selección de dispositivo en el OPC Servers.

Una vez seleccionado el dispositivo nos pedirá la Dirección IP (Device ID) para esto vamos a abrir nuevamente el programa del TIA Portal y vamos a seleccionar: *PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]*, Configuración de dispositivo, Propiedades, General, Direcciones Ethernet, buscamos en la parte que dice Protocolo IP y específicamente nos mostrara la dirección IP del PLC.

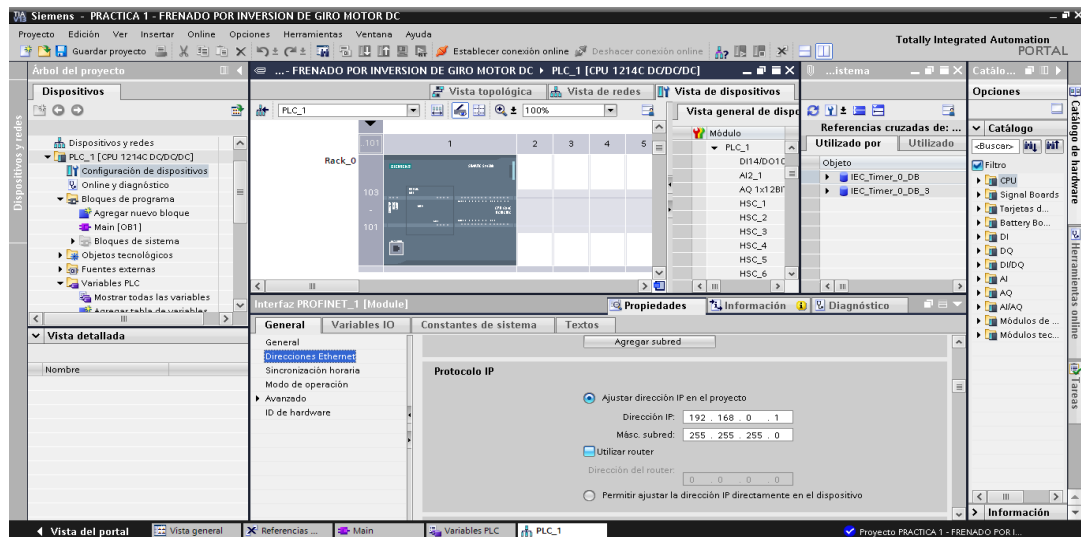


Figura 70: Dirección IP del dispositivo dentro del programa TIA Portal V13.

Esta misma la colocaremos dentro del *Device ID* del OPC Server y damos *Siguiente*.

Después se mostrarán varias ventanas en consecutivo de: Modo de Escaneo (Scan Mode), Sincronización (Timing), Auto descenso (Auto-Demotion), Creación de base de datos (Database Creation), Parametros de comunicación (Communications Parameters), S7 Comm. Parameters, Opciones de direcciones (Addressing Options) en todas dejamos por default la información y damos *Siguiente*.

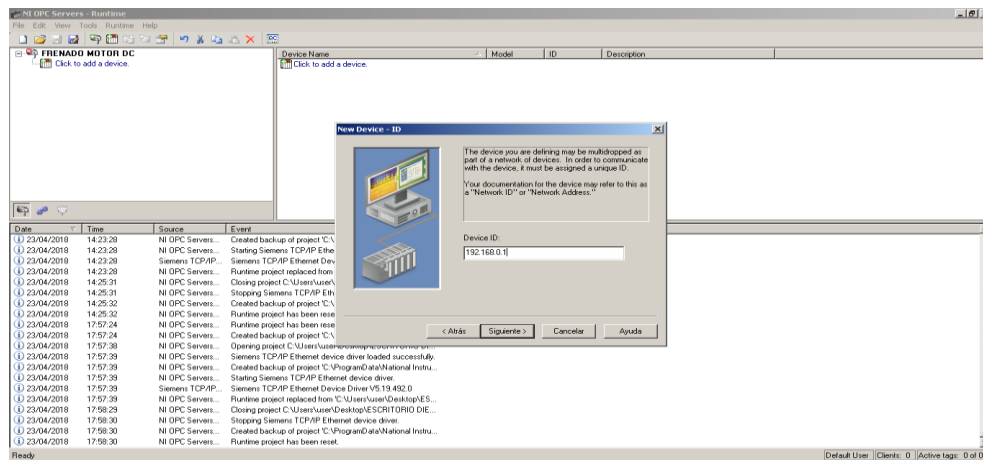


Figura 71: Configuración de la dirección IP del dispositivo en el OPC Servers.

Cuando hayamos cumplido todos estos pasos nos mostrará en un pequeño resumen (Summary) de la configuración que hayamos seleccionado y damos *Finalizar*.

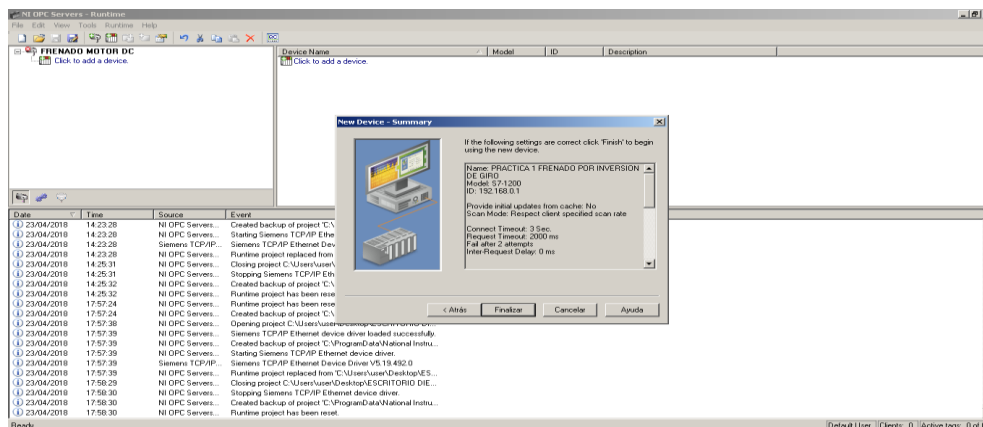


Figura 72: Resumen de la configuración del dispositivo en el OPC Servers.

Una vez cumplido todos estos pasos vamos a introducir todas las variables utilizadas en la programación del TIA Portal para poder comunicarlo con el simulador de LabView para esto añadimos las etiquetas estáticas en el OPC Servers (Click to add a static tag),

nos aparecerá una nueva ventana en la cual nos pedirá el nombre, dirección y descripción de las etiquetas, llenamos todos estos campos y damos *Aceptar*.

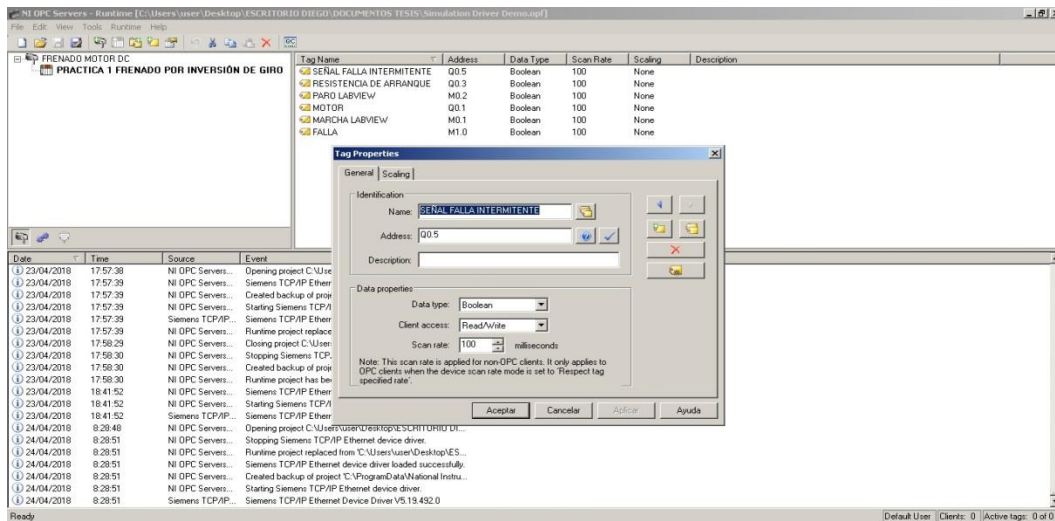


Figura 73: Configuración de las etiquetas de las variables en el OPC Servers.

Luego de tener todas las variables ingresadas en cada una de las etiquetas seleccionadas dentro del OPC Servers vamos a seleccionar el botón ubicado en la parte superior que tiene por nombre *Quick Client* para poder visualizar el comportamiento de cada una de las variables durante la comunicación entre la base de datos del programa y el simulador. Se nos mostrara una nueva ventana donde se podrá observar todo el desglose del canal que hemos configurado ya sean estos Estáticos o del Sistema.

Seleccionamos la opción FRENADO MOTOR DC. PRACTICA 1 FRENADO POR INVERSION DE GIRO. Dentro del cual vamos a verificar el Tipo de Dato (Data Type), Valor digital (Value) y marca de tiempo (Timestamp) de cada una de las variables al momento de la comunicación.

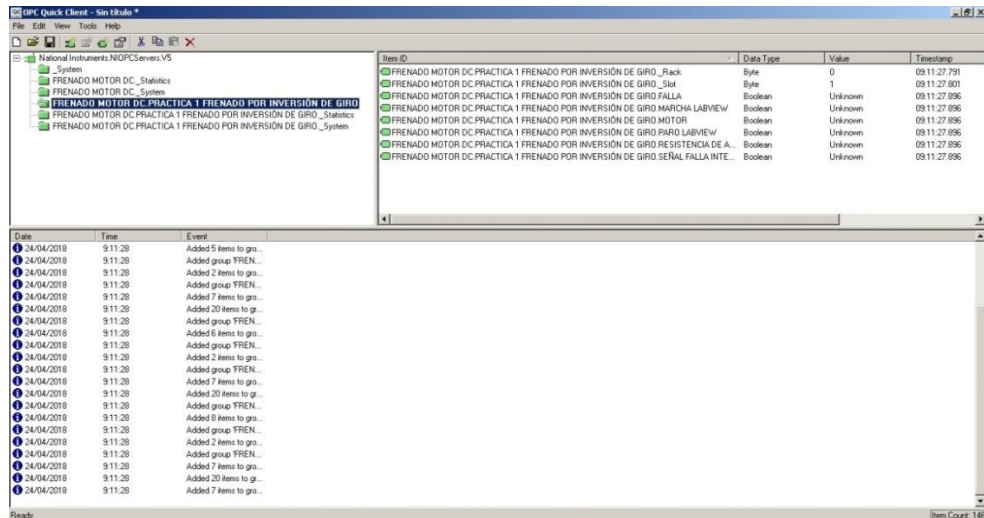


Figura 74: Ventana cliente rápido Quick Client en el OPC Servers.

Se procede con el diseño para la aplicación del Frenado por Inversión de giro de moto c.c. con un rápido acceso a toda la información y datos del programa mediante el software LabVIEW 2017 donde se pueda visualizar toda la ejecución de la programación. Para esto vamos a ejecutar el programa damos clic en el acceso directo del programa.



Figura 75: Icono para acceso directo del NI LabVIEW 2017.

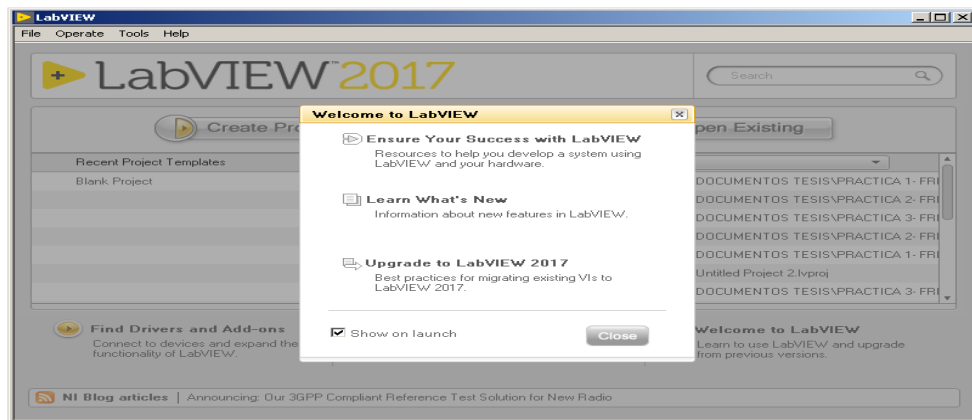


Figura 76: Ventana de Bienvenida del NI LabVIEW 2017.

LabVIEW nos permite manejar un lenguaje y un entorno de programación gráfica, para esto vamos a trabajar en dos ventanas de vital importancia: Panel Frontal donde tendremos los pulsadores, selectores, imágenes, etc, y Diagrama de Bloques que será la circuitería interna de cada uno de estos elementos antes mencionados.

Una vez hayamos iniciado el software creamos un nuevo proyecto dentro del cual vamos a trabajar, donde nos mostrará una ventana con el árbol de descripción del proyecto. Una vez dentro seleccionamos con un clic derecho en la pestaña *My Computer*, *New*, *Control*. Dentro de cada una de estas ventanas vamos a diseñar todos los elementos que utilizaremos dentro de nuestro Panel Frontal.

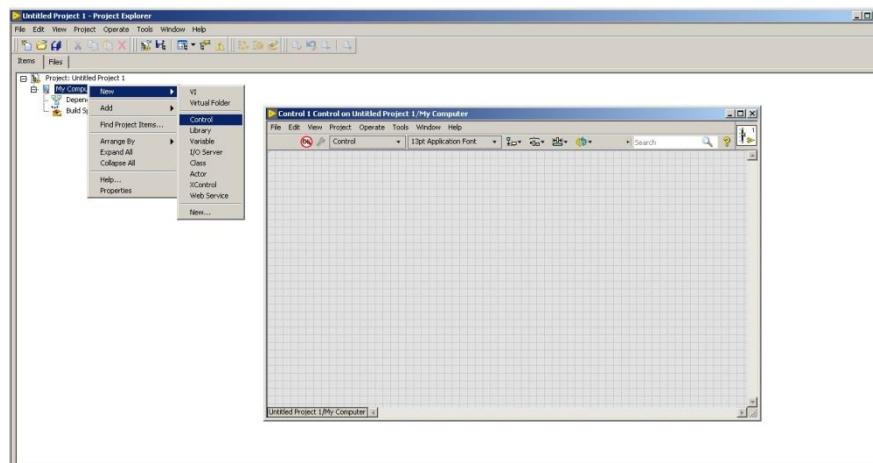


Figura 77: Selección de Ventana Control on Untitled del NI LabVIEW 2017.

Comenzamos a trabajar en la ventana de Control que tiene por nombre *Control on Untitled* en donde vamos a mostrar los elementos que utilizaremos en la simulación para lograr esto damos clic derecho sobre la ventana, nos aparecerá un menú desplegable con todos los controles que podemos utilizar para crear nuestro diseño, entre ellos tenemos *Modern*, *Silver*, *System*, *Classic*, *Express*, *NET & ActiveX*, *DSC Module*.

Vamos a elegir en la opción *Modern*, dentro de aquella nos aparecerán varias opciones: *Numeric*, *Boolean*, *String & Path*, *Array- Matrix & Cluster*, *List*, *Table- Table & Tree*, *Graph*, *Ring & Enum*, *Containers*, *I/O*, *Variant & Class*, *Decorations*, *Refnum*. Dentro de todas estas opciones encontraremos varios elementos para el diseño del Panel Frontal.

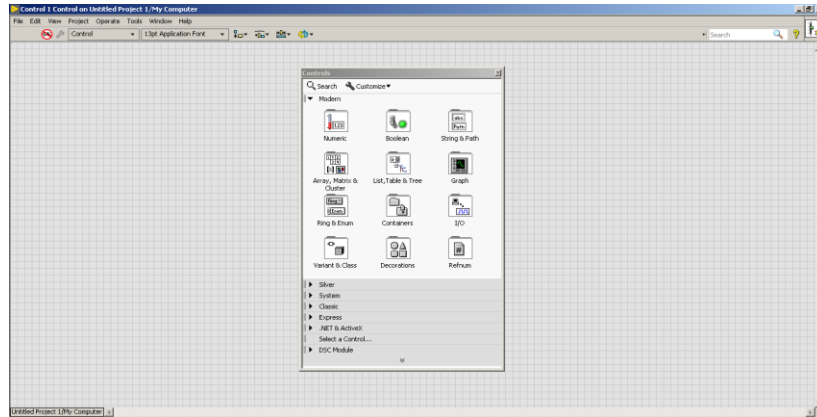


Figura 78: Selección de controles en Ventana Control del NI LabVIEW 2017.

Para nuestro caso en particular tenemos dos indicadores luminosos de: Encendido del motor y de Falla del sistema. Para el primer caso vamos al menú *3-D Pushbuttons* seleccionamos la opción *Green pilot light 2* para encendido y *Pilot light 2 (off)* para apagado.

Para ambos casos vamos a Seleccionar en *Boolean* la opción *Round Led* y arrastramos hasta la ventana del Panel Frontal. Se nos va a crear un indicador luminoso en el estado original que lo visualizamos.

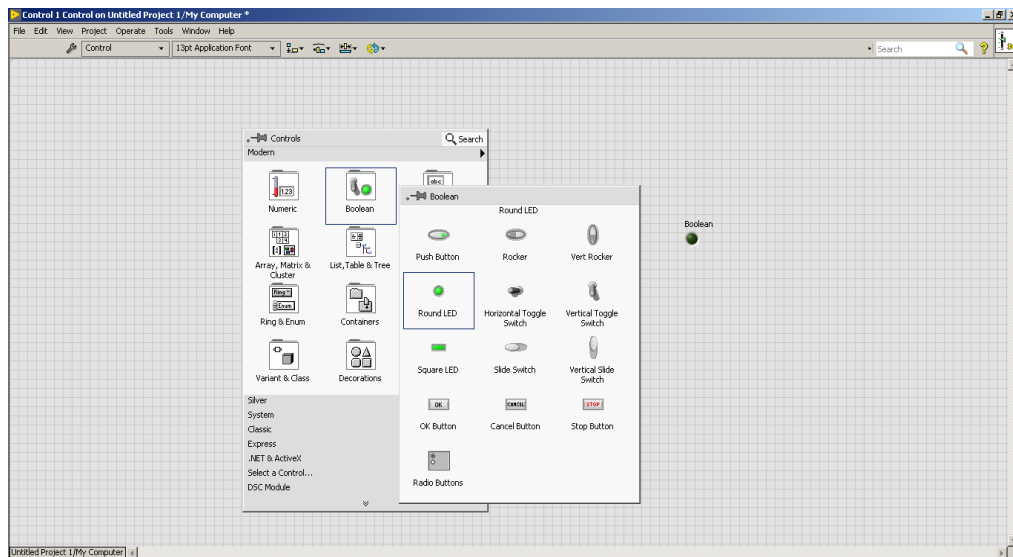


Figura 79: Selección de Indicador Luminoso en Ventana Control.

Luego vamos a seleccionar la forma que tendrá nuestro led, para esto vamos a la parte superior y damos clic sobre la opción *Tools, DSC Module, Image Navigator*, una ventana

con distintos tipos de categorías entre las cuales, *3-D Pushbuttons Etc.*, *Air Conditioning*, *Architectural*, *Arrows*, *Blowers*, *Etc.* Dentro de cada uno de estos encontraremos una variedad de modelos graficos para nuestro diseño.

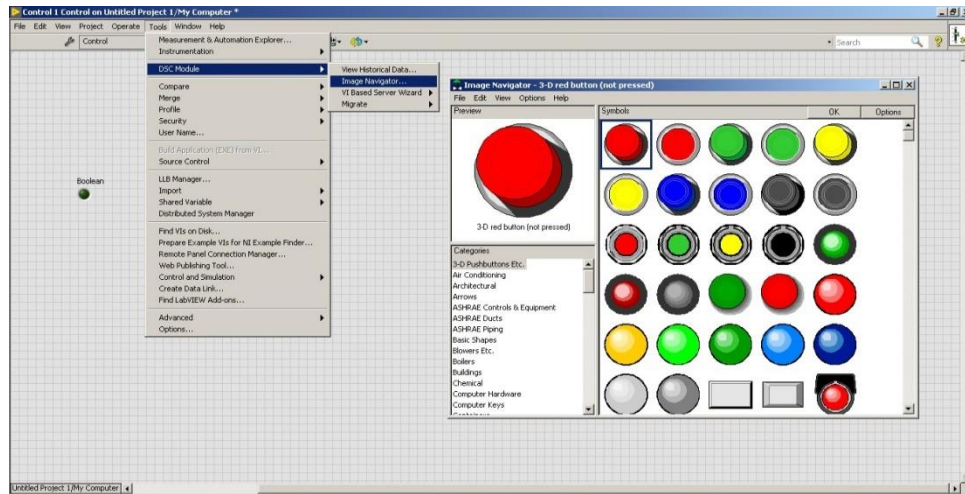


Figura 80: Selección de tipo de símbolo del Indicador luminoso.

Para poder personalizar cada uno de los indicadores con dos diferentes estados (encendido, apagado) vamos a dar clic sobre *Change to Customize Mode*. Cortamos la imagen que deseamos que se reemplace en el estado apagado y damos clic derecho sobre el indicador y elegimos *Import Picture From Clipboard* de esta manera se reemplazara el estado apagado del indicador por el *Pilot light 2 (off)*, de la misma forma cambiamos el estado encendido por el *pilot light 2*. Para el segundo caso vamos al menú *3-D Pushbuttons* seleccionamos la opción *Red pilot light 2* para encendido y *Pilot light 2 (off)* para apagado.

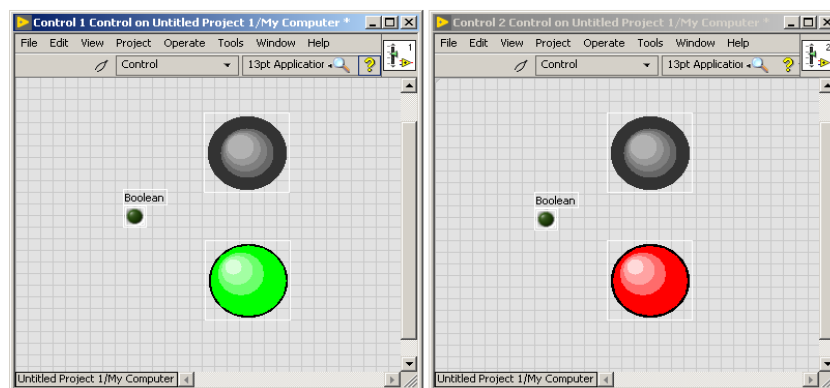


Figura 81: Selección de personalización de símbolo del Indicador luminoso.

Luego de cambiar el estado de personalización de nuestros indicadores luminosos vamos a añadir tres pulsadores que serán los encargados del Arranque, Frenado y Simulador de Falla.

Para todos los casos vamos a dar clic derecho sobre una nueva pantalla de control (una para cada pulsador), y seleccionamos *Modern*, *Boolean*, *Rocker*, arrastramos este elemento a la ventana de control.

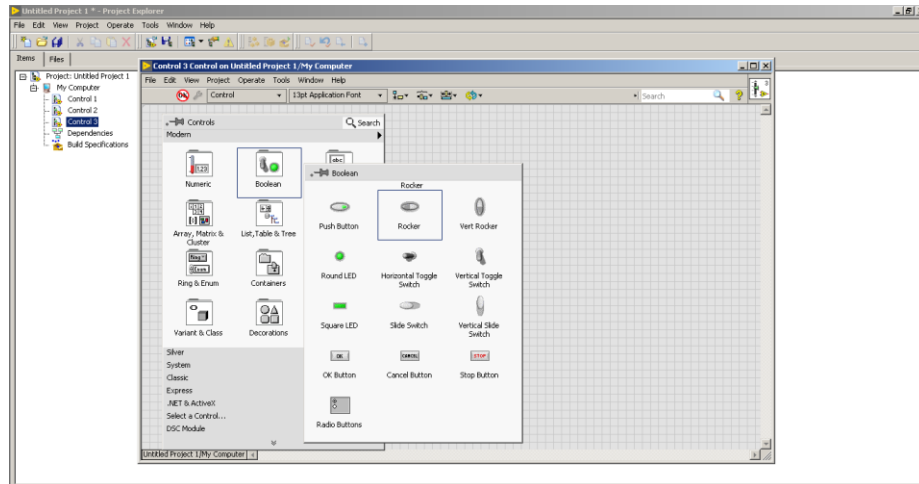


Figura 82: Selección de Pulsador en Ventana de Control.

Para poder personalizar cada uno de los pulsadores con dos diferentes estados (ON, OFF) vamos a dar clic sobre *Change to Customize Mode*. Cortamos la imagen que deseamos que se reemplace en el estado OFF y damos clic derecho sobre el indicador y elegimos *Import Picture From Clipboard*. Para reemplazar tenemos: *3-D red button (not pressed)*, *3-D green button (not pressed)* y *3-D yellow button (not pressed)*.

De la misma manera para el estado ON damos clic derecho sobre el indicador y elegimos *Import Picture From Clipboard*. Para reemplazar tenemos: *3-D red button (pressed)*, *3-D green button (pressed)* y *3-D yellow button (pressed)*.

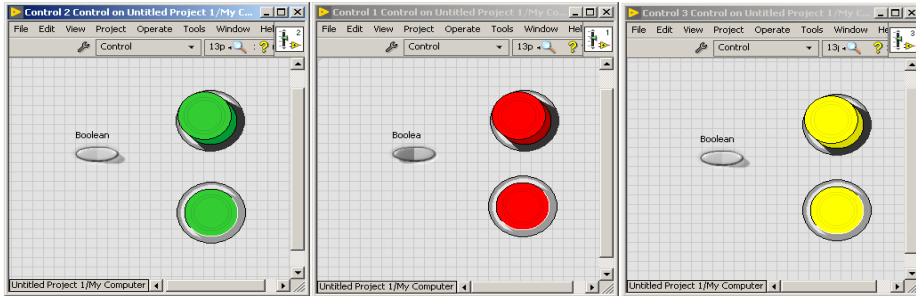


Figura 83: Selección de personalización de Pulsador.

Vamos a tener dos imágenes funcionando en simultáneo que van a simular, tanto un motor funcionando que parte de la inercia con una resistencia de arranque de arranque en paralelo al devanado de campo, y acelerando al momento que un contacto normalmente abierto se cierra y cortocircuita la resistencia de arranque. Para lo cual damos clic sobre la opción *Tools, DSC Module, Image Navigator*. Dentro de la ventana del navegador de imágenes seleccionamos *Blowers Etc.*

Para el motor vamos a seleccionar dos estados para simular el movimiento de las aspas del motor: *Cool Fan (animation frame 1)* y *Cool Fan (animation frame 2)*.

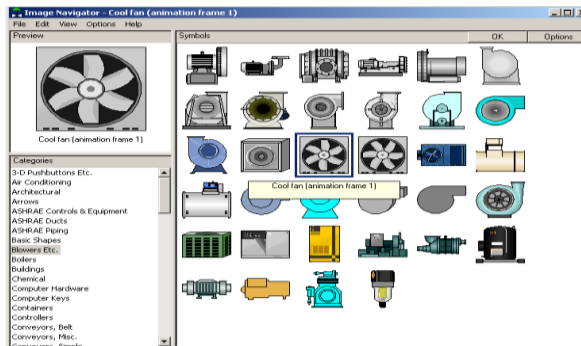


Figura 84: Selección de personalización de Aspas del Motor.

Para el contactor que cambiara su estado de abierto ha cerrado que hará esta simulación en paralelo a la resistencia de arranque seleccionamos la opción *Tools, DSC Module, Image Navigator*. Dentro de la ventana del navegador de imágenes seleccionamos *Electrical*. Los dos estados del contactor que vamos a elegir son: *Normally closed relay contact* para cerrado y *Normally open relay contact* para abierto.

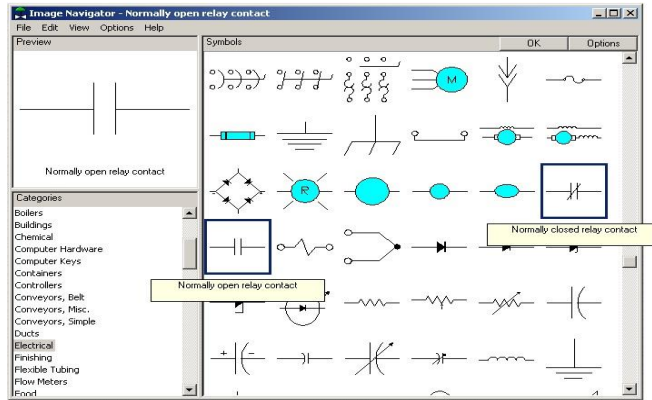


Figura 85: Selección de personalización de Contacto abierto-cerrado.

Una vez diseñados los elementos que vamos a utilizar, creamos la pantalla y la configuración del diagrama de bloques para esto vamos a necesitar abrir las pantallas correspondientes al VI de tal manera que damos clic derecho en la pantalla de inicio del LabVIEW sobre: *My Computer, New, VI*.

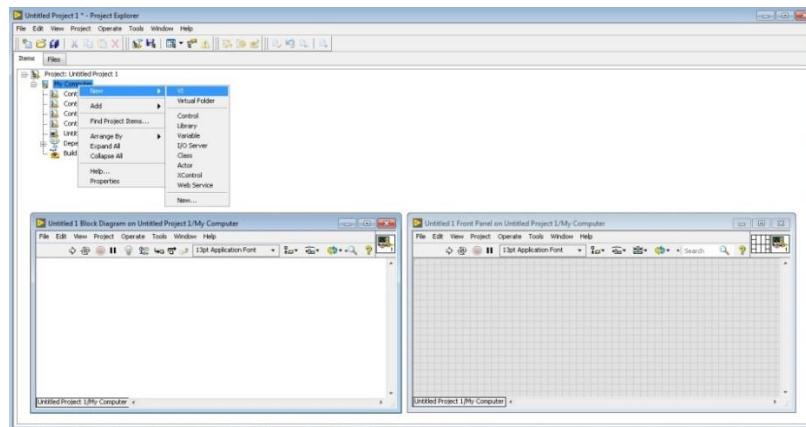


Figura 86: Creación del VI (Panel Frontal y Diagrama de Bloques).

Una vez creadas las pantallas vamos a incluir todos los elementos sobre el Panel Frontal del VI, damos clic derecho y elegimos la opción *Select a Control* y se desplegará una ventana en la cual podremos examinar la ubicación de los elementos diseñados anteriormente y colocarlos dentro del panel frontal.

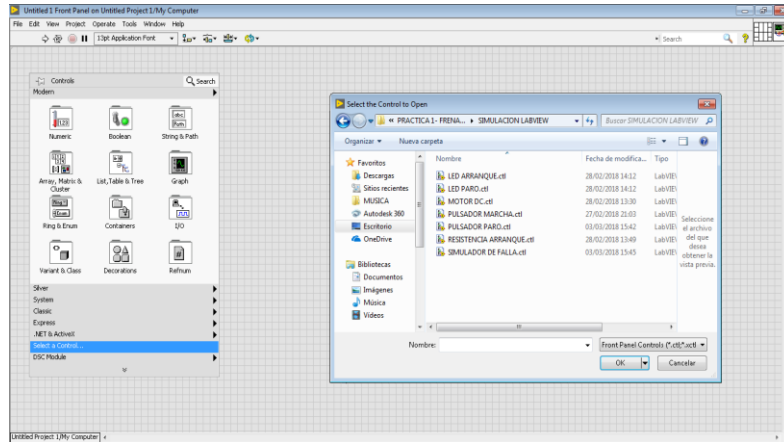


Figura 87: Selección de elementos guardados dentro del Panel Frontal.

Necesitamos incluir también un cuadro de texto que mostrará el mensaje de falla del sistema que actuará en conjunto con el simulador de Falla. Para esto damos clic derecho, dentro del menú de controles elegimos: *Modern*, *String & Path*, *String Indicator*. Arrastramos el cuadro a la ventana junto a los demás elementos.

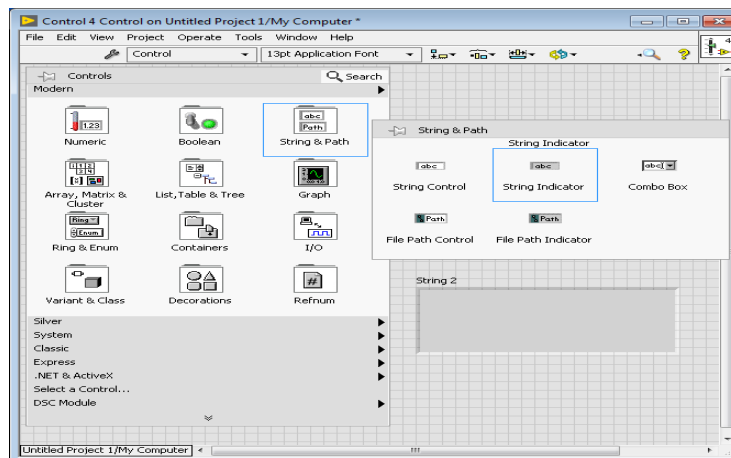


Figura 88: Selección de Cuadro de Texto en el Panel Frontal.

Para finalizar la pantalla que tendrá el panel frontal agregamos varios textos para indicar el nombre o la descripción de cada elemento entre los cuales tenemos el tema de la práctica Frenado por inversión de giro, Simulador de Falla, Arranque, Frenado, Resistencia de Arranque, Encendido y Falla.

Cuando tengamos todos los elementos completos podremos visualizar el panel Frontal de la práctica para simular, visualizar y controlar.



Figura 89: Ventana del Panel Frontal final en LabVIEW.

Luego vamos a trabajar sobre la ventana Diagrama de Bloques, es decir en la programación mediante lenguaje bloques, de todos los elementos ubicados en el Panel Frontal. Dentro de esta ventana podremos unir con líneas a los elementos según la lógica que tenga que cumplirse además de contar con un menú de funciones de programación para los bloques designados al proyecto, entre las cuales tenemos: *Programming, Measurement I/O, Instrument I/O, Mathematics, Signal Processing, Data Communication, Connectivity, Control & Simulation, Express, Addons, DSC Module.*

En primer lugar vamos a crear una estructura While Loop para lo cual elegimos: *Programming, Structures, While Loop* y seleccionamos el área que encerrara toda la estructura.

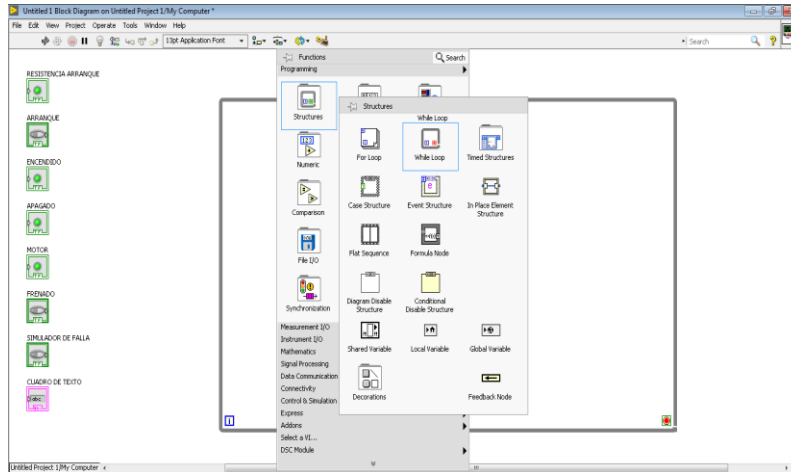


Figura 90: Selección de Estructura While Loop en Block Diagram.

Para poder simular el movimiento de las aspas del motor a través del LabVIEW tenemos que configurar la lógica a través de nuevas estructuras para lo cual elegimos: *Programming, Structures, Case Structure* y *Flat Sequence* respectivamente y seleccionamos el área que cada una ocupará. Para la estructura Flat Sequence damos clic derecho sobre la misma y seleccionamos Add Frame para añadir una estructura similar adjunta.

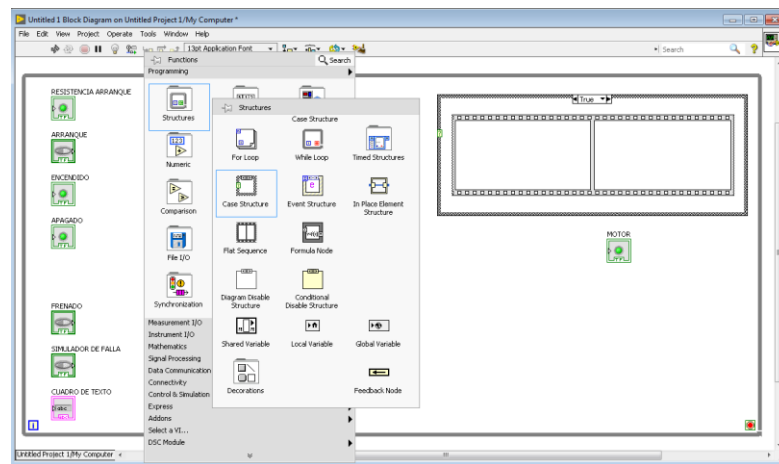


Figura 91: Selección de Estructura While Loop en Block Diagram.

Ubicamos los elementos respectivos dentro de las estructuras asignadas, para poder temporizar la secuencia de las imágenes que van a simular el movimiento de las aspas del motor.

Necesitamos variables locales de los dos estados de movimiento del motor para esto damos clic derecho sobre el bloque Booleano MOTOR y seleccionamos *Create, Local Variable* en total vamos a necesitar tres controles.

Luego vamos a necesitar crear una constante (True or False) para poder cumplir la lógica de la estructura para lo cual damos clic derecho sobre el Booleano MOTOR y seleccionamos *Create, Constant*.

Agregamos los temporizadores que se encarguen de activar y desactivar la secuencia para lo cual damos clic derecho y seleccionamos: *Timing, Wait (ms)*, luego le damos un valor de tiempo en milisegundos a cada uno dando clic derecho sobre el temporizador seleccionamos: *Create, Constant*. Para la primera y segunda secuencia serán 400msg y 150msg respectivamente.

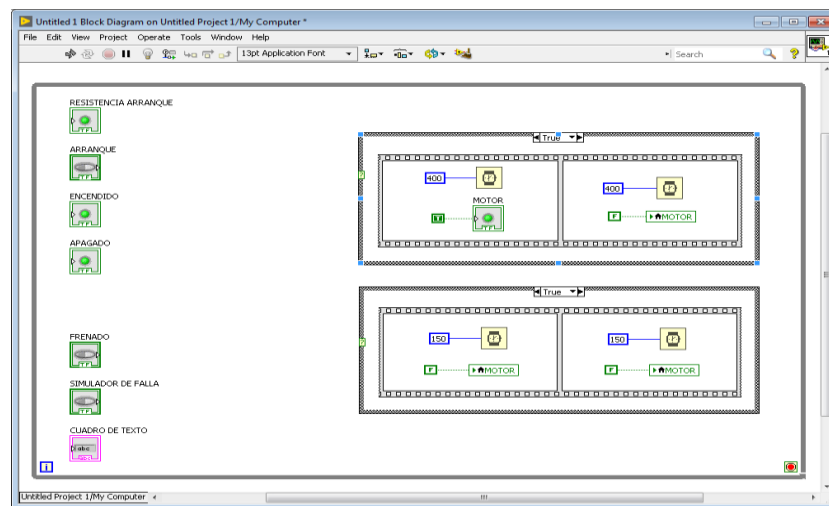


Figura 92: Configuración de Lógica secuencial en Cuadros de Estructuras.

Para la programación vamos a agregar dos compuertas AND y NOT, cambiamos de estado a los bloques boolean ENCENDIDO y RESISTENCIA DE ARRANQUE damos clic derecho sobre el mismo y elegimos: *Change to Control*. Configuramos el respectivo diagrama de bloques.

Agregamos un comparador dando clic derecho elegimos: *Comparison, Select*, Para que pueda asignar las salidas al cuadro de texto del Panel Frontal.

Luego un cuadro de texto fijo (STRING) para esto damos clic derecho y elegimos: *String, String Constant*, y asignamos el mensaje *“Falla por desconexión de la red”*, unimos con

líneas de programación los elementos según correspondan, de un lado del comparador conectamos Boolean SIMULADOR DE FALLA y por otro lado el cuadro de texto fijo. Para finalizar agregamos un control a la estructura While Loop dando clic derecho sobre *Loop Condition* elegimos *Create Control*.

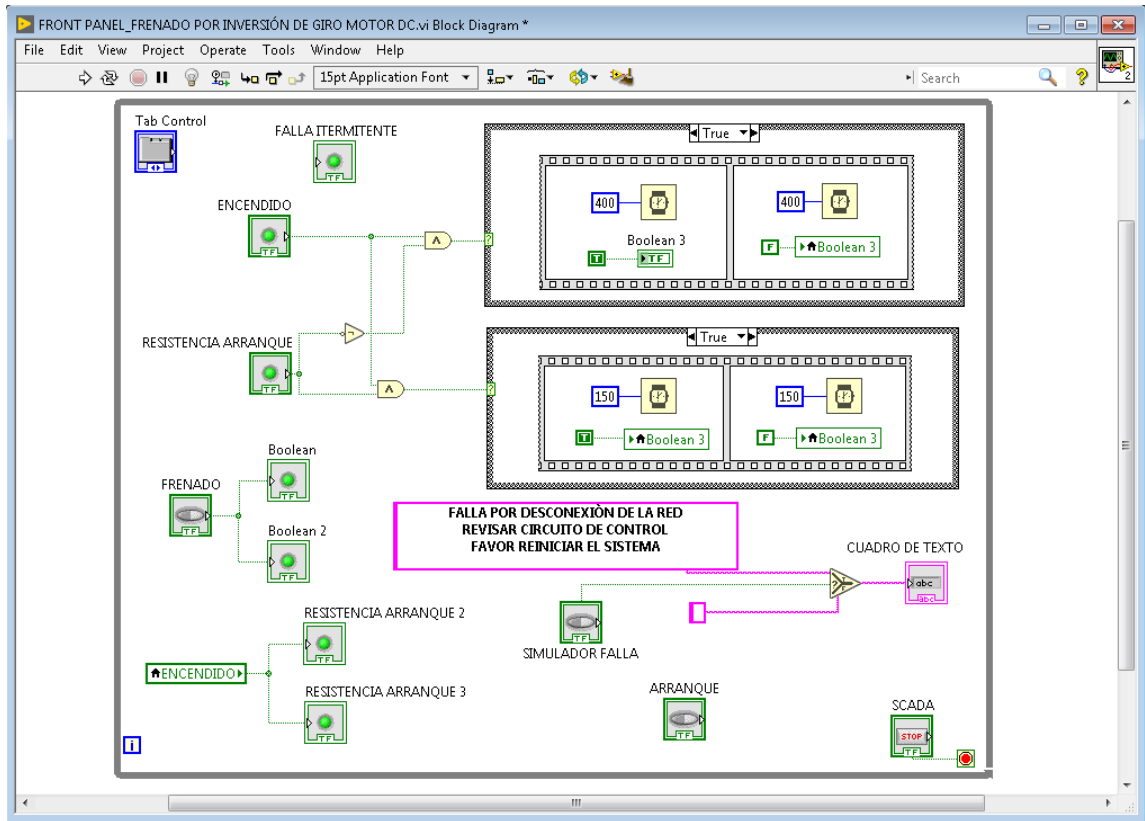



Figura 93: Ventana de Diagrama de bloques final en LabVIEW.

PRÁCTICA # 2	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
LABORATORIO:	INSTALACIONES INDUSTRIALES
CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA
SEDE:	GUAYAQUIL

4.2 PRÁCTICA # 2

4.2.1 Tema:

Simulación y Automatización del Frenado Dinámico del motor de corriente continua.

4.2.2 Objetivos

Objetivo General:

- Realizar la comunicación del PLC S7-1200 con la PC para demostrar el frenado Dinámico del motor derivación de corriente continua.

Objetivos Específicos:

- Diseñar en el TIA Portal V13 una programación apropiada para el frenado Dinámico de los motores en derivación de corriente continua.
- Cargar la configuración del programa al PLC S7-1200.
- Elaborar una interfaz en LabView capaz de simular el programa configurado en el TIA Portal V13 mediante la conexión del OPC Server que tenga las opciones de arranque y frenado del motor.

4.2.3 Recursos:

- Módulo de automatización didáctico para sistemas eléctricos.
- Computadora Portátil con el programa TIA Portal v13.0 y LabView 2017.
- Motor de corriente continua 110VDC / 1,9Amp. / 1/6H.P.
- Banco de pruebas de control Industrial Electromecánico.
- Banco de Resistencias 3x100 Ohm.

4.2.4 Tiempo Estimado:

El tiempo estimado para la realización de esta práctica es de 2 horas.

4.2.5 Conexión:

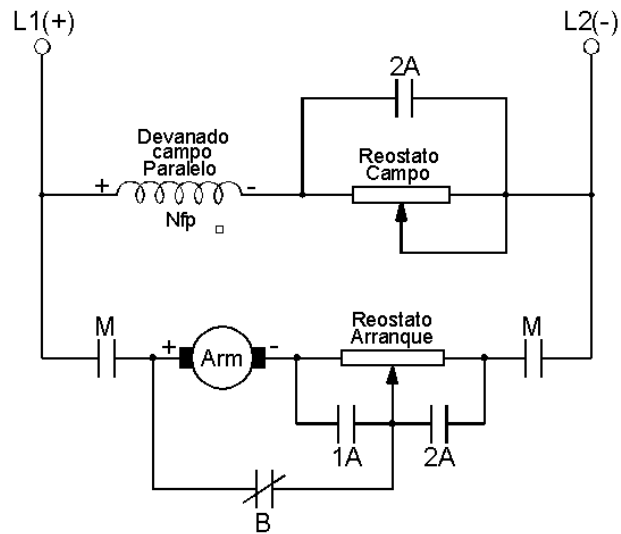


Figura 94: Circuito de Fuerza frenado dinámico Motor DC.

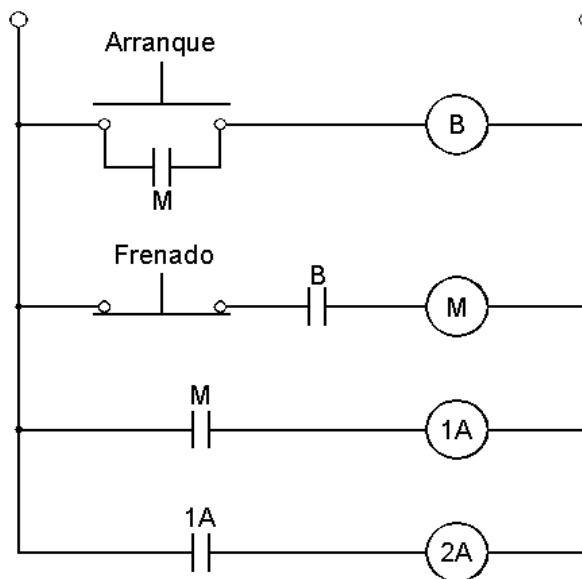


Figura 95: Circuito de Control y mando frenado dinámico Motor DC.

4.2.6 Procedimiento:

Iniciar el programa TIA Portal V13, dentro de la ventana de inicio seleccionamos la opción *Crear proyecto*. Llenamos los datos del Nombre proyecto, Ruta, Autor, Comentario. Para finalizar seleccionamos la opción *Crear* y de forma consecutiva se creará la carpeta del proyecto.

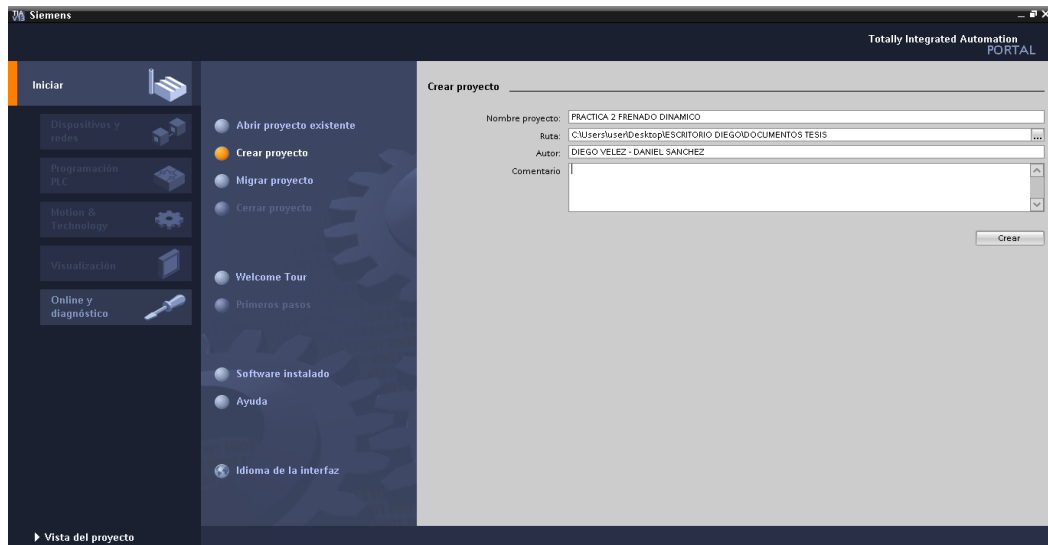


Figura 96: Ventana para crear programa en TIA Portal V13

Automáticamente se abrirá nuevamente la ventana de inicio del programa, pero esta vez seleccionando la opción *Primeros Paso*, en la cual debemos de escoger la opción de *Configurar un dispositivo*. A continuación, nos saldrá dentro de la ventana de inicio seleccionado la opción *Dispositivos y redes* en la cual deberemos elegir *Agregar dispositivos*, de forma consecutiva vamos a escoger al PLC dentro de la pestaña *Controladores* siguiendo los siguientes pasos: *SIMATIC S7-1200, CPU, CPU 1214 DC/DC/DC, 6ES7 214-1 AG40-0XB0, Versión: V4.0, Agregar*.

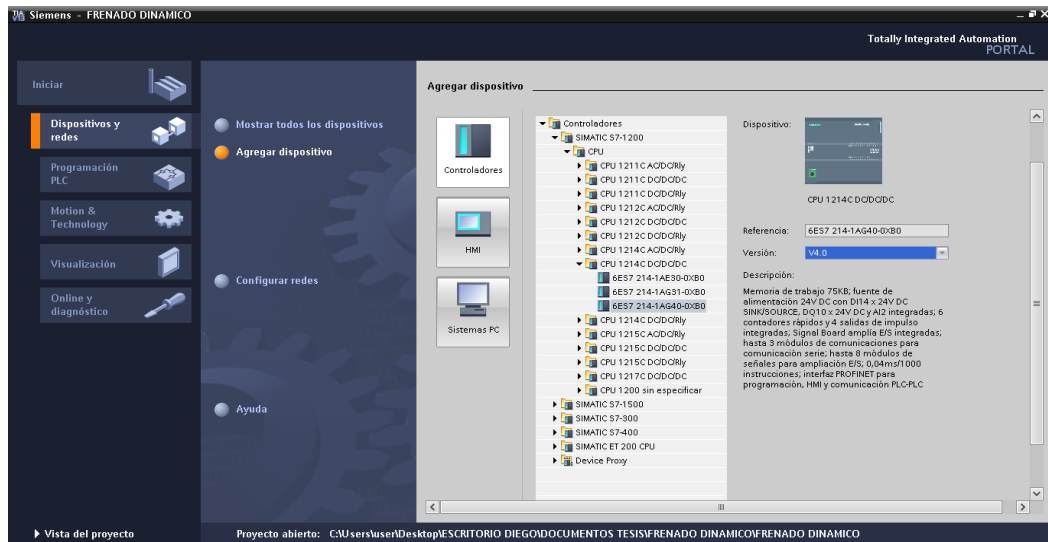


Figura 97: Ventana de inicio para agregar dispositivo en TIA Portal V13

Posterior abrirá una ventana que ilustrará el **Árbol del Proyecto**, **Dispositivos**, **Vista detallada**, **Catálogo de hardware**, **Vista general**, **Información**, **Diagnostico** y **Propiedades** del dispositivo. Elegimos la **Signal Board** ubicándola del lado derecho de la venta siguiendo los siguientes pasos: **Catálogo**, **Signal Boards**, **AQ**, **AQ 1x12BIT**, **6ES7 232-4HA30-0XB0**.

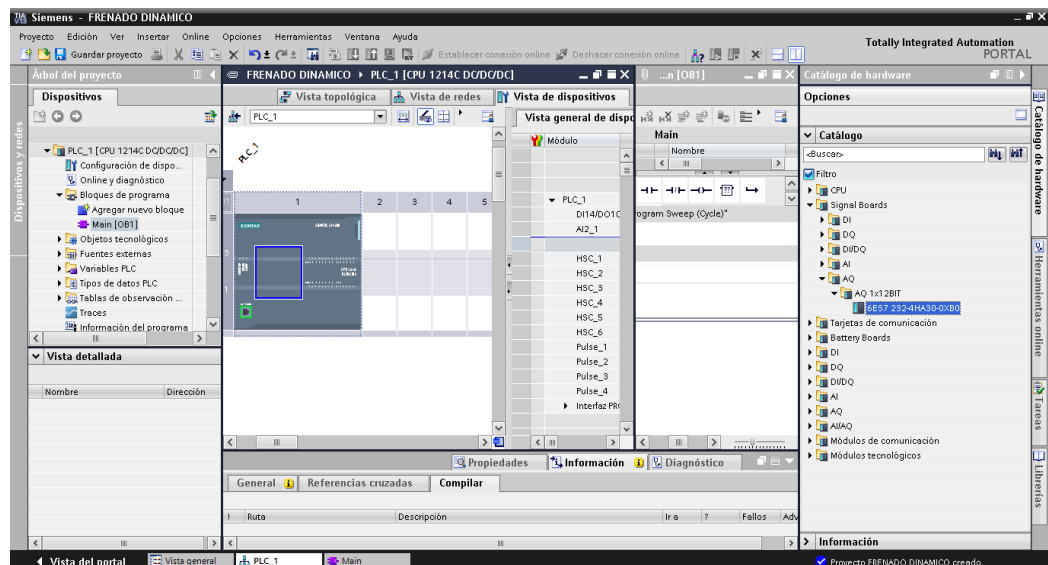


Figura 98: Ventana de asignación de Signal Board en TIA Portal V13

Luego de configurar el dispositivo y la **Signal Boards**, agregamos la **Marca de ciclo** que controlará el **indicador luminoso (Simulador de Falla)** de forma intermitente mediante el

contacto M20.3 (Tag_2) ya que este modifica su estado binario periódicamente con un ciclo de trabajo en nuestro caso será de 2Hz.

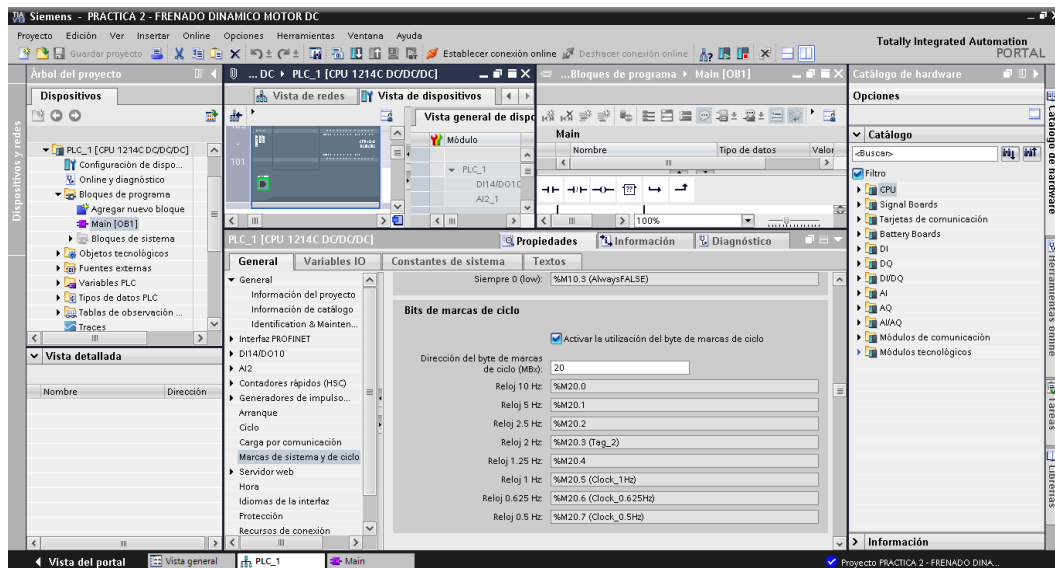


Figura 99: Ventana de configuración de Marca de ciclo en TIA Portal V13

Establecemos los parámetros de todas variables que vamos a utilizar en cada uno de los segmentos de la programación para esto vamos a seleccionar: *PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]*, *Variables PLC*, *Mostrar todas las variables*. Dentro de la tabla de variables asignaremos el Nombre, Tipo de datos y la Dirección.

Procedemos con la programación mediante el lenguaje de programación gráfico o esquema de contactos, para poder comenzar la configuración seleccionamos: *PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]*, *Bloques de programa*, *Main [OB1]*. A partir de esto los elementos para el esquema del circuito se agrupan en segmentos.

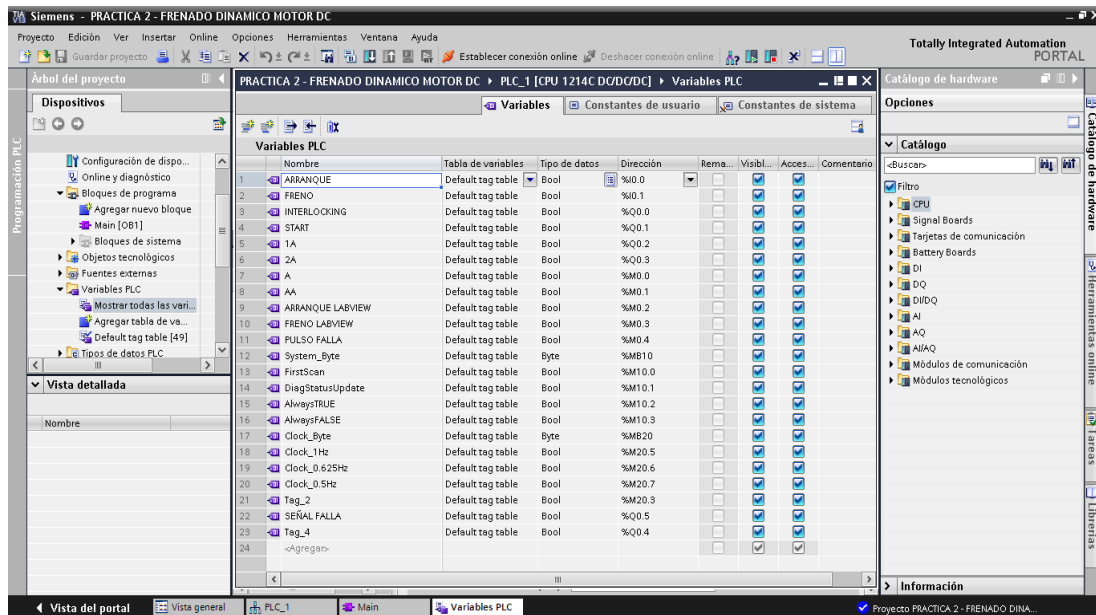


Figura 100: Ventana de Variables PLC de programa en TIA Portal V13

En la parte derecha de la ventana tenemos el menú de Instrucciones básicas dentro del cual tenemos los elementos que formaran parte de los segmentos que vamos a programar. Las funciones de cada segmento serán las siguientes:

Segmento 1

El pulsador o señal de entrada I0.0 (ARRANQUE) activará la bobina o señal de salida Q0.1 (START).

El control de ARRANQUE LABVIEW en paralelo a la entrada I0.0 (ARRANQUE) para realizar el control mediante la simulación del software NI LabVIEW.

El contacto normalmente abierto Q0.0 (INTERLOCKING) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.0 (INTERLOCKING).

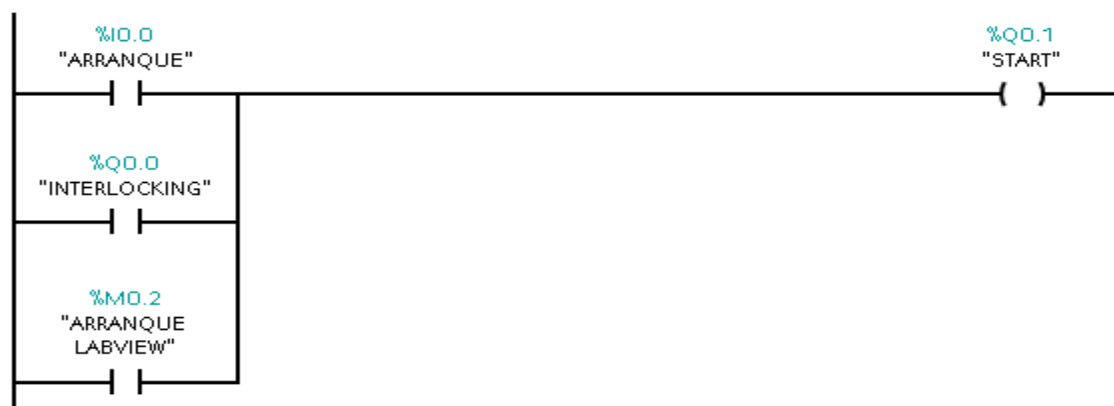


Figura 101: Segmento de programación 1.

Segmento 2

El pulsador o señal de entrada I0.1 (FRENO) desactivará la bobina o señal de salida Q0.0 (INTERLOCKING) a su vez este desactivará el contacto normalmente abierto Q0.0 (INTERLOCKING).

El controlador de FRENO LABVIEW en serie a la entrada I0.1 (FRENO) para realizar el control mediante la simulación del software NI LabVIEW.

El contacto normalmente cerrado M0.4 (PULSO FALLA) actuará como simulador desde la simulación del software NI LabVIEW y permitirá la activación intermitente de un indicador de salida.

El contacto normalmente abierto Q0.1 (START) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.1 (START).



Figura 102: Segmento de programación 2.

Segmento 3

El contacto normalmente abierto M0.4 (PULSO FALLA) actúa directamente como simulador de Falla, al ser accionado permite que la bobina o señal de salida Q0.4 (Tag_4) se mantenga activada y produzca una luz intermitente en el módulo de automatización

utilizando la bobina o señal de salida Q0.5 (SEÑAL FALLA) mediante la marca de ciclo M20.3 (Tag_2) cada 2Hz.

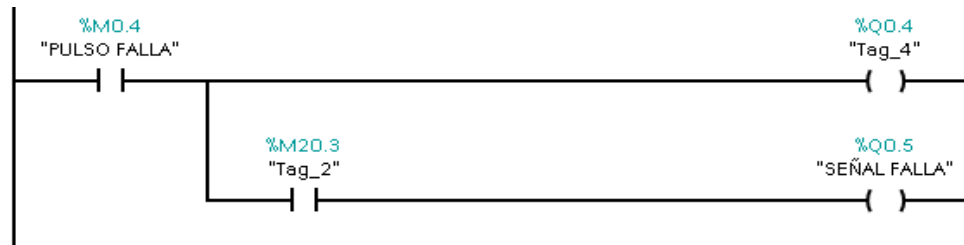


Figura 103: Segmento de programación 3.

Segmento 4

El contacto normalmente abierto Q0.0 (INTERLOCKING) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.0 (INTERLOCKING). El cual activará un Timer TON (Retardo al conectar) DB1, luego de un tiempo de 3000ms cerrará sus contactos y activará la bobina o señal de salida Q0.2 (1A), el cual controla el circuito de fuerza de la resistencia de arranque del motor.



Figura 104: Segmento de programación 4.

Segmento 5

El contacto normalmente abierto Q0.2 (1A) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.2 (1A), el cual activará un Timer TON (Retardo al conectar) DB2, luego de un tiempo de 4000ms cerrará sus contactos y activará la bobina o señal de salida Q0.3 (2A), el cual controla el circuito de fuerza de la resistencia de arranque del motor.



Figura 105: Segmento de programación 5.

Después de terminar la configuración del programa vamos a seleccionar la opción *Compilar* que se encuentra en lo superior de la ventana para fijar todos los parámetros establecidos en todos los segmentos del programa nos mostrara una pequeña ventana.

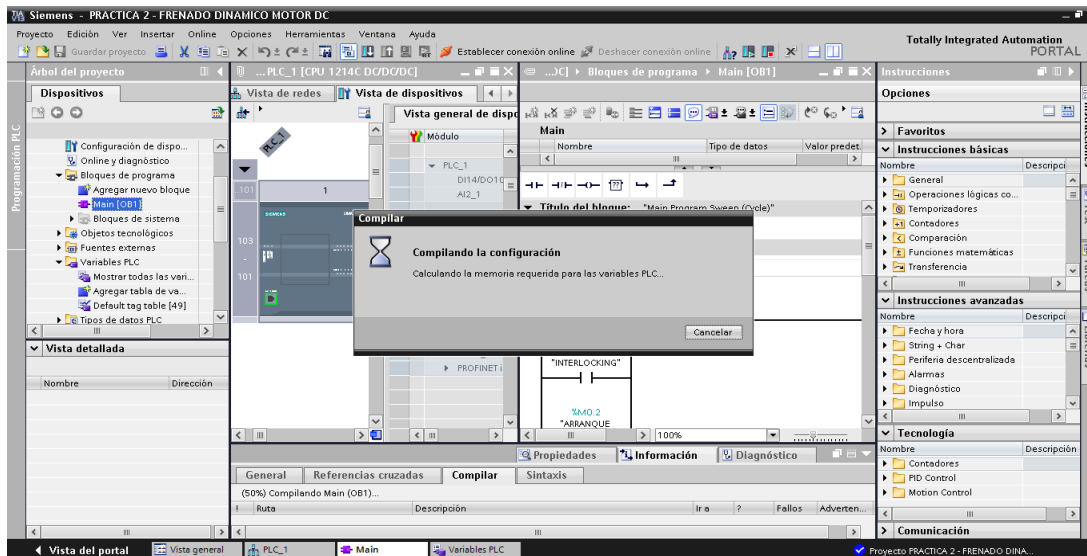


Figura 106: Compilación del programa en TIA Portal V13

Luego de realizar la compilación seleccionamos la opción *Cargar en dispositivo* para guardar toda la programación en la memoria del PLC. Nos aparecerá una ventana en el cual debemos seleccionar el Tipo de interfaz PG/PC (PN/IE) y la Interfaz PG/PC (Realtek PCIe FE Family Controller), en consecuente damos clic en *Iniciar búsqueda* y *Cargar* para finalizar.

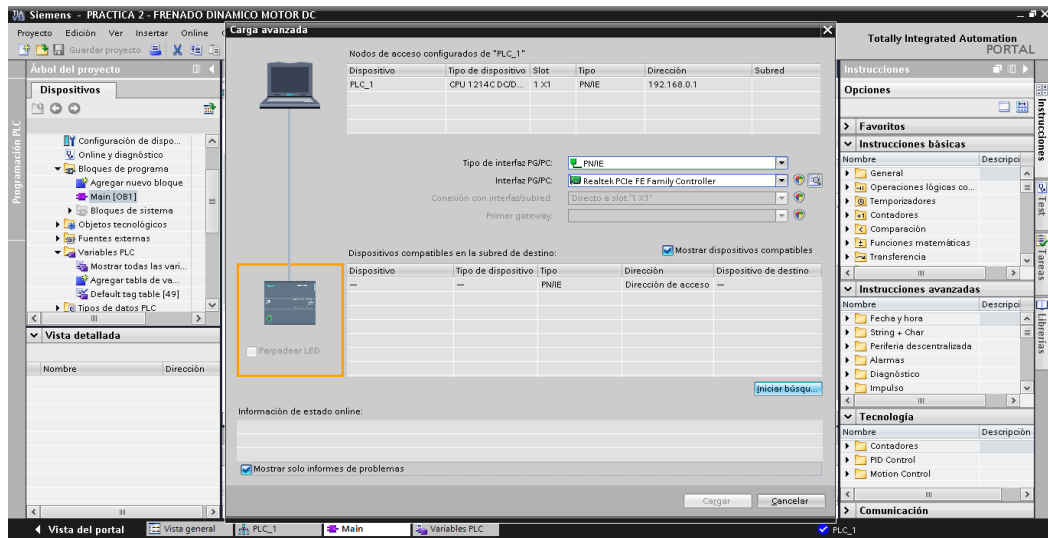


Figura 107: Ventana para cargar en dispositivo en TIA Portal V13.

Seleccionamos la opción *Establecer conexión online*.

Enlazamos todas las variables con la interfaz de OPC Servers. Iniciamos el software y vamos a crear un nuevo canal de enlace para esto damos clic derecho en el primer cuadro del lado izquierdo y seleccionamos *New Channel*, elegimos el nombre y seleccionamos en *Siguiente*.

Por último, nos pedirá elegir el Controlador de Dispositivo (Device driver), donde vamos a elegir la opción de *Siemens TCP/IP Ethernet* y damos *Siguiente*.

A continuación, nos pedirá seleccionar el tipo de Adaptador de red (Network Adapter), donde vamos a elegir la opción que se muestra con la dirección IP y damos *Siguiente*.

Cuando hayamos cumplido todos estos pasos nos mostrará en un pequeño resumen (Summary) de la configuración que hayamos seleccionado y damos *Finalizar*.

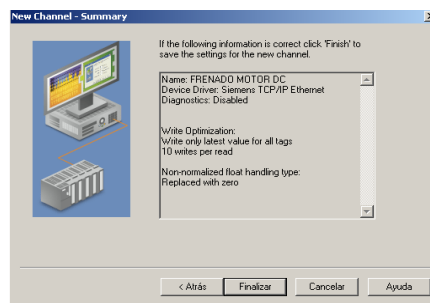


Figura 108: Resumen del dispositivo en el OPC Servers.

Seleccionamos el PLC que vamos a utilizar, para esto vamos a dar un clic sobre la opción Seleccionar dispositivo (*Click to add a Device*), en una nueva ventana nos pedirá el Nombre del dispositivo (*Device name*) vamos a poner PRACTICA 2 FRENADO DINAMICO y damos *Siguiente*, luego nos pedirá el Modelo del dispositivo (Device model) vamos a elegir *S7-1200* y damos *Siguiente*.

Una vez seleccionado el dispositivo nos pedirá la Dirección IP (Device ID) y buscamos en la parte de Protocolo IP del PLC.

Después se mostrarán varias ventanas en todas dejamos por default la información y damos *Siguiente*. Cuando hayamos cumplido todos estos pasos damos *Finalizar*.

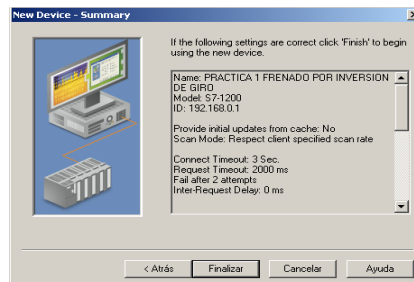


Figura 109: Resumen configuración del dispositivo en el OPC Servers.

Vamos a introducir todas las variables para esto añadimos las etiquetas estáticas en el OPC Servers (*Click to add a static tag*), nos aparecerá una nueva ventana en la cual nos pedirá el nombre, dirección y descripción de las etiquetas, llenamos todos estos campos y damos *Aceptar*.

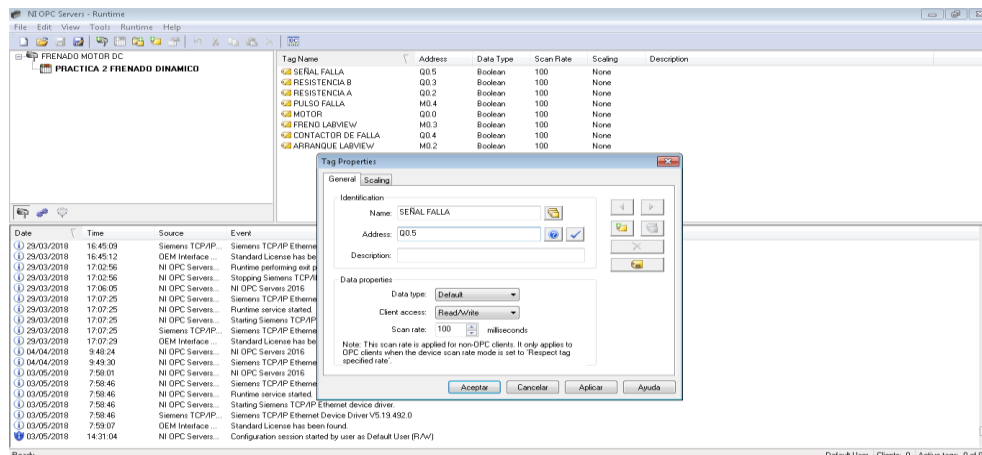


Figura 110: Configuración de las etiquetas de las variables en el OPC Servers.

Luego de tener todas las variables ingresadas en cada una de las etiquetas seleccionadas dentro del OPC Servers vamos a seleccionar el botón ubicado en la parte superior que tiene por nombre *Quick Client* para poder visualizar el comportamiento de cada una de las variables durante la comunicación entre la base de datos del programa y el simulador. Seleccionamos la opción FRENADO MOTOR DC. PRACTICA 2 FRENADO DINAMICO.

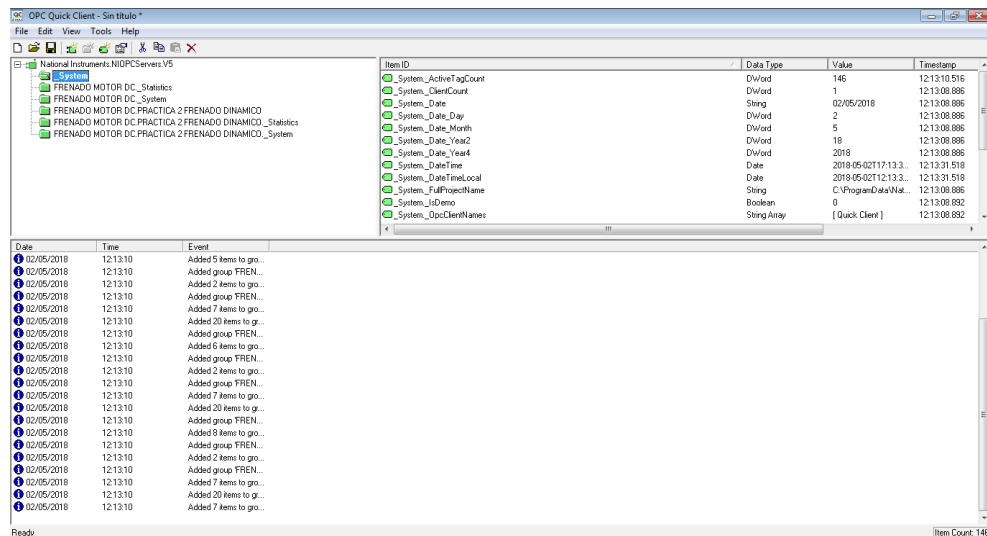


Figura 111: Ventana cliente rápido Quick Client en el OPC Servers.

Se procede a diseñar para la aplicación mediante el software LabVIEW 2017 donde se pueda visualizar toda la ejecución de la programación.

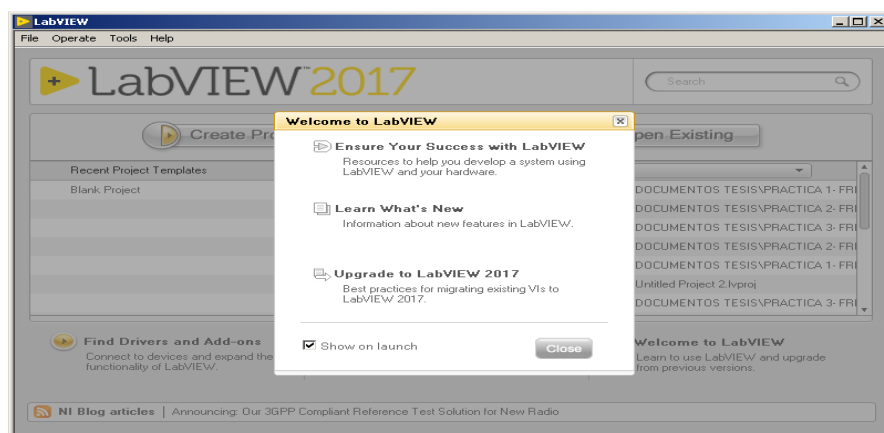


Figura 112: Ventana de Bienvenida del NI LabVIEW 2017.

Una vez hayamos iniciado el software creamos un nuevo proyecto dentro del cual vamos a trabajar, donde nos mostrará una ventana con el árbol de descripción del proyecto. Una vez dentro seleccionamos con un clic derecho en la pestaña *My Computer*, *New*, *Control*. Dentro de cada una de estas ventanas vamos a diseñar todos los elementos que utilizaremos dentro de nuestro Panel Frontal.

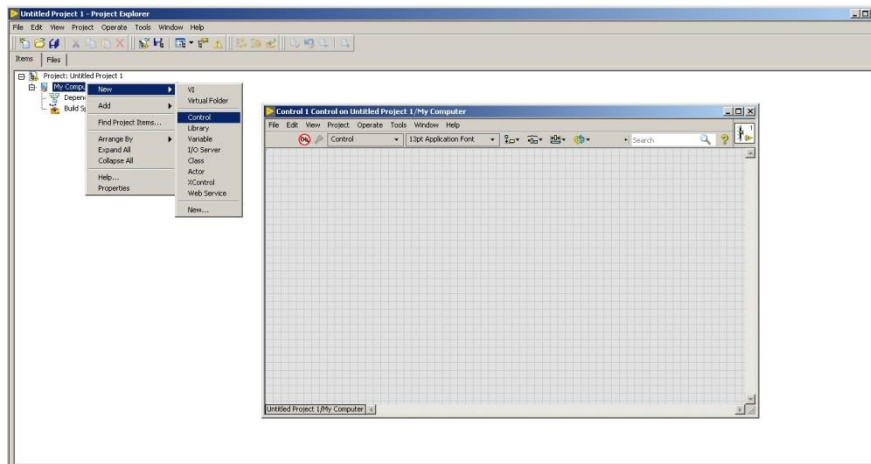


Figura 113: Creación de elementos para diseño Panel Frontal.

Vamos a elegir en la opción *Modern*. Para nuestro caso en particular tenemos dos indicadores luminosos de: Encendido del motor y de Falla del sistema. Para el primer caso vamos al menú *3-D Pushbuttons* seleccionamos la opción *Green pilot light 2* para encendido y *Pilot light 2 (off)* para apagado.

Luego vamos a la parte superior y damos clic sobre la opción *Tools*, *DSC Module*, *Image Navigator*, Dentro encontraremos una variedad de modelos gráficos para nuestro diseño.

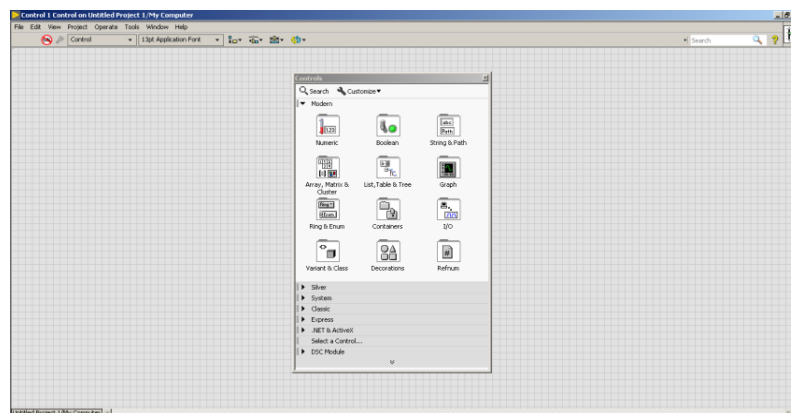


Figura 114: Selección de controles en Ventana Control del NI LabVIEW 2017.

Para poder personalizar cada uno de los indicadores con dos diferentes estados (encendido, apagado) vamos a dar clic sobre *Change to Customize Mode*. Para lo cual seleccionamos la opción *Red pilot light 2* para encendido y *Pilot light 2 (off)* para apagado.

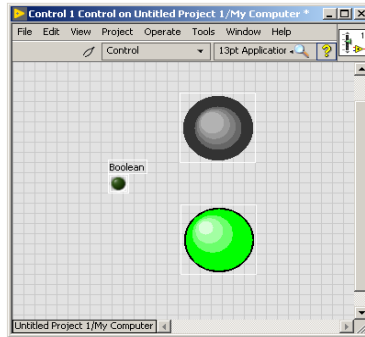


Figura 115: Selección de personalización de símbolo del Indicador luminoso.

De la misma manera vamos a añadir tres pulsadores. Damos clic derecho sobre una nueva pantalla de control (una para cada pulsador), y seleccionamos *Modern*, *Boolean*, *Rocker*. Para poder personalizar cada uno de los pulsadores con dos diferentes estados (ON, OFF) vamos a dar clic sobre *Change to Customize Mode*. Para reemplazar OFF tenemos: *3-D red button (not pressed)*, *3-D green button (not pressed)* y *3-D yellow button (not pressed)*. Para reemplazar ON tenemos: *3-D red button (pressed)*, *3-D green button (pressed)* y *3-D yellow button (pressed)*.

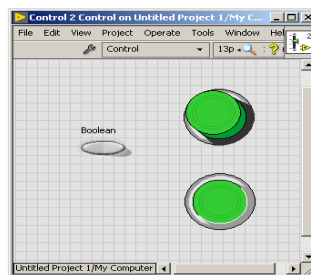


Figura 116: Selección de personalización de Pulsador.

Vamos a simular un motor funcionando con una resistencia de arranque, y acelerando según se cortocircuita la resistencia de arranque. Para lo cual damos clic sobre la opción *Tools*, *DSC Module*, *Image Navigator*. Dentro de la ventana del navegador de imágenes seleccionamos *Blowers Etc*, vamos a seleccionar dos estados para simular el movimiento de las aspas del motor: *Cool Fan (animation frame 1)* y *Cool Fan (animation frame 2)*.

Abrimos las pantallas correspondientes al VI de tal manera que damos clic derecho en la pantalla de inicio del LabVIEW sobre: *My Computer, New, VI*.

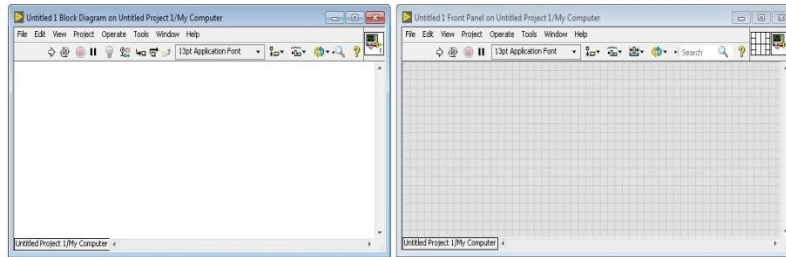


Figura 117: Creación del VI (Panel Frontal y Diagrama de Bloques).

Una vez creado el VI, damos clic derecho y elegimos la opción *Select a Control* y se desplegará una ventana en la cual podremos examinar la ubicación de los elementos diseñados anteriormente y colocarlos dentro del panel frontal. Además un cuadro de texto que mostrará el mensaje de falla del sistema que actuará en conjunto con el simulador de Falla, elegimos: *Modern, String & Path, String Indicator*.

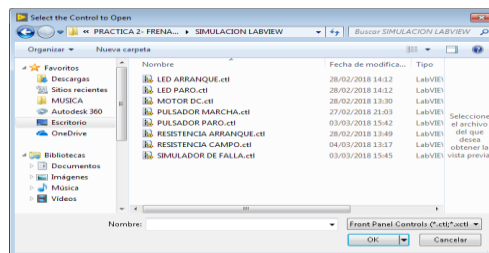


Figura 118: Selección de elementos dentro del Panel Frontal.

Agregamos varios textos para indicar el nombre o la descripción de cada elemento entre los cuales tenemos el tema de la práctica Frenado por inversión de giro, Simulador de Falla, Arranque, Frenado, Resistencia de Arranque, Encendido y Falla.



Figura 119: Ventana del Panel Frontal final en LabVIEW.

Luego vamos a la programación de todos los elementos ubicados en el Panel Frontal. En el Block Diagram vamos a contar con un menú de funciones de programación.

En primer lugar, vamos a crear una estructura While Loop para cumplir una secuencia de programación al momento de arrancar el programa además de *Case Structure* y *Flat Sequence*. Para la estructura Flat Sequence damos clic derecho sobre la misma y seleccionamos Add Frame para añadir una estructura similar adjunta.

Creamos variables locales del bloque Booleano MOTOR, luego asignamos una constante (True or False) para poder cumplir la lógica de la estructura.

Agregamos los temporizadores que se encarguen de activar y desactivar la secuencia para lo cual damos clic derecho y seleccionamos: *Timing, Wait (ms)*, luego clic derecho sobre el temporizador seleccionamos: *Create, Constant*.

Estos pasos lo replicamos para los tres casos de secuencias designando 600msg, 300msg y 100msg respectivamente.

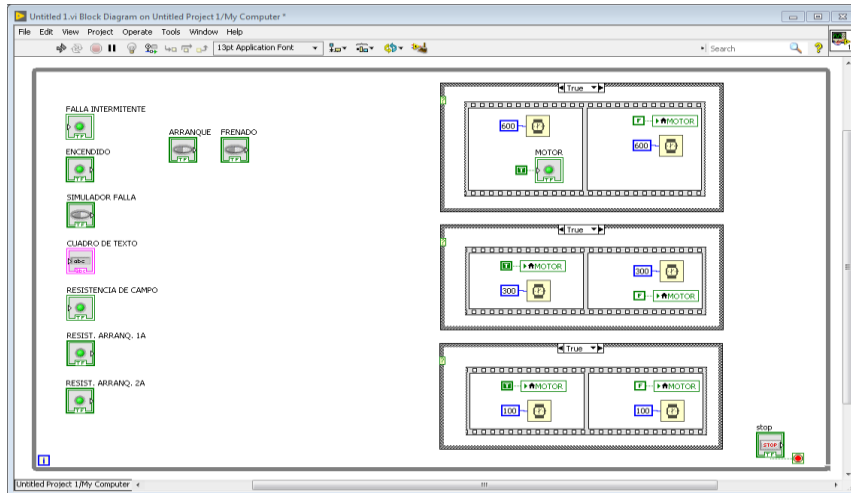


Figura 120: Configuración de Lógica secuencial en Cuadros de Estructuras.

Para la programación vamos a agregar dos compuertas AND y NOT, cambiamos de estado *Change to Control*. Agregamos un comparador dando clic derecho elegimos: *Comparison, Select*.

Luego un cuadro de texto fijo (STRING) para esto damos clic derecho y elegimos: String, String Constant, y asignamos el mensaje “*Falla por desconexión de la red*”.

Para finalizar agregamos un control a la estructura While Loop dando clic derecho sobre *Loop Condition* elegimos *Create Control*.

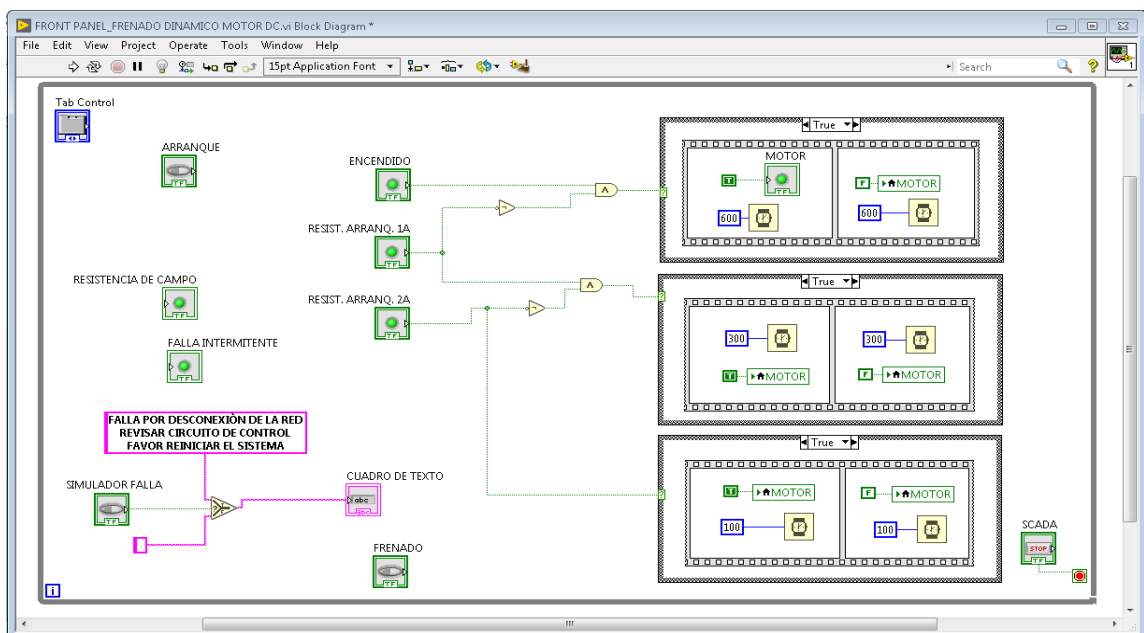



Figura 121: Ventana de Diagrama de bloques final en LabVIEW.

PRÁCTICA # 3	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
LABORATORIO:	INSTALACIONES INDUSTRIALES
CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA
SEDE:	GUAYAQUIL

4.3 PRÁCTICA # 3

4.3.1 Tema:

Simulación y Automatización del Frenado Regenerativo del motor de corriente continua.

4.3.2 Objetivos

Objetivo General:

- Realizar la comunicación del PLC S7-1200 con la PC para demostrar el frenado Regenerativo del motor derivación de corriente continua.

Objetivos Específicos:

- Diseñar en el TIA Portal V13 una programación apropiada para el frenado Regenerativo de los motores en derivación de corriente continua.
- Cargar la configuración del programa al PLC S7-1200.
- Elaborar una interfaz en LabView capaz de simular el programa configurado en el TIA Portal V13 mediante la conexión del OPC Server que tenga las opciones de arranque y frenado del motor.

4.3.3 Recursos:

- Módulo de automatización didáctico para sistemas eléctricos.
- Computadora Portátil con el programa TIA Portal v13.0 y LabView 2017.
- Motor de corriente continua 110VDC / 1,9Amp. / 1/6H.P.
- Banco de pruebas de control Industrial Electromecánico.
- Banco de Resistencias 3x100 Ohm.

4.3.4 Tiempo Estimado:

El tiempo estimado para la realización de esta práctica es de 2 horas.

4.3.5 Conexionado:

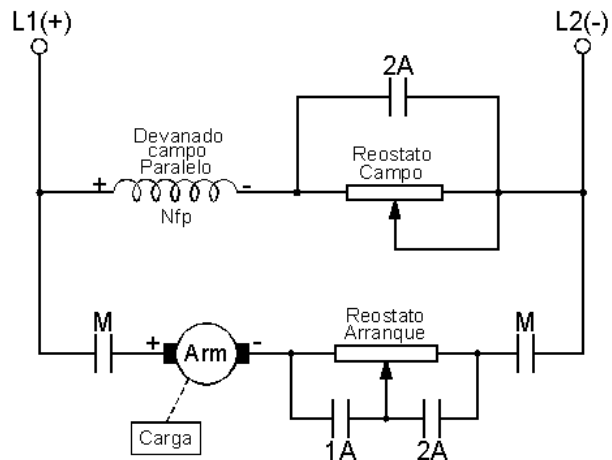


Figura 122: Circuito de Fuerza frenado regenerativo Motor DC.

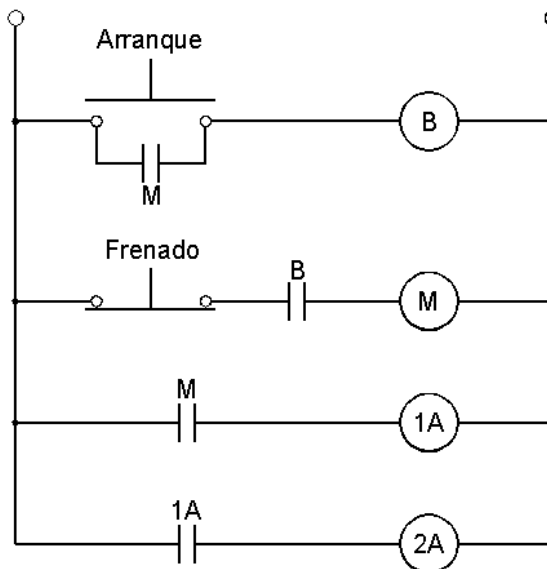


Figura 123: Circuito de Control y mando frenado regenerativo Motor DC.

4.3.6 Procedimiento:

Iniciar el programa TIA Portal V13, dentro de la ventana de inicio seleccionamos la opción *Crear proyecto*. Llenamos los datos del Nombre proyecto, Ruta, Autor, Comentario. Para finalizar seleccionamos la opción *Crear* y de forma consecutiva se creará la carpeta del proyecto.

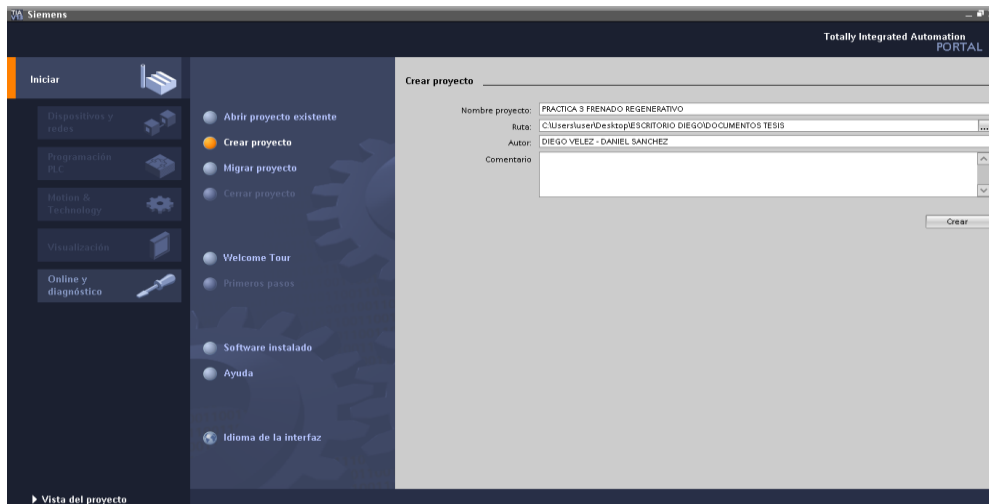


Figura 124: Ventana para crear programa en TIA Portal V13

Dentro de la opción *Primeros Paso* debemos escoger la opción de *Configurar un dispositivo*. A continuación, nos saldrá dentro de la ventana de inicio seleccionado la opción *Dispositivos y redes* en la cual deberemos elegir *Agregar dispositivos*, de forma consecutiva vamos a escoger al PLC dentro de la pestaña *Controladores* siguiendo los siguientes pasos: *SIMATIC S7-1200, CPU, CPU 1214 DC/DC/DC, 6ES7 214-1 AG40-0XB0, Versión: V4.0, Agregar*.

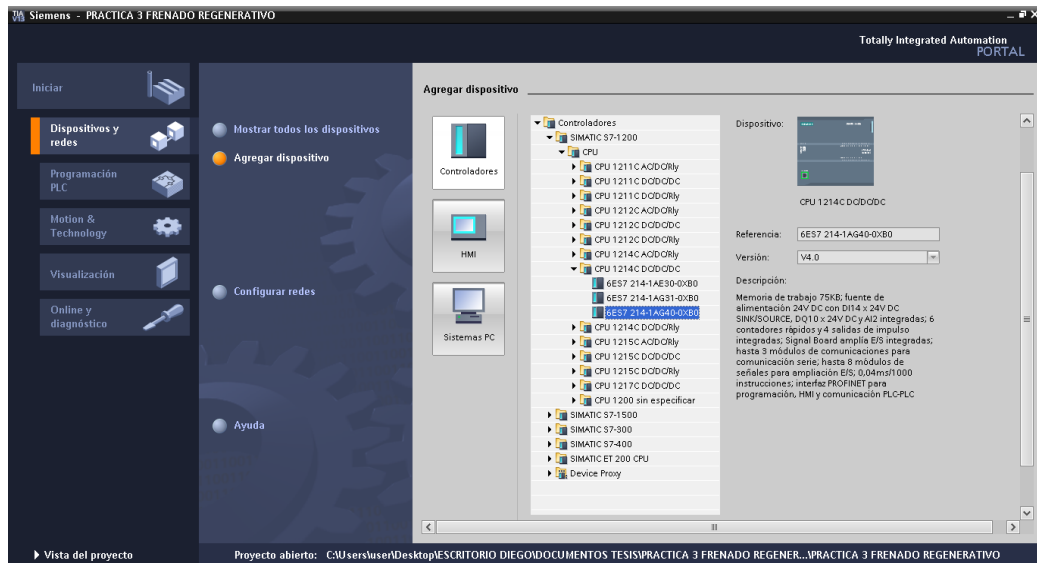


Figura 125: Ventana de inicio para agregar dispositivo en TIA Portal V13

Posterior se ilustrará el Árbol del Proyecto, Dispositivos, Información, entre otros. Elegimos la Signal Board siguiendo los siguientes pasos: Catálogo, Signal Boards, AQ, AQ 1x12BIT, 6ES7 232-4HA30-0XB0.

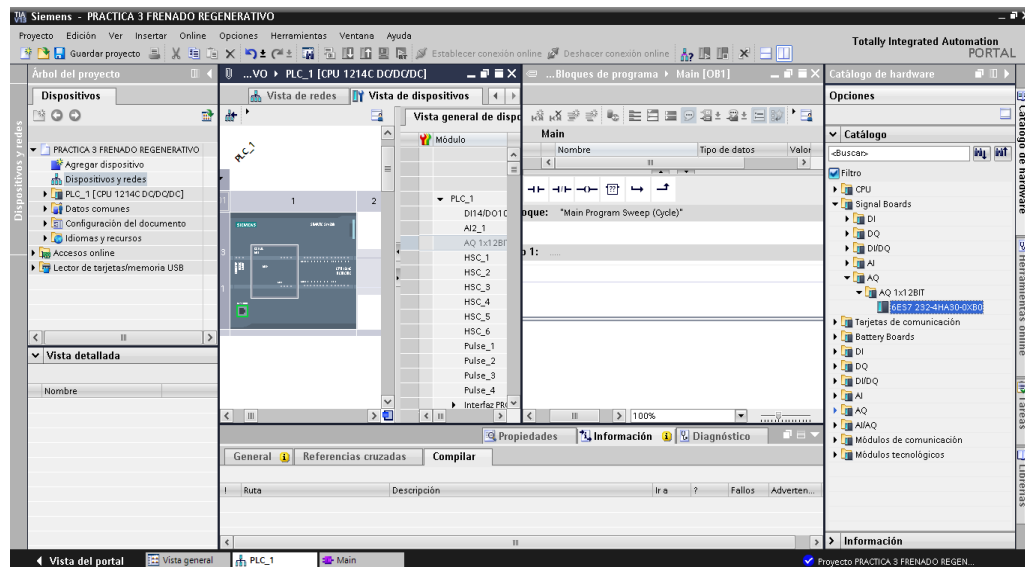


Figura 126: Ventana de asignación de Signal Board en TIA Portal V13

Luego de configurar el dispositivo y la Signal Boards, agregamos la Marca de ciclo que controlará el indicador luminoso (Simulador de Falla) de forma intermitente mediante el

contacto M20.3 (Tag_1) ya que este modifica su estado binario periódicamente con un ciclo de trabajo en nuestro caso será de 2Hz.

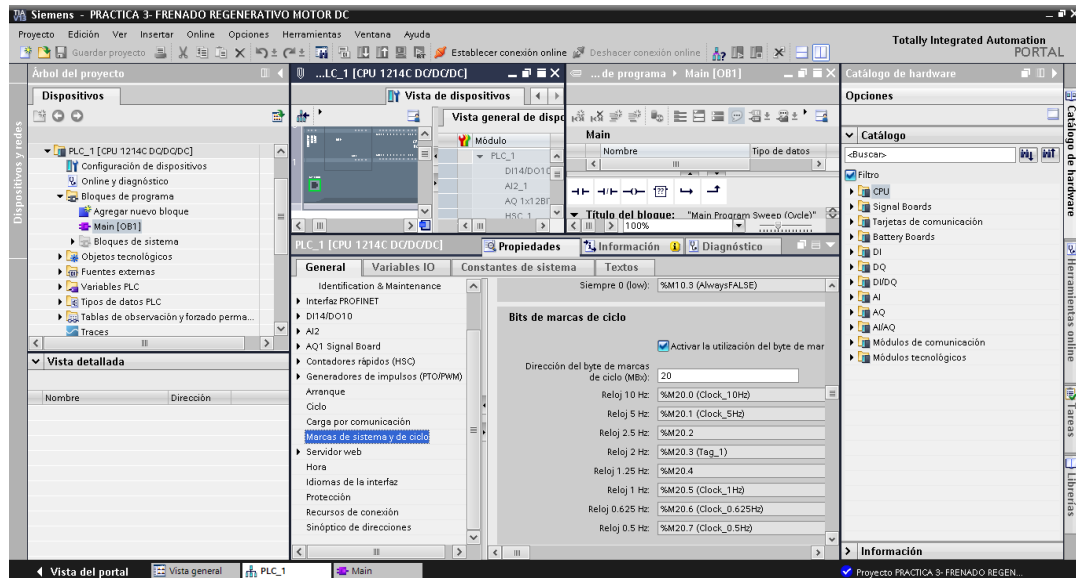


Figura 127: Ventana de configuración de Marca de ciclo en TIA Portal V13

Establecemos los parámetros de todas variables que vamos a utilizar en cada uno de los segmentos de la programación para esto vamos a seleccionar: *PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]*, *Variables PLC*, *Mostrar todas las variables*. Dentro de la tabla de variables asignaremos el Nombre, Tipo de datos y la Dirección.

Procedemos con la programación mediante el lenguaje de programación gráfico o esquema de contactos, para poder comenzar la configuración seleccionamos: *PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]*, *Bloques de programa*, *Main [OB1]*. A partir de esto los elementos para el esquema del circuito se agrupan en segmentos.

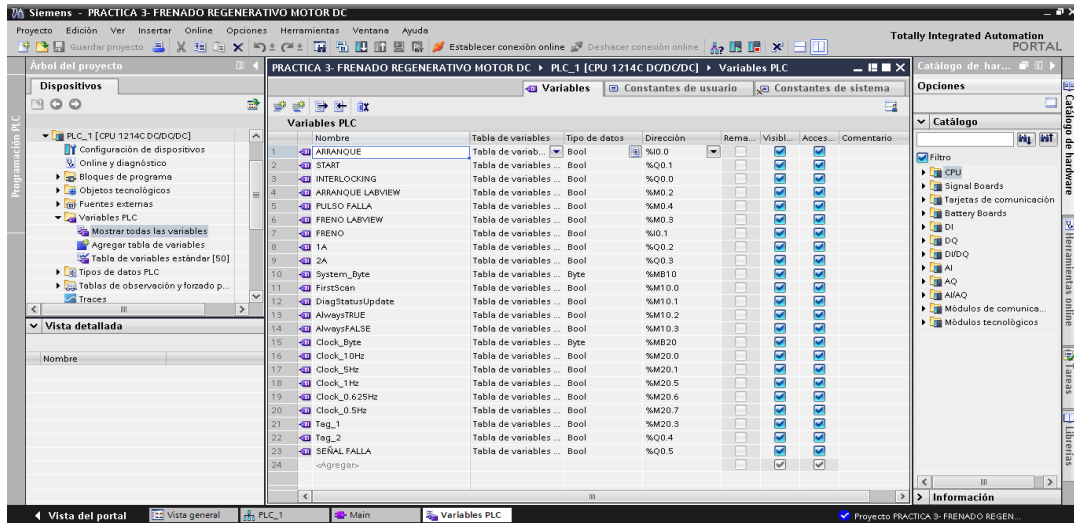


Figura 128: Ventana de Variables PLC de programa en TIA Portal V13

En la parte derecha de la ventana tenemos el menú de Instrucciones básicas dentro del cual tenemos los elementos que formaran parte de los segmentos que vamos a programar. Las funciones de cada segmento serán las siguientes:

Segmento 1

El pulsador o señal de entrada I0.0 (ARRANQUE) activará la bobina o señal de salida Q0.1 (START).

El control de ARRANQUE LABVIEW en paralelo a la entrada I0.0 (ARRANQUE) para realizar el control mediante la simulación del software NI LabVIEW.

El contacto normalmente abierto Q0.0 (INTERLOCKING) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.0 (INTERLOCKING).

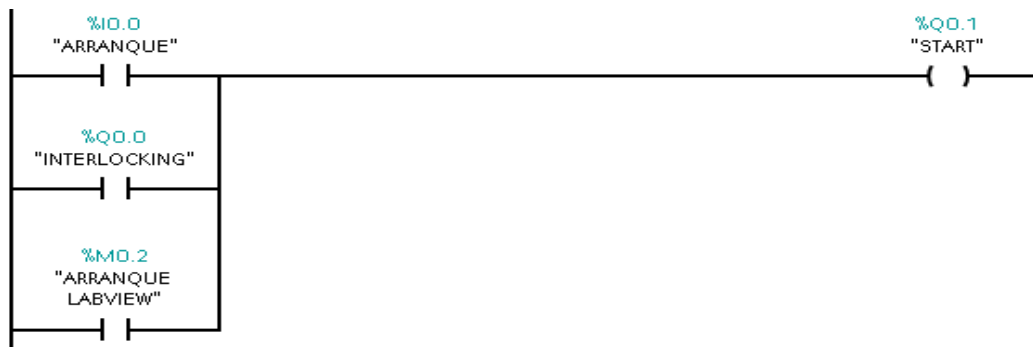


Figura 129: Segmento de programación 1.

Segmento 2

El pulsador o señal de entrada I0.1 (FRENO) desactivará la bobina o señal de salida Q0.0 (INTERLOCKING) a su vez este desactivará el contacto normalmente abierto Q0.0 (INTERLOCKING).

El controlador de FRENO LABVIEW en serie a la entrada I0.1 (FRENO) para realizar el control mediante la simulación del software NI LabVIEW.

El contacto normalmente cerrado M0.4 (PULSO FALLA) actuará como simulador desde la simulación del software NI LabVIEW y permitirá la activación intermitente de un indicador de salida.

El contacto normalmente abierto Q0.1 (START) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.1 (START).

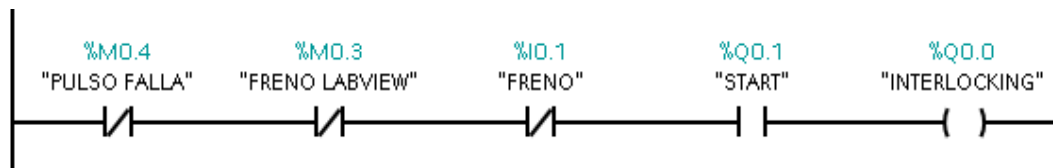


Figura 130: Segmento de programación 2.

Segmento 3

El contacto normalmente abierto M0.4 (PULSO FALLA) actúa directamente como simulador de Falla desde la simulación en LabVIEW.

Consecutivamente se debe accionar la marca de ciclo M20.3 (Tag_1) mediante pulsos de 2Hz y producir una luz intermitente en el módulo de automatización utilizando la bobina o señal de salida Q0.5 (SEÑAL FALLA).

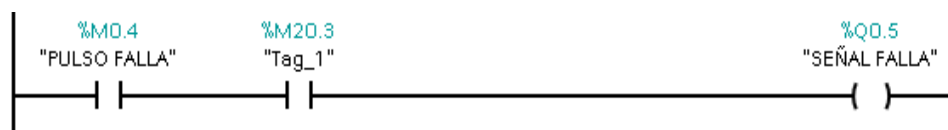


Figura 131: Segmento de programación 3.

Segmento 4

El contacto normalmente abierto Q0.0 (INTERLOCKING) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.0 (INTERLOCKING). El cual activará un Timer TON (Retardo al conectar) DB1, luego de un tiempo de 3000ms cerrará sus contactos y activará la bobina o señal de salida Q0.2 (1A), el cual controla el circuito de fuerza de la resistencia de arranque del motor.



Figura 132: Segmento de programación 4.

Segmento 5

El contacto normalmente abierto Q0.2 (1A) se activará en función de la bobina o señal de salida Q0.2 (1A), el cual activará un Timer TON (Retardo al conectar) DB2, luego de un tiempo de 4000ms cerrará sus contactos y activará la bobina o señal de salida Q0.3 (2A), el cual controla el circuito de fuerza de la resistencia de arranque del motor.



Figura 133: Segmento de programación 5.

Después de terminar la configuración del programa vamos a seleccionar la opción *Compile* que se encuentra en lo superior de la ventana para fijar todos los parámetros establecidos en todos los segmentos del programa nos mostrara una pequeña ventana.

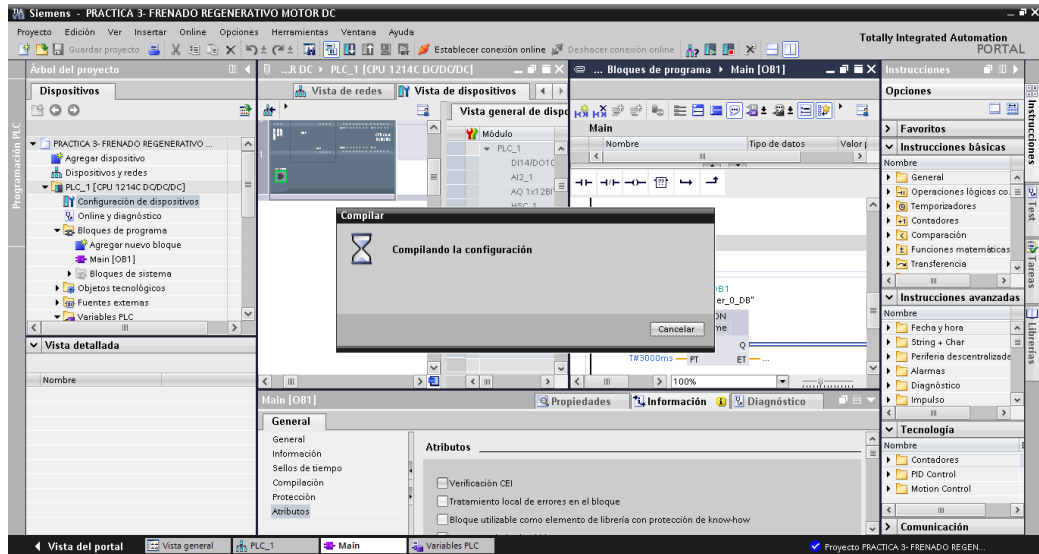


Figura 134: Compilación del programa en TIA Portal V13

Luego de realizar la compilación seleccionamos la opción *Cargar en dispositivo* para guardar toda la programación en la memoria del PLC. Nos aparecerá una ventana en el cual debemos seleccionar el Tipo de interfaz PG/PC (PN/IE) y la Interfaz PG/PC (Realtek PCIe FE Family Controller), en consecuente damos clic en *Iniciar búsqueda* y *Cargar* para finalizar.

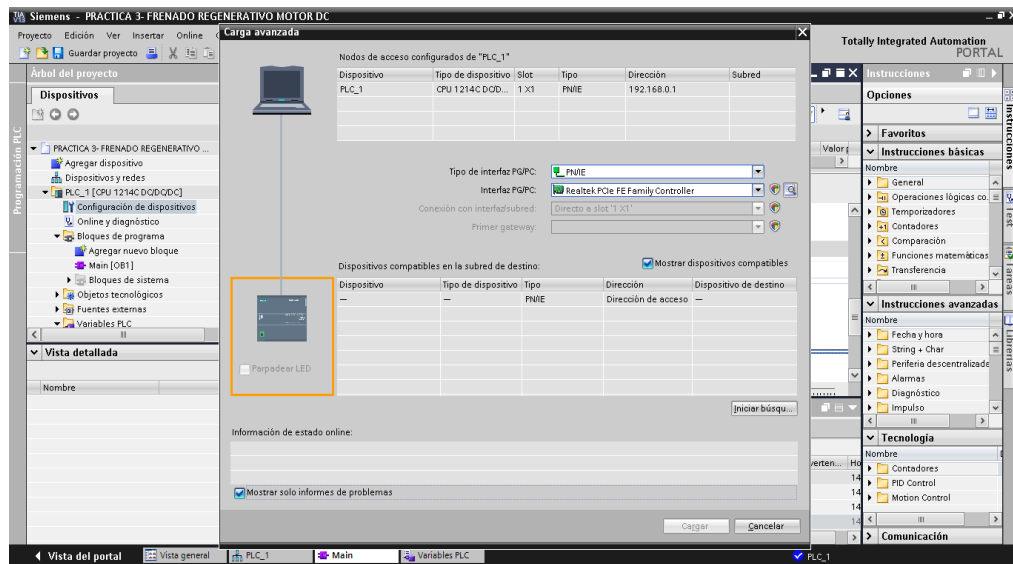


Figura 135: Ventana para cargar en dispositivo en TIA Portal V13.

Seleccionamos la opción *Establecer conexión online*. Enlazamos todas las variables con la interfaz de OPC Servers. Iniciamos el software y vamos a crear un nuevo canal de enlace para esto damos clic derecho en el primer cuadro del lado izquierdo y seleccionamos *New Channel*, elegimos el nombre y seleccionamos en *Siguiente*.

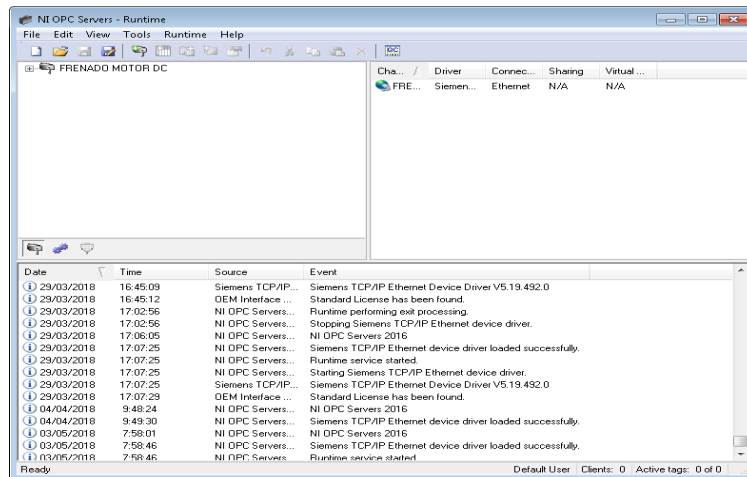


Figura 136: Creación de nuevo canal en el OPC Servers.

Luego nos pedirá elegir el Controlador de Dispositivo (Device driver), donde vamos a elegir la opción de *Siemens TCP/IP Ethernet* y damos *Siguiente*.

A continuación, nos pedirá seleccionar el tipo de Adaptador de red (Network Adapter), donde vamos a elegir la opción que se muestra con la dirección IP y damos *Siguiente*.

Cuando hayamos cumplido todos estos pasos nos mostrará en un pequeño resumen (Summary) de la configuración que hayamos seleccionado y damos *Finalizar*.

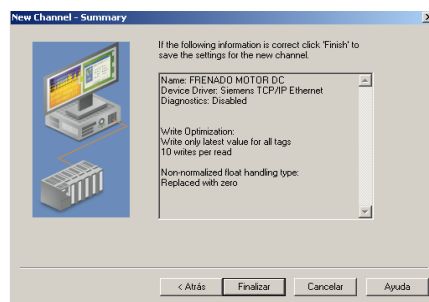


Figura 137: Resumen del dispositivo en el OPC Servers.

Seleccionamos el PLC que vamos a utilizar, para esto vamos a dar un clic sobre la opción Seleccionar dispositivo (*Click to add a Device*), en una nueva ventana nos pedirá el Nombre del dispositivo (*Device name*) vamos a poner PRACTICA 2 FRENADO REGENERATIVO y damos *Siguiente*, luego nos pedirá el Modelo del dispositivo (*Device model*) vamos a elegir *S7-1200* y damos *Siguiente*.

Una vez seleccionado el dispositivo nos pedirá la Dirección IP (*Device ID*) y buscamos en la parte de Protocolo IP del PLC. Después se mostrarán varias ventanas en todas dejamos por default la información y damos *Siguiente*. Cuando hayamos cumplido todos estos pasos damos *Finalizar*.

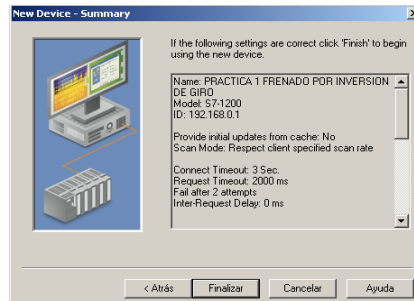


Figura 138: Resumen configuración del dispositivo en el OPC Servers.

Vamos a introducir todas las variables para esto añadimos las etiquetas estáticas en el OPC Servers (*Click to add a static tag*), nos aparecerá una nueva ventana en la cual nos pedirá el nombre, dirección y descripción de las etiquetas, llenamos todos estos campos y damos *Aceptar*.

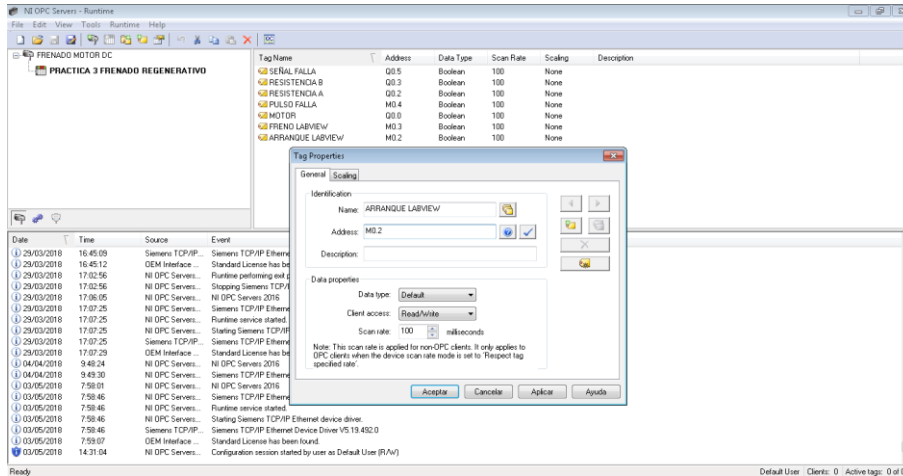


Figura 139: Configuración de las etiquetas de las variables en el OPC Servers.

Luego de tener todas las variables ingresadas en cada una de las etiquetas seleccionadas dentro del OPC Servers vamos a seleccionar el botón ubicado en la parte superior que tiene por nombre *Quick Client* para poder visualizar el comportamiento de cada una de las variables durante la comunicación entre la base de datos del programa y el simulador. Seleccionamos la opción FRENADO MOTOR DC. PRACTICA 2 FRENADO REGENERATIVO.

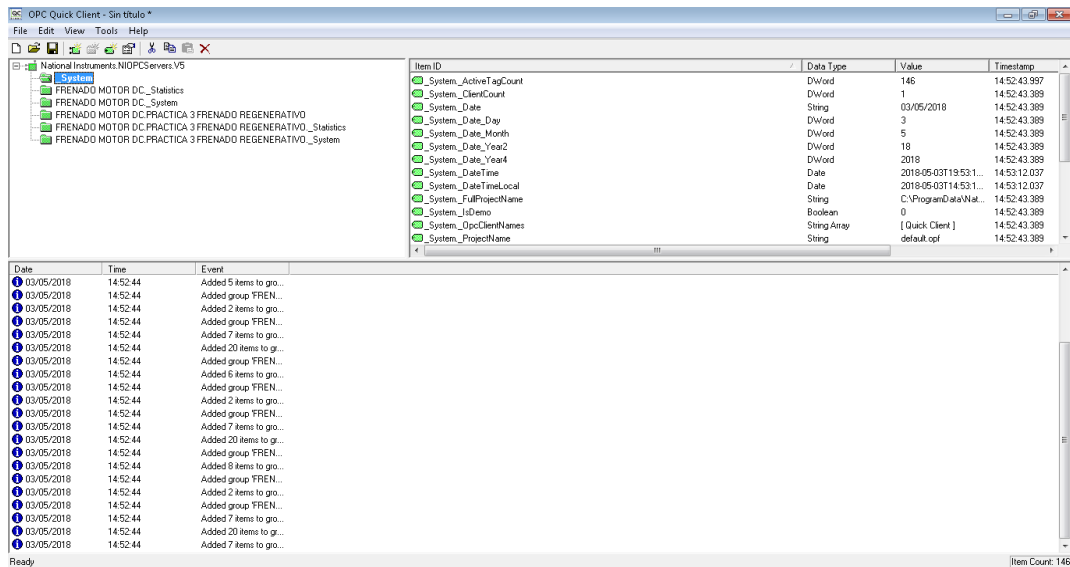


Figura 140: Ventana cliente rápido Quick Client en el OPC Servers.

Se procede a diseñar para la aplicación mediante el software LabVIEW 2017 donde se pueda visualizar el entorno de programación gráfica, para esto vamos a trabajar en dos ventanas de vital importancia: Panel Frontal y Diagrama de Bloques.

Una vez hayamos iniciado el software creamos un nuevo proyecto dentro del cual vamos a trabajar, donde nos mostrará una ventana con el árbol de descripción del proyecto. Una vez dentro seleccionamos con un clic derecho en la pestaña *My Computer, New, Control*. Dentro de cada una de estas ventanas vamos a diseñar todos los elementos que utilizaremos dentro de nuestro Panel Frontal.

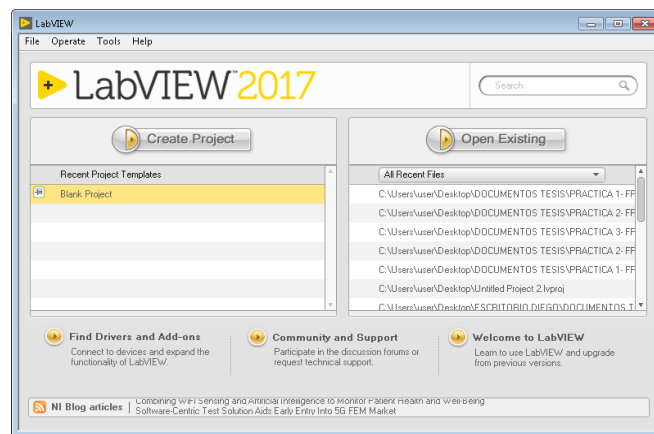


Figura 141: Ventana de Bienvenida del NI LabVIEW 2017.

Una vez hayamos iniciado el software creamos un nuevo proyecto dentro del cual vamos a trabajar, donde nos mostrará una ventana con el árbol de descripción del proyecto. Una vez dentro seleccionamos con un clic derecho en la pestaña *My Computer, New, Control*. Dentro de cada una de estas ventanas vamos a diseñar todos los elementos que utilizaremos dentro de nuestro Panel Frontal.

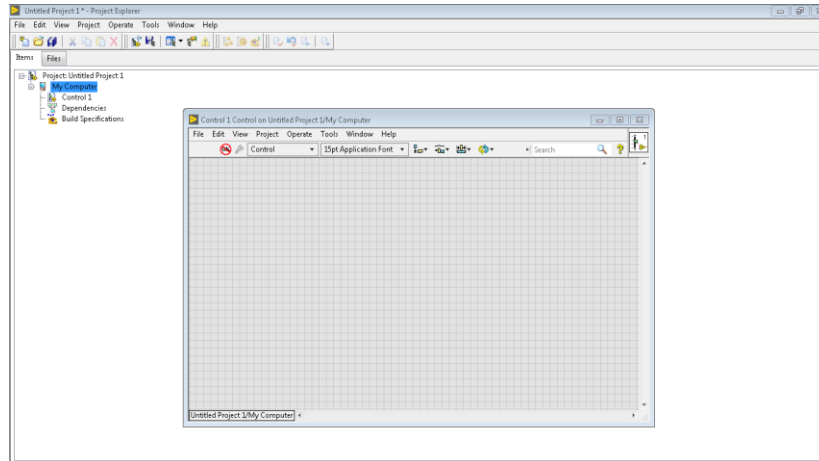


Figura 142: Creación de elementos para diseño Panel Frontal.

Vamos a elegir en la opción *Modern*. Para nuestro caso en particular tenemos dos indicadores luminosos de: Encendido del motor y de Falla del sistema. Para el primer caso vamos al menú *3-D Pushbuttons* seleccionamos la opción *Green pilot light 2* para encendido y *Pilot light 2 (off)* para apagado.

Luego vamos a la parte superior y damos clic sobre la opción *Tools, DSC Module, Image Navigator*, Dentro encontraremos una variedad de modelos gráficos para nuestro diseño.

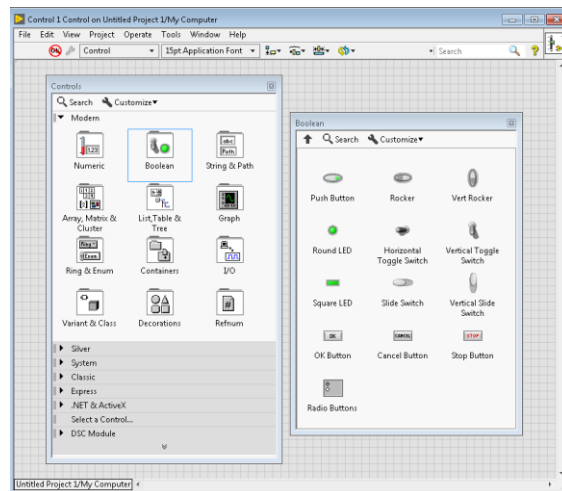


Figura 143: Selección de controles en Ventana Control del NI LabVIEW 2017.

Para poder personalizar cada uno de los indicadores con dos diferentes estados (encendido, apagado) vamos a dar clic sobre *Change to Customize Mode*. Para lo cual seleccionamos la opción *Red pilot light 2* para encendido y *Pilot light 2 (off)* para apagado.

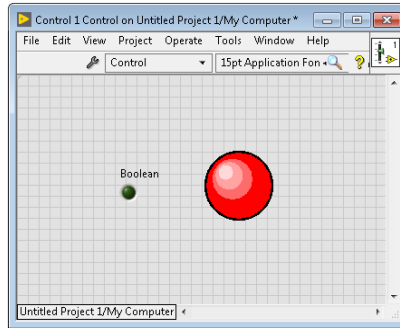


Figura 144: Selección de personalización de Indicador luminoso.

De la misma manera vamos a añadir tres pulsadores. Damos clic derecho sobre una nueva pantalla de control (una para cada pulsador), y seleccionamos *Modern*, *Boolean*, *Rocker*. Para poder personalizar cada uno de los pulsadores con dos diferentes estados (ON, OFF) vamos a dar clic sobre *Change to Customize Mode*. Para reemplazar OFF tenemos: *3-D red button (not pressed)*, *3-D green button (not pressed)* y *3-D yellow button (not pressed)*. Para reemplazar ON tenemos: *3-D red button (pressed)*, *3-D green button (pressed)* y *3-D yellow button (pressed)*.

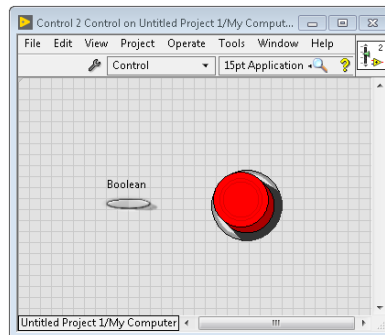


Figura 145: Selección de personalización de Pulsador.

Vamos a simular un motor funcionando con una resistencia de arranque, y acelerando según se cortocircuita la resistencia de arranque. Para lo cual damos clic sobre la opción *Tools*, *DSC Module*, *Image Navigator*. Dentro de la ventana del navegador de imágenes seleccionamos *Blowers Etc*, vamos a seleccionar dos estados para simular el movimiento de las aspas del motor: *Cool Fan (animation frame 1)* y *Cool Fan (animation frame 2)*.

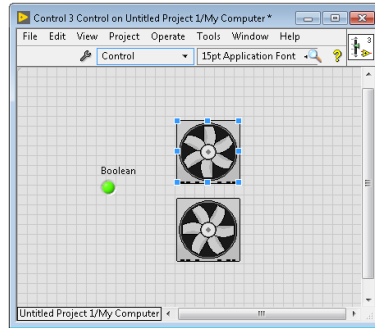


Figura 146: Selección de personalización de Aspas Motor.

Vamos a abrir las pantallas correspondientes al VI de tal manera que damos clic derecho en la pantalla de inicio del LabVIEW sobre: *My Computer, New, VI*.

Una vez creado el VI, damos clic derecho y elegimos la opción *Select a Control* y se desplegará una ventana en la cual podremos examinar la ubicación de los elementos diseñados anteriormente y colocarlos dentro del panel frontal. Además un cuadro de texto que mostrará el mensaje de falla del sistema que actuará en conjunto con el simulador de Falla, elegimos: *Modern, String & Path, String Indicator*.

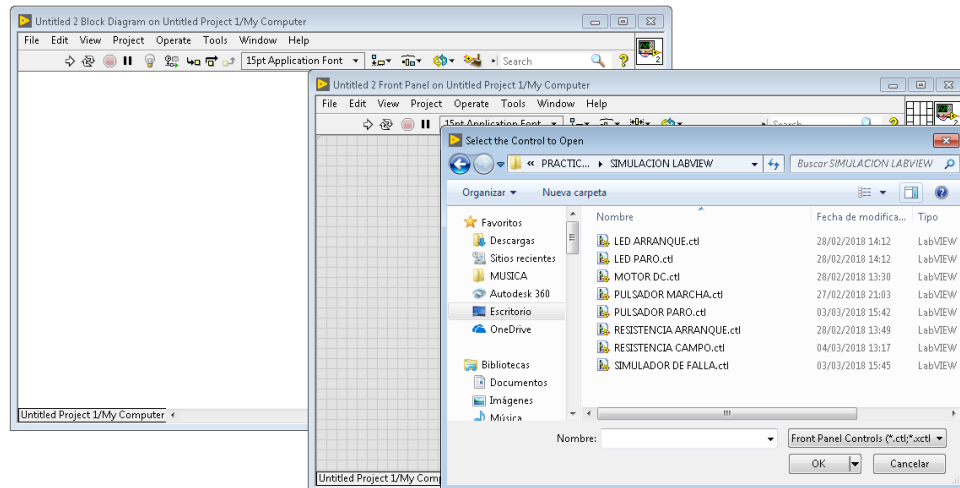


Figura 147: Selección de elementos dentro del Panel Frontal dentro del VI.

Agregamos varios textos para indicar el nombre o la descripción de cada elemento entre los cuales tenemos el tema de la práctica Frenado por inversión de giro, Simulador de Falla, Arranque, Frenado, Resistencia de Arranque, Encendido y Falla.



Figura 148: Ventana del Panel Frontal final en LabVIEW.

Luego vamos a la programación de todos los elementos ubicados en el Panel Frontal. En el Block Diagram vamos a contar con un menú de funciones de programación.

En primer lugar vamos a crear una estructura While Loop para cumplir una secuencia de programación al momento de arrancar el programa además de *Case Structure* y *Flat Sequence*. Para la estructura Flat Sequence damos clic derecho sobre la misma y seleccionamos Add Frame para añadir una estructura similar adjunta.

Creamos variables locales del bloque Booleano MOTOR, luego asignamos una constante (True or False) para poder cumplir la lógica de la estructura.

Agregamos los temporizadores que se encarguen de activar y desactivar la secuencia para lo cual damos clic derecho y seleccionamos: *Timing, Wait (ms)*, luego clic derecho sobre el temporizador seleccionamos: *Create, Constant*.

Estos pasos lo replicamos para los tres casos de secuencias designando 800msg, 200msg y 100msg respectivamente.

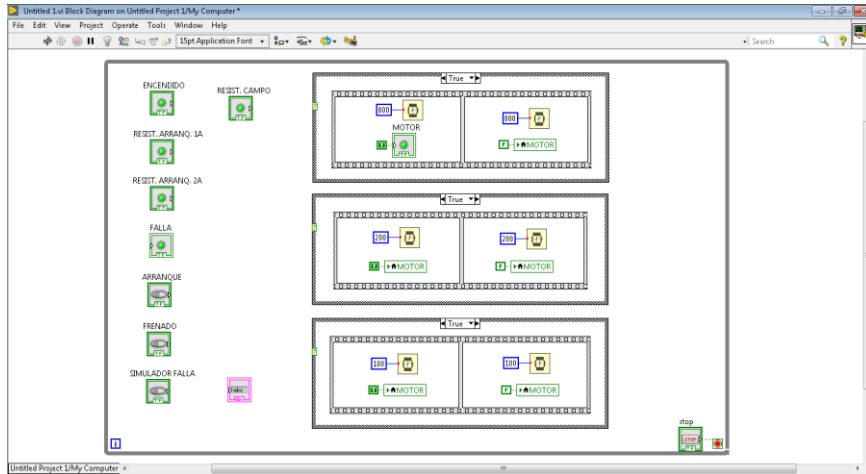


Figura 149: Configuración de Lógica secuencial en Cuadros de Estructuras.

Para la programación vamos a agregar dos compuertas AND y NOT, cambiamos de estado *Change to Control*. Agregamos un comparador dando clic derecho elegimos: *Comparison, Select*. Luego un cuadro de texto fijo (STRING) para esto damos clic derecho y elegimos: String, String Constant, y asignamos el mensaje “*Falla por desconexión de la red*”. Para finalizar agregamos un control a la estructura While Loop dando clic derecho sobre *Loop Condition* elegimos *Create Control*.

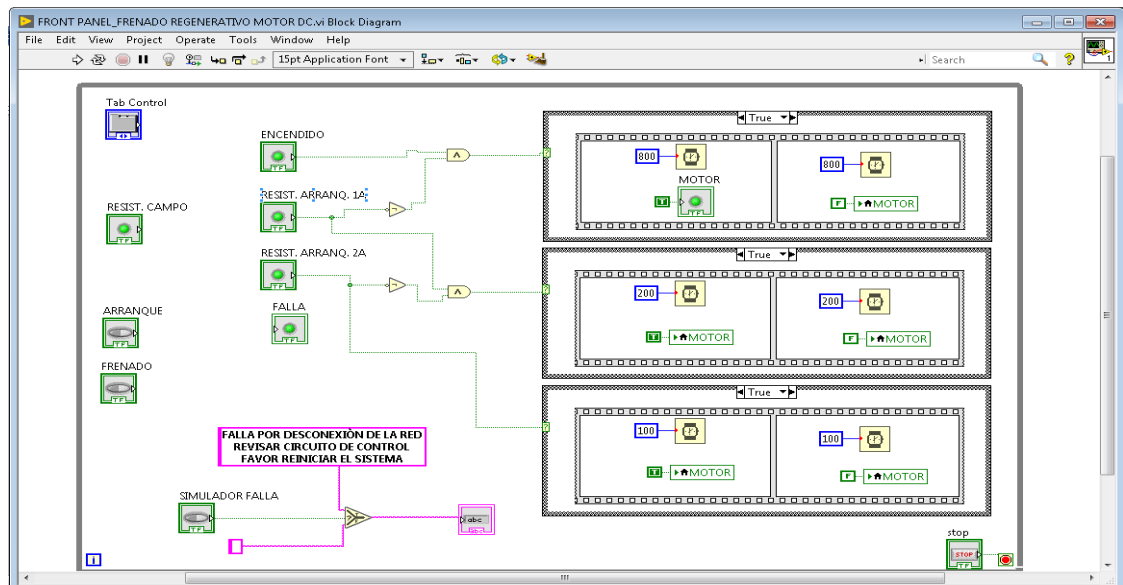


Figura 150: Ventana de Diagrama de bloques final en LabVIEW.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

- Las prácticas de los diferentes tipos de frenado nos permitieron confirmar la funcionalidad del módulo de automatización, construido para fines didácticos.
- Comprobamos su versatilidad y fácil manejo al interactuar con los equipos ya existentes en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.
- Los diferentes tipos de lenguaje de programación que se utiliza son intuitivos gracias a que se maneja un entorno gráfico y esquemático, siendo así una herramienta para el desarrollo del estudiante.

RECOMENDACIONES

- Es muy importante considerar que el devanado de campo usa corrientes en función de miliamperios. Por lo tanto, la ausencia de corriente provocaría la desestabilización de la máquina.
- Las conexiones: serie, compuesto e independiente que se pueden llevar a cabo con este tipo de motores queda abierta a investigación, ya que para las prácticas se utilizó la configuración de motor en derivación o también llamado, conexión paralelo.
- El Freno de la máquina DC puede ser usado en procesos donde también sea necesario el control de velocidad o cambio de giro.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] A. Gutiérrez, Maquinas de Corriente Continua, España: Universidad de Cantabria, departamento de ingeniería eléctrica y energética, 2017.
- [2] M. Pernía, Conceptos Básicos de Maquinas de Corriente Continua, San Cristóbal: Universidad Nacional Experimental del Táchira, Departamento de Ingeniería Electrónica, 2011.
- [3] S. Chapman, Maquinas Eléctricas, México: Instituto tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México, 2012.
- [4] M. Rodríguez, Maquinas de Corriente Continua, España: Universidad de Cantabria, departamento de ingeniería eléctrica y energética, 2017.
- [5] J. Roldan, Motores de Corriente Continua. Motorización de máquinas y vehículos. Características, cálculos y aplicaciones, España: Ediciones Paraninfo, SA, 2014.
- [6] Fundación Red de Energía – BUN CA, Manual técnico: Motores Eléctricos, iluminación, refrigeración comercial, acondicionadores de aire, política regional, financiamiento, San Jose, C R: Biomass Users Network (BUN-CA), 2011.
- [7] Cruz, P. Ponce; López, Javier Sampé. Máquinas eléctricas y técnicas modernas de control. Alfaomega, 2008.
- [8] H. García, Motores de Corriente Continua – Unidad 2, Instituto Tecnológico de Costa Grande: Academia de Metal - Mecánica, 2009.
- [9] Y. Merizalde, Diseño e Implementación de un banco de pruebas para Maquinas de Corriente Continua, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2012.
- [10] C. F. Villagrasa, Fiabilidad de un motor de corriente continua, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, España, 2009.
- [11] M.S. Álvarez, “Modelo matemático de un motor de corriente continua separadamente excitado: Control de velocidad por corriente de armadura”, Instituto de ciencias Físicas, ESPOL, Ecuador, 2012.
- [12] D. D. Ortuño, “Control de Velocidad en cuatro cuadrantes para Motor DC Mediante Chopper en puente completo”, Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño”, Salvador, 2017.

- [13] J. Kimbrell, Product Manager, Drives, Motor & Motion, Automation Direct, “DC Motors Explained”, Automation Direct, 2010.
- [14] B. Barreno, Arranque y frenado de motores de corriente continua, Universidad de las fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador, 2015.
- [15] C. Cunalema, Automatización de la planta de caudal Gunt RT-450, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería en Electricidad., Guayaquil, Ecuador, 2012.
- [16] M. Arias, Control de velocidad de motores DC por asignación de polos para un robot móvil, Politécnico Colombiano, Medellín, Colombia, 2016.
- [17] J. S. Valdez Martínez, Modelo y Simulación de un motor de corriente continua con Campo Serie cuantificando sus pérdidas Magnéticas, Mecánicas y Eléctricas, Escuela superior de Ingeniería mecánica y Eléctrica, Centro de investigación en ciencia aplicada a la tecnología avanzada, D. F. México, 2015
- [18] F. E. Hoyos Velasco, Control de Velocidad de un motor DC Mediante un Prototipo Rápido de control, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Grupo de trabajo GREDyP y PAAS, Manizales, Colombia, 2009.
- [19] J. Escrivá Ariandis, Control de velocidad de un motor DC mediante la utilización de un sensor magnético y micro controlador, Escuela Politécnica Superior de Gandia, I.T. Telecomunicación (Sist. Electrónicos), Gandia 2013.
- [20] C. F. Villagrasa, Fiabilidad de un motor de corriente continua, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, España, 2009.

ANEXOS

FRENADO REGENERATIVO						
Armadura	Campo	Voltaje	RPM	T(sg)	Ia(mA)	If(mA)
25Ω	50Ω	77V	1708	2,61	182	150
200Ω	50Ω	77V	1721	2,43	178	151
25Ω	100Ω	77V	1736	2,35	176	150
200Ω	100Ω	77V	1735	2,30	178	152
25Ω	150Ω	77V	1733	2,26	176	152
200Ω	150Ω	77V	1736	2,61	178	151
25Ω	200Ω	77V	1734	2,51	176	152
200Ω	200Ω	77V	1727	2,43	178	151
150Ω	225Ω	77V	1737	2,30	173	150
200Ω	225Ω	77V	1732	2,50	172	149
50Ω	300Ω	77V	1737	2,43	174	150
200Ω	300Ω	77V	1733	2,48	175	149

Tabla 2: Tabla de valores variables de Resistencia para frenado Regenerativo motores DC.

FRENADO DINAMICO						
Armadura	Campo	Voltaje	RPM	T(sg)	Ia(mA)	If(mA)
25Ω	25Ω	100V	1708	2,61	196	195
120Ω	25Ω	100V	1721	2,43	182	182
300Ω	25Ω	100V	1736	2,35	179	179
10Ω	80Ω	100V	1735	2,30	182	165
160Ω	80Ω	100V	1733	2,26	185	164
300Ω	80Ω	100V	1736	2,61	185	164
10Ω	160Ω	100V	1734	2,51	191	146
160Ω	160Ω	100V	1727	2,43	189	146
300Ω	160Ω	100V	1737	2,30	196	146
10Ω	200Ω	100V	1732	2,50	191	139
60Ω	200Ω	100V	1737	2,43	193	138
300Ω	200Ω	100V	1733	2,48	190	134

Tabla 3. Tabla de valores variables de Resistencia para frenado Dinámico motores DC.


	1	2	3	4	5	6	7	8	
A	<u>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</u>								
B	<u>FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA</u>								
	<u>TRABAJO DE TITULACIÓN</u>								
C	TEMA: SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENADO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA								
D	<u>EQUIPAMIENTO:</u>		MODULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN						
	<u>DIRECTOR:</u>		ING. JULIO SILVA BECHERAN						
E	<u>AUTORES:</u>		JOSÉ DIEGO VÉLEZ SARMIENTO DANIEL MARCELO SÁNCHEZ ALBANCANDO						
F	AÑO 2018								
			Fecha Dibujado Comprobado Aprobado	JOSÉ D. VÉLEZ D. VÉLEZ D. VÉLEZ D. VÉLEZ		PROYECTO FRENADO ELÉCTRICO MOTOR CC	CONTENIDO	FACULTAD: INGENIERÍA ELÉCTRICA	TRABAJO DE TITULACIÓN
	REV	FECHA	CONTRATISTA					ESCUELA ELÉCTRICA MARCELO DIDÁCTICO AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENADO ELÉCTRICO MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA	FECHA 01-06-2018
	1								

Figura 151: Portada esquema eléctrico módulo didáctico.

1	2	3	4	5	6	7	8
HOJA	CONTENIDO	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO POR	COMENTARIOS			
01	Portada	Datos Autores	D. Vélez				
02	Indice	Resumen de hojas	D. Vélez				
03	Simbología	Datos Elementos	D. Vélez				
04	Fuente AC/DC	Alimentación 24VDC	D. Vélez				
05	Autómata	Entradas y Salidas PLC	D. Vélez				
06	OUT Autómata	Salidas Digitales Analogicas	D. Vélez				
07	OUT Autómata	Salidas Digitales Analogicas	D. Vélez				
08	Paneles DC	Panel Alimentación	D. Vélez				
09	IN Autómata	Entradas Digitales Analógicas	D. Vélez				



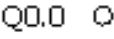









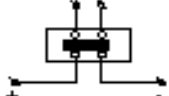



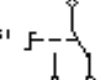


		Fecha	Arriba 2018		PROYECTO		CONTENIDO		FACULTAD INGENIERIA ELECTRICA		TRABAJO DE TITULACIÓN	
		Dibujado	D. VÉLEZ		FRENOOS ELÉCTRICOS		██████████		ESCUELA ELÉCTRICAS MÓDULO DIDÁCTICO AUTOMATIZACIÓN DE LAB		HBM	
		Comprobado	D. VÉLEZ		MOTOR DC		██████████		SISTEMAS DE FRENOO ELÉCTRICOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA		EL-6336	
		Aprobado	D. VÉLEZ									

Figura 152: Índice general en esquema eléctrico de módulo didáctico.

1		2		3		4		5		6		7		8			
A		B		C		D		E		F		A		B			
SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION		
	BOBINA RELE REPLICADOR		SALIDAS DIGITALES Y ANALÓGICAS		BORNERAS		CONTACTOS RELE REPLICADOR		ENTRADAS DIGITALES Y ANALÓGICAS		TIERRA		LUZ INDICADORA		FUENTE AC/DC		TOMACORRIENTE
	CONTACTOS AUXILIARES		CONTACTO CERRADO		PANEL DE ALIMENTACIÓN VARIABLE 0-10 VDC		VENTILADOR		CONTACTO ABIERTO		SELECTOR 2 POSICIONES		SELECTOR 3 POSICIONES		FUSIBLES		BORNES PARA PLUGS


Fecha	ANEXO 2018		PROYECTO	CONTENIDO	FACULTAD INGENIERÍA ELÉCTRICA	TRABAJO DE TITULACIÓN
Dibujado	D. VALEZ		RENDIDOS ELÉCTRICOS		ESCUELA ELÉCTRICA UNIDAD DIDÁCTICA AUTOMATIZACIÓN DE LOS	HOJA
Comprobado	D. VALEZ		MOTOR DC		SISTEMAS DE FRENO ELÉCTRICO MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA	23
Aprobado	D. VALEZ					23

Figura 153: Simbología general en esquema eléctrico de módulo didáctico.

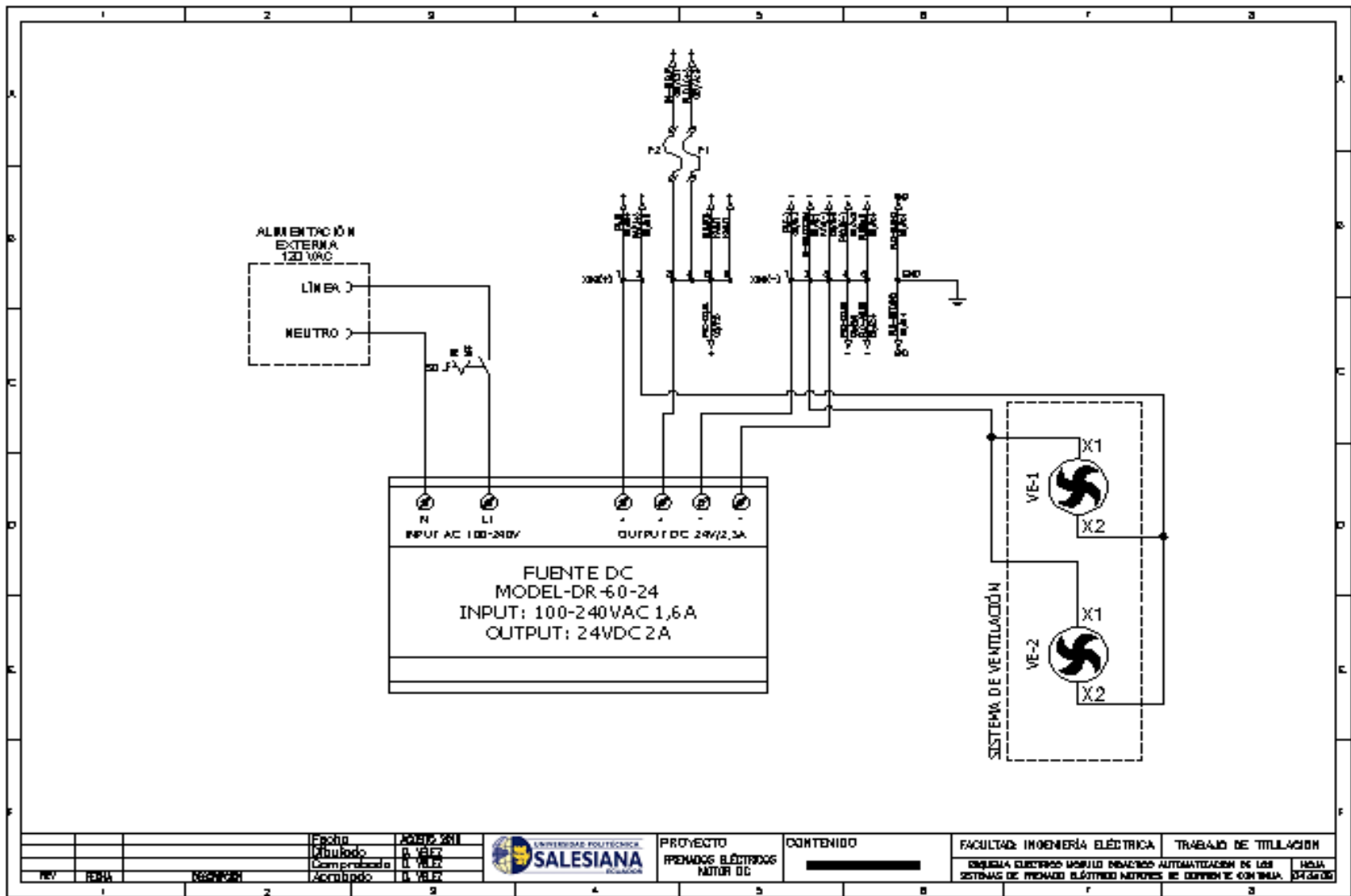


Figura 154: Esquema de Fuente principal AC/DC.

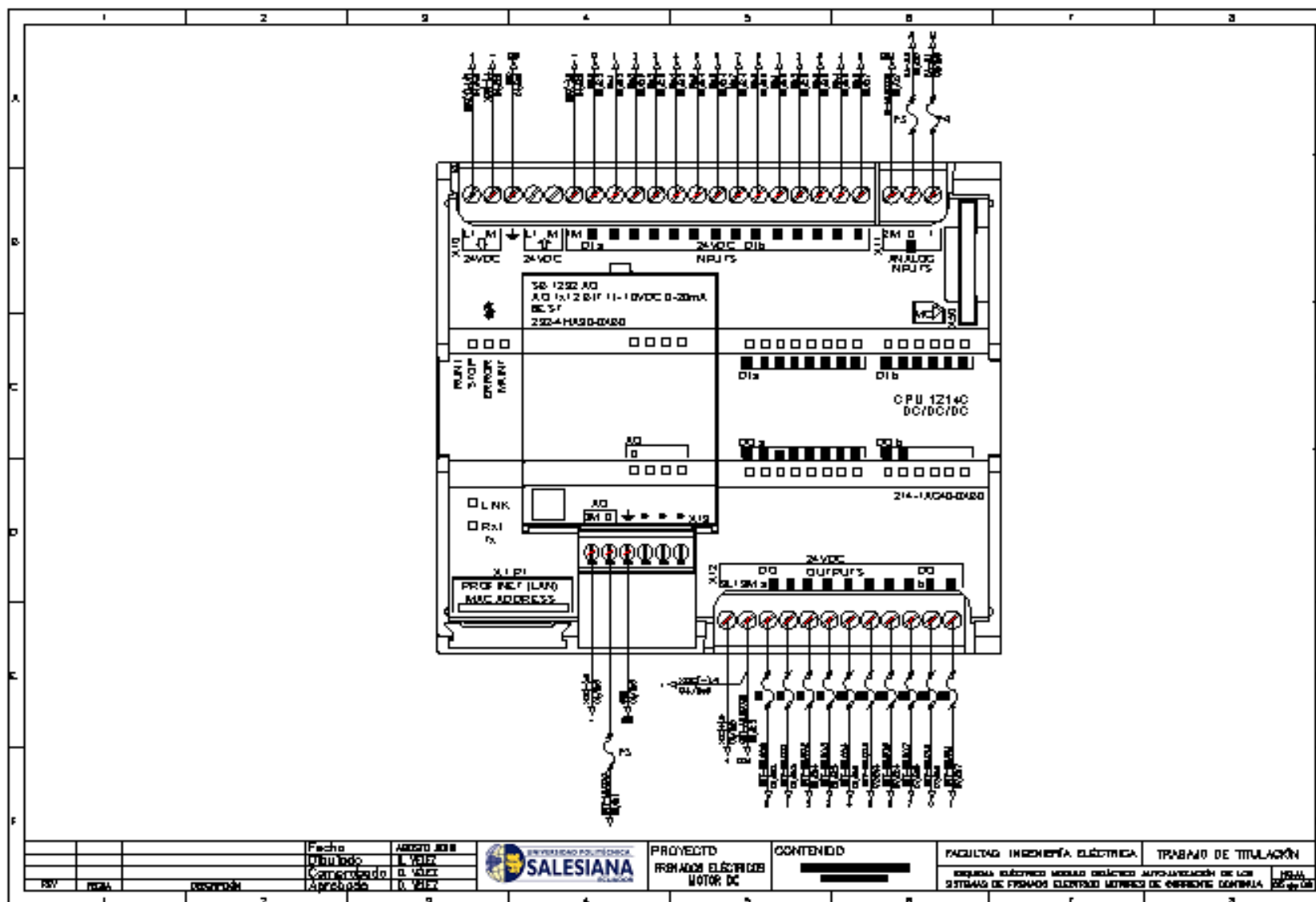


Figura 155: Esquema Automata Programable S7 1200 SIEMENS.

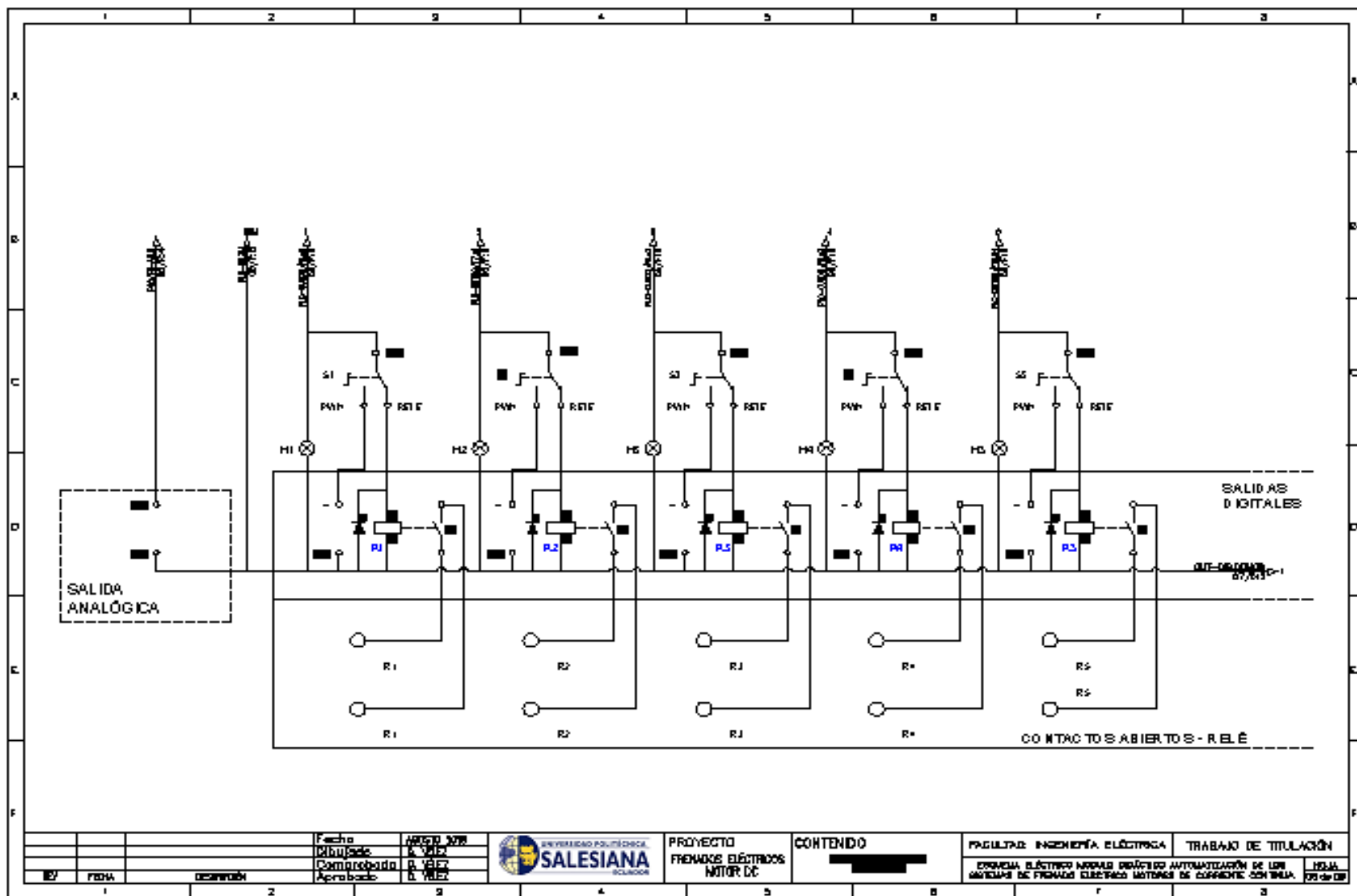


Figura 156: Salidas analógicas y digitales Autómata Programable.

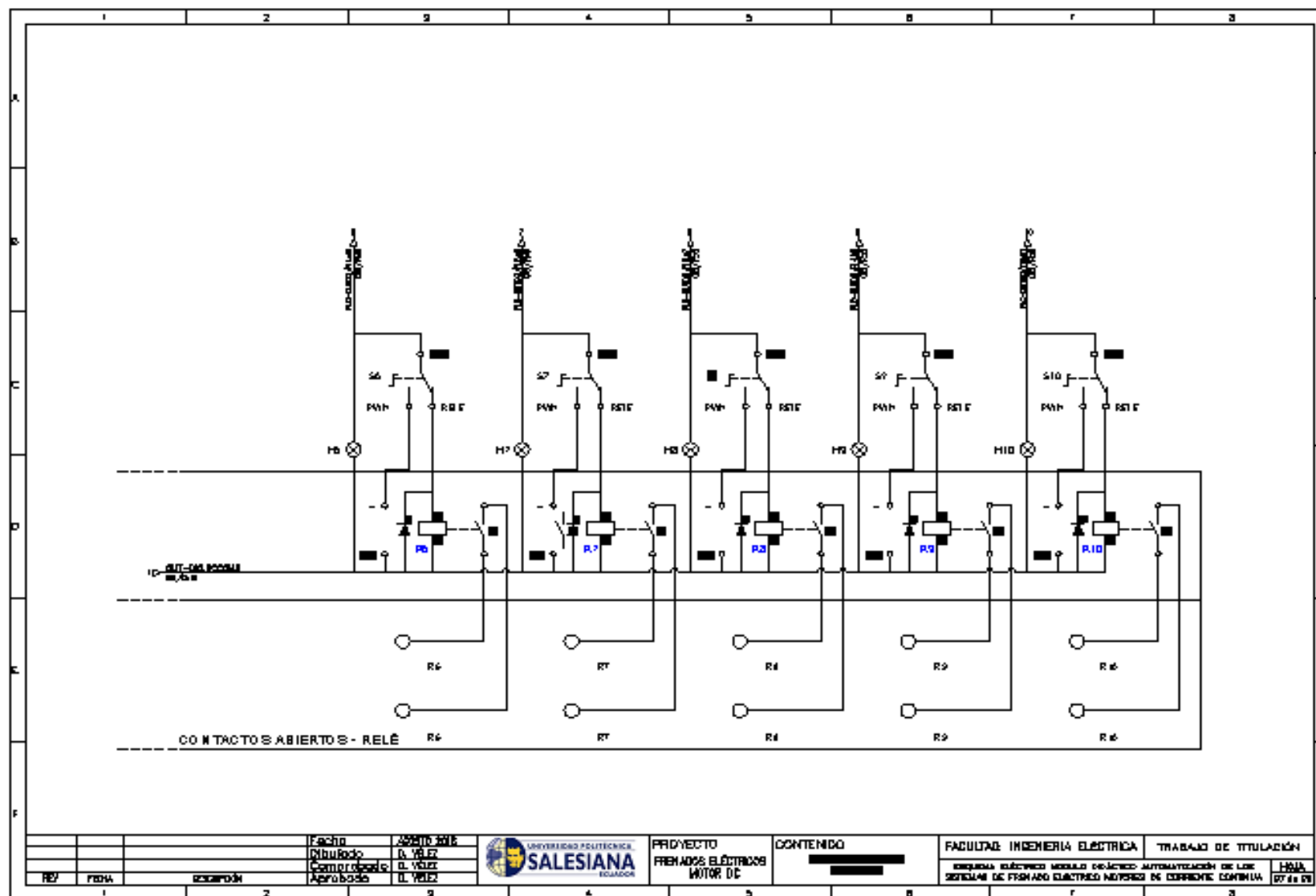


Figura 157: Salidas Digitales del Automata Programable.

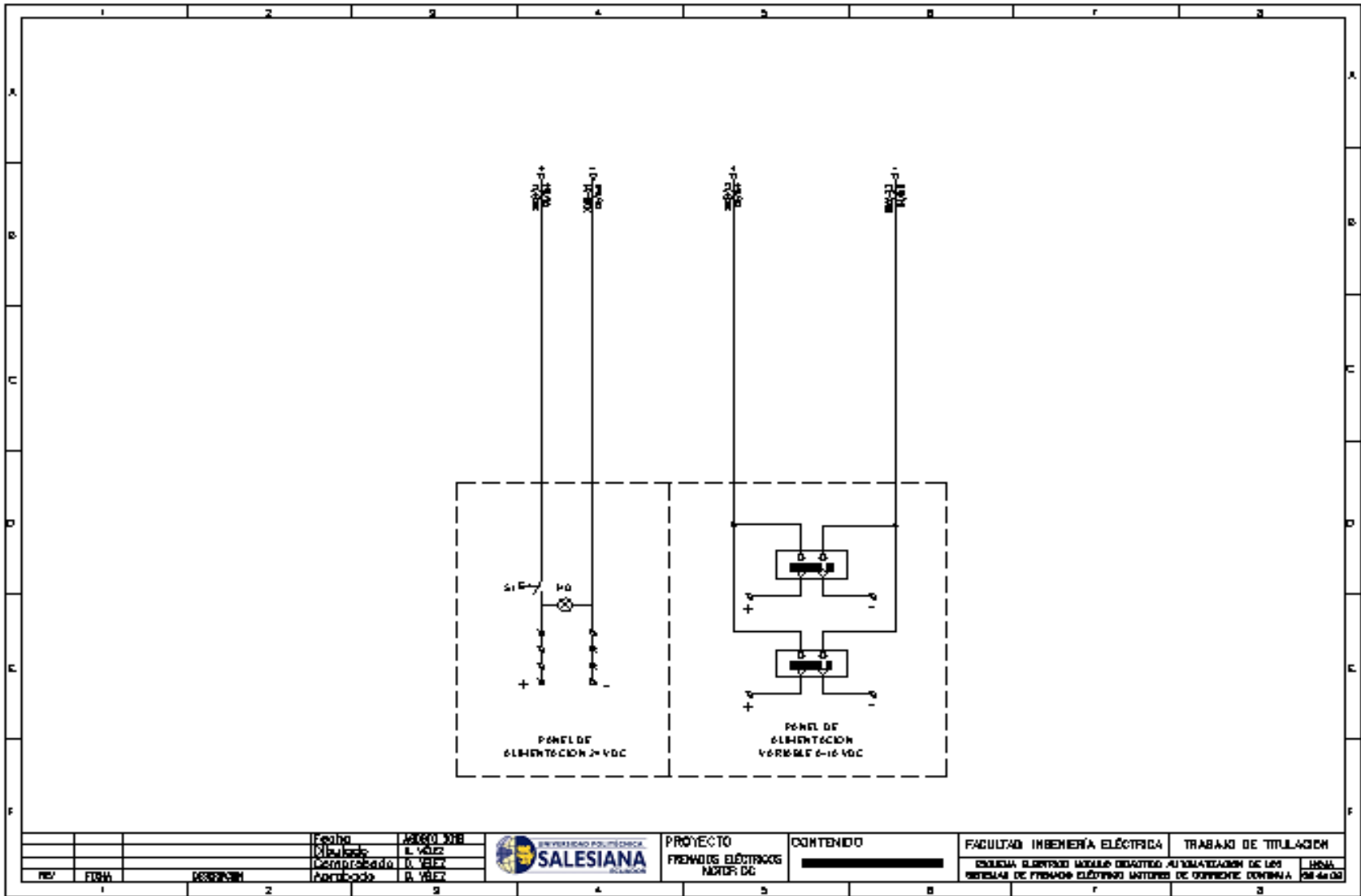


Figura 158: Panel de alimentación de control 24/10 VDC.

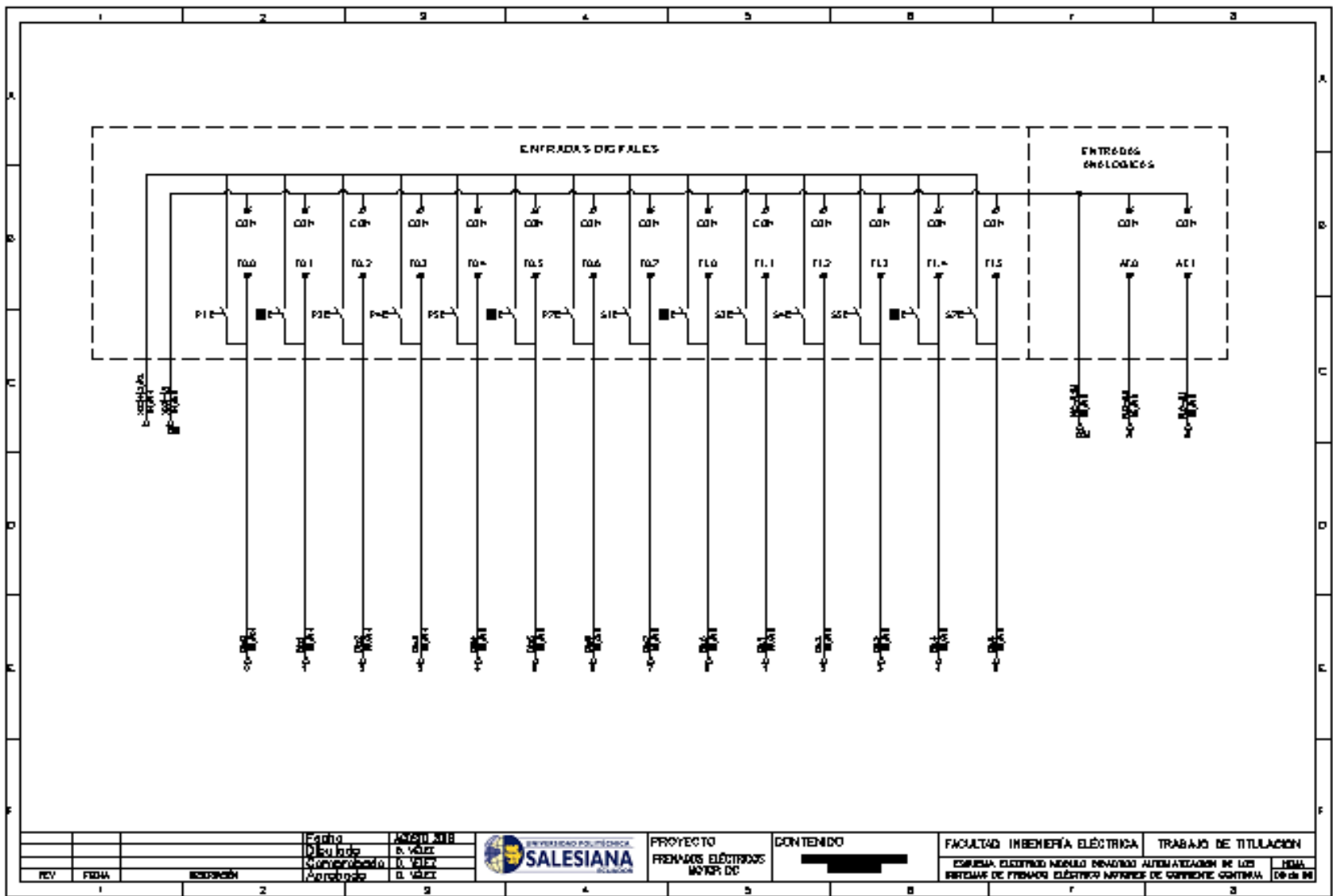


Figura 159: Entradas analógicas y digitales del Autómata Programable.