



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Proyecto técnico previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Título:

“Diseño e implementación de una maleta didáctica master-esclavo con servo motor industrial, goodrive35, autómatas y pantalla hmi, utilizando protocolo de comunicación rs 485 modbus rtu para la empresa simalec cía. Ltda.”

Autores:

JOSÉ MARIANO TENE BASTIDAS
ALVARO ARIEL BRAVO MUÑOZ

Tutor de proyecto Técnico:

ING. RAFAEL PÉREZ ORDÓÑEZ MSC.

Agosto del 2019

Guayaquil- Ecuador

**CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, JOSÉ MARIANO TENE BASTIDAS Y ALVARO ARIEL BRAVO MUÑOZ 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, Agosto del 2019

José Mariano Tene Bastidas
CI: 0603632746

Álvaro Ariel Bravo Muñoz
CI: 0929694669

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES

Nosotros, José Mariano Tene Bastidas con documento de identificación N° 0603632746 y Alvaro Ariel Bravo Muñoz con documento de identificación N° 0929694669, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MALETA DIDÁCTICA MASTER-ESCLAVO CON SERVO MOTOR INDUSTRIAL, GOODRIVE35, AUTOMATA Y PANTALLA HMI, UTILIZANDO PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN RS 485 MODBUS RTU PARA LA EMPRESA SIMALEC CÍA. LTDA.", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de "INGENIERO ELECTRÓNICO", en la empresa SIMALEC CIA. LTDA. Guayaquil- Ecuador, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

Guayaquil, Agosto del 2019

José Tene Bastidas
CI: 0603632746

Alvaro Bravo Muñoz
CI: 0929694669

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

En calidad de DIRECTOR DEL PROYECTO TÉCNICO “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MALETA DIDÁCTICA MASTER-ESCLAVO CON SERVO MOTOR INDUSTRIAL, GOODRIVE35, AUTOMATA Y PANTALLA HMI, UTILIZANDO PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN RS 485 MODBUS RTU PARA LA EMPRESA SIMALEC CÍA. LTDA.”, elaborado por José Mariano Tene Bastidas y Alvaro Ariel Bravo Muñoz, declaro y certifico la aprobación del presente proyecto técnico basándose en la supervisión y revisión de su contenido.

Guayaquil, Agosto del 2019

MSC. Rafael Pérez Ordóñez

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, José Mariano Tene Bastidas, portador de la cédula de identidad N° 0603632746 y Alvaro Ariel Bravo Muñoz, portador de la cédula de identidad N° 0929694669, estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana con sede Guayaquil, declaramos que la responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación corresponde exclusivamente y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Agosto del 2019

José Mariano Tene Bastidas
CI: 0603632746

Alvaro Ariel Bravo Muñoz
CI: 0929694669

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo realizado en este proceso para la titulación de mi grado se lo dedico a mis padres, MARIA BASTIDAS y MANUEL TENE, además mi esposa, MARIA RICHAY que, gracias al apoyo incondicional de ellos, a su formación y consejos, nunca deserté y aprendí a superar todos los obstáculos que se presentaron en esta carrera, formándome como un gran profesional y ser humano.

Se lo dedico a mis hermanos, FABIAN TENE y GLORIA TENE porque desde que llegue a la ciudad de Guayaquil me enseñaron a superarme y saber que todo lo que nos proponemos se lo puede conseguir con esfuerzo y dedicación.

JOSÉ MARIANO TENE BASTIDAS

DEDICATORIA

Dedicado para mis padres, Celso Bravo y Narcisa de Jesús Muñoz, quienes con su infinito amor, trabajo y esfuerzo lograron convertirme en el ser humano que soy hoy, sin ellos nada de esto fuera posible.

Y para mi hermano, Borys Bravo, quien fue, es y será mi gran ejemplo a seguir.

ALVARO ARIEL BRAVO MUÑOZ

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento más importante es a DIOS, dándome salud e inteligencia y sabiduría para poder conseguir mi titulación.

Agradezco a Jimmy Zambrano y Karina Zambrano propietarios de la empresa SIMALEC CIA.LTDA. Por el apoyo y poder desarrollar el presente trabajo de titulación en sus instalaciones.

Agradezco a mi compañero de tesis Alvaro Bravo, porque durante este proceso, de ser amigos pasamos a ser familia, y sin su apoyo y dedicación no se hubiera podido conseguir este proyecto.

Agradezco a los profesores de la Universidad Politécnica Salesiana, en especial al Ing. Rafael Pérez, por ser el tutor de tesis, por su paciencia y por compartir sus conocimientos formándonos como excelentes profesionales.

JOSÉ MARIANO TENE BASTIDAS

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a mi familia, quienes siempre me apoyaron para superar todos los obstáculos y momentos difíciles a lo largo de este camino.

Agradezco a la familia Zambrano propietarios de la empresa SIMALEC CIA.LTDA. por su apoyo y confianza otorgados para realizar este trabajo de titulación en sus instalaciones.

Agradezco a todos los profesores y compañeros quienes a lo largo de estos años compartieron sus conocimientos y experiencias conmigo, contribuyendo al desarrollo de mi carrera profesional.

Un agradecimiento al Ing. Rafael Pérez por su tutoría y a todo el personal administrativo de la universidad Politécnica Salesiana por su apoyo en este proyecto.

Por su ayuda y consejos un agradecimiento especial a mi compañero de tesis y gran amigo José Tene Bastidas, quien, en incontables ocasiones a lo largo de la carrera, con su apoyo y consejos, fue un pilar fundamental para la conclusión de esta meta.

ALVARO ARIEL BRAVO MUÑOZ

RESUMEN DEL PROYECTO

AÑO	TÍTULO	ALUMNO	DIRECTOR	TEMA DE TITULACIÓN
2019	Ingeniero Electrónico.	Alvaro Bravo Muñoz. José Tene Bastidas.	Ing. Rafael Pérez Ordóñez.	“Diseño e implementación de una maleta didáctica master-esclavo con servo motor industrial, goodrive35, autómatas y pantalla hmi, utilizando protocolo de comunicación rs 485 modbus rtu para la empresa simalec cía. Ltda.”

Este artículo hace referencia al diseño e implementación de una maleta didáctica basada en la necesidad de la empresa "SIMALEC CIA. LTDA.", el cual es desarrollado para la simulación de actividades profesionales utilizando los productos de la empresa referentes a la línea de manejo, control y aplicaciones con servomotores, HMI, PLC y servodrive. El proyecto cuenta con un sistema master-esclavo con un servo motor industrial, un equipo goodrive35, un autómata y una pantalla hmi, y con protocolo rs 485 modbus para comunicación. Su función es brindar una herramienta de pruebas y capacitación a la empresa "SIMALEC CIA. LTDA.", para realizar demostraciones en el uso y empleo de los equipos que distribuye la empresa para sus clientes, de manera práctica, dinámica y versátil, de esta forma el personal técnico podrá realizar simulaciones en sitio en las empresas interesadas en esta marca de equipos, además podrá usarse para prácticas en talleres y seminarios profesionales. Los beneficiarios de este proyecto son los técnicos y clientes de la empresa "SIMALEC CIA. LTDA.", que recibirán capacitaciones profesionales sobre el uso de estos equipos, los ejecutivos de ventas quienes utilizarán esta maleta didáctica para demostraciones a clientes en sitio. El objetivo es realizar prácticas en las cuales el personal pueda captar el funcionamiento de elementos, equipos, conexiones y configuraciones en el manejo de software para aplicaciones en procesos industriales.

ABSTRACT

YEAR	TITLE	STUDENT	DIRECTOR	TITULATION THEME
2019	ElectronicEngineer.	Alvaro Bravo Muñoz. José Tene Bastidas.	Ing. Rafael Pérez Ordóñez.	“Design and implementation of a master-slave didactic suitcase with industrial servo motor, goodrive35, automata and hmi screen, using communication protocol rs 485 modbusrtu for the company simalec cía. Ltda.”

This article refers to the design and implementation of a didactic suitcase based on the need of the company "SIMALEC CIA. LTDA.", which is developed for the simulation of professional activities using the Company's products regarding the management line, control and applications with Servomotors, HMI, PLC and Servo driver. The project has a master-slave system with an industrial servo motor, a goodrive35 equipment, an auto-Mata and an HMI screen, and with RS 485 Modbus protocol for communication. Its role is to provide a test and training tool to the company "SIMALEC CIA. LTDA.", to make demonstrations on the use and employment of the equipment distributed by the company for its clients, in a practical, dynamic and versatile way, in this way the technical personnel will be able to perform simulations on site in the companies interested in this brand of Equipment, it can also be used for internships in professional workshops and seminars. The beneficiaries of this project are the technicians and clients of the company "SIMALEC CIA. LTDA.", who will receive professional training on the use of these equipment, the sales executives who use this didactic suitcase for demonstrations to clients on site. The objective is to carry out practices in which the personnel can capture the operation of elements, equipment, connections and configurations in the management of software for applications in industrial processes.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES	IV
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	V
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.....	VI
DEDICATORIA	VII
DEDICATORIA	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
AGRADECIMIENTO	X
RESUMEN DEL PROYECTO	XI
ABSTRACT.....	XII
ÍNDICE GENERAL.....	XIII
INTRODUCCIÓN	5
1 PROBLEMA	6
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2 ANTECEDENTES.....	6
1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCE	6

1.4 DELIMITACIÓN	7
1.4.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	7
1.4.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	7
1.4.3 DELIMITACIÓN ACADÉMICA	8
1.5 OBJETIVOS	8
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	8
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.6 IMPACTO	9
2 ESTADO DEL ARTE	10
2.1 TÉCNICAS DE POSICIONAMIENTO	10
2.2 SERVOMOTOR	11
2.3 SERVODRIVE	13
2.4 ENCODER	14
2.4.1 ENCODER INCREMENTAL.....	14
2.5 MALETA DIDÁCTICA	15
2.6 AUTÓMATA	16
2.7 AUTO STATION (SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN)	16
2.8 HMI INVT	17
2.9 GOODRIVE 35	18
2.10 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN	19
2.11 COMUNICACIÓN MAESTRO – ESCLAVO	19
2.12 PROTOCOLO RS-485	19
3 MARCO METODOLÓGICO	21

3.1 FASE INICIAL: ESQUEMA DEL PROYECTO	21
3.2 FASE DE APLICACIONES, MÉTODOS Y TÉCNICAS.	22
3.2.1 MÉTODOS.....	22
3.2.2 TÉCNICAS.....	23
3.3 FASE DE IMPLEMENTACIÓN.....	23
3.4 DISEÑO DE SERIGRAFÍA.....	36
3.5 FUENTE DE PODER SPB-015-24.....	37
3.6 TRANSFORMADOR 9T51B0002	37
3.7 ENCODER ROTATIVO INCREMENTAL I41-H-200ZCU46L2.....	38
3.8 VARIADOR DE FRECUENCIA GOODRIVE 35	38
3.8.1 GUÍA DE USO DE VARIADOR DE FRECUENCIA GOODRIVE 35.....	39
3.9 MOTOR ASÍNCRONO VARVEL.....	39
3.10 SERVODRIVE INVT SV-DA200-0R1.....	39
3.11 SERVOMOTOR INVT SV-ML06-0R4G-2-1A0-3000	40
3.11.1 GUIA DE USO DE SERVO MOTOR INVT SV-ML06-0R4G-2-1A0-3000.....	40
3.12 HMI VS-070HS	41
3.12.1 GUIA DE USO DE HMI VS-070HS	41
3.13 AUTÓMATA IVC1-1410MAT	42
3.13.1 GUIA DE USO DE AUTÓMATA IVC1-1410MAT.....	42
3.14 MANTENIMIENTO.....	43
3.15 OPERACIÓN.....	43
4 PRÁCTICAS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	45
4.1 PRACTICA 1	45
4.2 PRACTICA 2	58
4.3 PRACTICA 3	72

4.4. PRACTICA 4	91
4.5 PRACTICA 5	100
4.6 PRACTICA 6	109
4.7 PRACTICA 7	122
4.8 PRACTICA 8	138
RECOMENDACIONES	159
CONCLUSIONES	160
BIBLIOGRAFÍA.....	161
ANEXOS	162
ANEXO A.- PRUEBAS DE LABORATORIO	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Ubicación SIMALEC Cia. Ltda.....	7
Figura 2. 1: Técnicas de posicionamiento	11
Figura 2. 2: Servomotor.....	12
Figura 2. 3: Curva torque (Aadeca, 2017).....	13
Figura 2. 4: Servodrive	14
Figura 2. 5: Encoder.....	14
Figura 2. 6: Representación de señales incrementales	15
Figura 2. 7: Maleta didáctica.....	15
Figura 2. 8: PLC INVT	16
Figura 2. 9: Interfaz principal de Auto Station.....	17
Figura 2. 10: HMI INVT.....	17
Figura 2. 11: Goodrive 35.....	18
Figura 2. 12: Protocolo RS485.....	20
Figura 3. 1: Diagrama de bloques de la maleta didáctica	21
Figura 3. 2: Diseño de la maleta didáctica en formato CAD en diferentes vistas.....	24
Figura 3. 3: Diseño en formato CAD de las puertas	25
Figura 3. 4: Diseño en CAD diagrama eléctrico fuerza.....	26
Figura 3. 5: Diseño en CAD diagrama eléctrico en control e indicadores.....	27
Figura 3. 6: Diseño en CAD de pin entrada y salida de cada equipo	28
Figura 3. 7: Icono de software auto station	29
Figura 3. 8: Interface software Auto Station	29
Figura 3. 9: Creación de un nuevo proyecto	30
Figura 3. 10: Panel listo para la programación.....	30
Figura 3. 11: Configuración de interface puerto de comunicación	31
Figura 3. 12: Configuración de protocolo de comunicación	31
Figura 3. 13: Aplicación programado de acuerdo a la lógica de control	32
Figura 3. 14: Icono download	32
Figura 3. 15: Icono HMITool 6.0	33
Figura 3. 16: Creaciones de un nuevo proyecto y configuración.....	33

Figura 3. 17: Configuraciones de los parámetros y direcciones.....	34
Figura 3. 18: Configuración de dirección y velocidad de comunicación	34
Figura 3. 19: Pantalla de HMI programado	35
Figura 3. 20: Icono para la carga de software programado hacia el hmi físico.....	35
Figura 3. 21: Protocolo de comunicación RS – 485.....	36
Figura 3. 22: Diseño de serigrafía en AUTOCAD e impresa en acrílico.....	36
Figura 3. 23: Fuente de poder SPB-015-24.	37
Figura 3. 24: Transformador 9T51B0002	37
Figura 3. 25: Encoder I41-H-200ZCU46L2.....	38
Figura 3. 26: Variador de frecuencia GOODRIVE 35	38
Figura 3. 27: Motor asíncrono Varvel y ubicación en maleta didáctica.....	39
Figura 3. 28: Servodriver INVT SV-DA200-0R1	40
Figura 3. 29: Servo motor INVT SV-ML06-0R4G-2-1A0-3000	40
Figura 3. 30: HMI VS-070HS	41
Figura 3. 31: Autómata IVC11410MAT.....	42
Figura 4. 1: Paso 1	46
Figura 4. 2: Paso 2	47
Figura 4. 3: Paso 3.....	47
Figura 4. 4: Paso 4.....	48
Figura 4. 5: Paso 5.....	49
Figura 4. 6: paso 6	50
Figura 4. 7: Paso 7	50
Figura 4. 8: Paso 7.1	51
Figura 4. 9: Paso 7.2.....	51
Figura 4. 10: Paso 8	52
Figura 4. 11: Paso 9.....	53
Figura 4. 12: Paso 10	53
Figura 4. 13: Rampa aceleración.....	56
Figura 4. 14: Rampa desaceleración	56
Figura 4. 15: Paso 1	59

Figura 4. 16: Paso 2	60
Figura 4. 17: Paso 3	61
Figura 4. 18: Paso 4	61
Figura 4. 19: Paso 5	62
Figura 4. 20: Paso 6	63
Figura 4. 21: Paso 7	63
Figura 4. 22: Paso 7.1	64
Figura 4. 23: Paso 7.2	64
Figura 4. 24: Paso 8	65
Figura 4. 25: Paso 9	66
Figura 4. 26: Paso 10	66
Figura 4. 27: Aceleración.....	69
Figura 4. 28: Desaceleración.....	71
Figura 4. 29: Paso 1	73
Figura 4. 30: Paso 2	74
Figura 4. 31: Paso 3	75
Figura 4. 32: Paso 4	75
Figura 4. 33: Paso 5	76
Figura 4. 34: Paso 6	77
Figura 4. 35: Paso 7	77
Figura 4. 36: Paso 8	78
Figura 4. 37: Paso 9	78
Figura 4. 38: PASO 8	79
Figura 4. 39: Paso 9	80
Figura 4. 40: Paso 10	80
Figura 4. 41: Paso 11	82
Figura 4. 42: Paso 12	83
Figura 4. 43: Paso 13	83
Figura 4. 44: Paso 14	84
Figura 4. 45: Paso 15	84

Figura 4. 46: Paso 17	85
Figura 4. 47: Paso 18	86
Figura 4. 48: Aceleración.....	88
Figura 4. 49: Desaceleración.....	89
Figura 4. 50: Paso 1	92
Figura 4. 51: Paso 2	93
Figura 4. 52: Paso 3	93
Figura 4. 53: Paso 4	94
Figura 4. 54: Paso 5.....	95
Figura 4. 55: Paso 6	95
Figura 4. 56: Paso 7.1	96
Figura 4. 57: Paso 7.1	96
Figura 4. 58: Paso 7.2	97
Figura 4. 59: Paso 8	97
Figura 4. 60: Paso 9	98
Figura 4. 61: Paso 10	98
Figura 4. 62: Paso 1	101
Figura 4. 63: Paso 2	101
Figura 4. 64: Paso 3	102
Figura 4. 65: Paso 4	102
Figura 4. 66: paso 5	103
Figura 4. 67: Paso 6	104
Figura 4. 68: Paso 7	104
Figura 4. 69: paso 7.1	105
Figura 4. 70: Paso 7.2	105
Figura 4. 71: Paso 8.....	105
Figura 4. 72: Paso 8.....	106
Figura 4. 73: Paso 9	106
Figura 4. 74: Paso 11	107
Figura 4. 75: Paso 1	110

Figura 4. 76: Paso 2	110
Figura 4. 77: Paso 3	111
Figura 4. 78: paso 4	111
Figura 4. 79: paso 5	112
Figura 4. 80: paso 6	113
Figura 4. 81: Paso 7	113
Figura 4. 82: Paso 7.1	114
Figura 4. 83: Paso 7.2	114
Figura 4. 84: Paso 8	114
Figura 4. 85: Paso 9	115
Figura 4. 86: Paso 10	116
Figura 4. 87: Paso 11	117
Figura 4. 88: Paso 11.1	117
Figura 4. 89: Paso 12	118
Figura 4. 90: Paso 13	118
Figura 4. 91: Paso 14	119
Figura 4. 92: Paso 15	119
Figura 4. 93: Paso 16	120
Figura 4. 94: Paso 17	120
Figura 4. 95: Paso 1	123
Figura 4. 96: Paso 2	123
Figura 4. 97: Paso 3	124
Figura 4. 98: Paso 4	124
Figura 4. 99: Paso 5	125
Figura 4. 100: Paso 6	126
Figura 4. 101: Paso 7	126
Figura 4. 102: Paso 7.1	127
Figura 4. 103: Paso 7.2	127
Figura 4. 104: Paso 8	127
Figura 4. 105: Paso 9	128

Figura 4. 106: Paso 10	128
Figura 4. 107: Paso 10.1	129
Figura 4. 108: Paso 11	130
Figura 4. 109: Paso 12	130
Figura 4. 110: Paso 13	131
Figura 4. 111: Paso 14	131
Figura 4. 112: paso 15	132
Figura 4. 113: paso 16	132
Figura 4. 114: Paso 17	133
Figura 4. 115: Paso 18	133
Figura 4. 116: Paso 19	134
Figura 4. 117: Paso 20	135
Figura 4. 118: Paso 1	139
Figura 4. 119: Paso 2	139
Figura 4. 120: Paso 3	140
Figura 4. 121: Paso 4	140
Figura 4. 122: Paso 5	141
Figura 4. 123: Paso 6	142
Figura 4. 124: Paso 7	142
Figura 4. 125: Paso 7.1	143
Figura 4. 126: Paso 7.2	143
Figura 4. 127: Paso 8	143
Figura 4. 128: Paso 9	144
Figura 4. 129: Paso 10	144
Figura 4. 130: Paso 10	145
Figura 4. 131: Paso 11	146
Figura 4. 132: Paso 12	146
Figura 4. 133: Paso 13	146
Figura 4. 134: Paso 14	147
Figura 4. 135: Paso 15	147

Figura 4. 136: Paso 16	148
Figura 4. 137: Paso 17	149
Figura 4. 138: Paso 18	149
Figura 4. 139: Paso 19	150
Figura 4. 140: Paso 20	151
Figura 4. 141: Paso 21	153
Figura 4. 142: Grafica Estadística.....	156
Figura 4. 143: Paso 22	157
Figura 4. 144: Paso 24	157
Figura 4. 145: Paso 24	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aceleración - Desaceleración.....	55
Tabla 2: Aceleración.....	68
Tabla 3: Desaceleración.....	70
Tabla 4: Aceleración.....	87
Tabla 5: Desaceleración.....	89
Tabla 6: PID.....	155

INTRODUCCIÓN

En la empresa "SIMALEC CIA. LTDA." cuya actividad es vender productos eléctricos y neumáticos, se busca desarrollar una manera de mostrar sus productos, además de capacitar a sus clientes. Presentar calidad de tecnología, programación de cada equipo, su principal uso y aplicaciones, además de la respectiva conexión de entradas, salidas digitales, análogas con la protección respectiva.

Se diseñó una maleta didáctica, el cual funciona con entrada de alimentación 120 VAC, cumpliendo con todo el estándar de las normas eléctricas.

Hoy en día la mayoría de las industrias ecuatorianas empiezan a evidenciar un auge importante en la utilización de servomotores en máquinas que, tradicionalmente trabajan con componentes mecánicos e hidráulicos, no porque estos últimos sean de menor calidad o no cumplan con lo requerido, sino porque los servomotores poseen características de adaptabilidad y flexibilidad mayores.

Los servomotores pueden ser utilizados en diversas aplicaciones industriales que requieran de una exigencia elevada en dinámica, precisión de posición y velocidad, además, de un control fiable y funcionalmente fácil de manejar; factores determinantes para aumentar calidad, competitividad y productividad.

En los últimos años se ha evidenciado un crecimiento en los índices de uso de dichos equipos, sin embargo esto no implica que los avances con servomotores sean nuevos en el mercado, de hecho, existen empresas a nivel internacional que llevan más de una década trabajando en el desarrollo de servomotores en el campo industrial, perfeccionando cada vez más la eficiencia de los mismos, y usándolos como reemplazos efectivos en sistemas cuyas fuerzas principales dependían de componentes mecánicos o hidráulicos, ahora reemplazados con servomotores robustos capaces de generar la misma potencia.

1 PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la empresa Simalec Cía. Ltda., dedicada a la distribución de equipos de automatismo, se encuentra en la necesidad de adquirir un sistema móvil que le permita llevar el funcionamiento de sus equipos a modo de muestra, hasta la ubicación de potenciales clientes, que a su vez le permita capacitar a su personal utilizando sus productos referentes a la línea de manejo, control y aplicaciones con servomotores, pantalla hmi, autómata y servodrive. La carencia de este sistema representa una desventaja comercial a nivel empresarial además de ser una problemática para el desarrollo profesional de su personal.

1.2 ANTECEDENTES

Se han desarrollado varios proyectos referentes a la implementación de una maleta didáctica con servomotores industriales y variador de frecuencia.

Uno de los estudios fue “Diseño e implementación de modulo didáctico (tablero metálico) para prácticas de laboratorio de controles industriales con aplicación en arranque e inversión de giro de motores.” realizado en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil en mayo del 2015. Otro de los estudios tomados como antecedentes se titula “Módulo de entrenamiento para el control de posición y velocidad de servomotores mediante plc con interfaz scada.” realizado en el Instituto De Estudios De Postgrado (IDEP) – Universidad De Córdoba, Córdoba – España en diciembre del 2014.

1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCE

El desarrollo de este proyecto permitirá a la empresa “Simalec Cía. Ltda.” realizar demostraciones, pruebas y capacitaciones en el uso de los productos que distribuye, de

manera móvil y eficiente. Lo que le permitirá una ventaja comercial a nivel empresarial.

Se concluyó por la ejecución de este proyecto dada la utilidad que representa una maleta didáctica por su versatilidad al momento de su uso y transporte, a diferencia de otros sistemas de simulación que impiden el traslado de equipos.

1.4 DELIMITACIÓN

El proyecto se desarrolla para ser utilizado en las instalaciones de la empresa SIMALEC Cía. Ltda., oficina Matriz y oficina sucursal vía Duran Tambo.

Se procederá a utilizar como sistema de comunicación entre los equipos, el protocolo de comunicación RS 485 modbus RTU, debido a su arquitectura basada en maestro/ esclavo o cliente/servidor es adaptable a una amplia gama de controladores lógicos programables.

1.4.1 Delimitación temporal

El proyecto se diseñó y desarrolló en la ciudad de Guayaquil, Ecuador en el período 2018– 2019.

1.4.2 Delimitación espacial

El proyecto se desarrolla en las instalaciones de la empresa SIMALEC CIA. LTDA. Oficina matriz Km 7.5 Vía A Daule C.C. Aranjuez Local 9 Guayaquil Av. Primera, Guayaquil 090101.

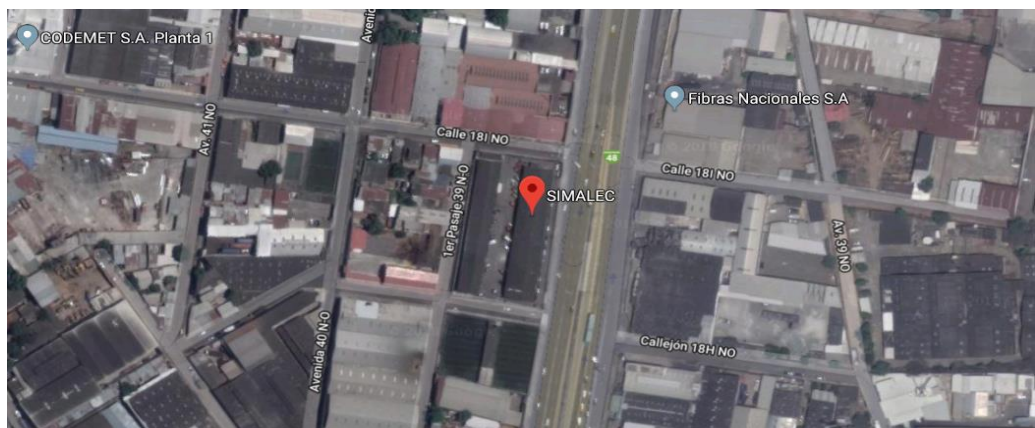


Figura 1. 1: Ubicación SIMALEC Cía. Ltda. (Maps, 2018)

1.4.3 Delimitación académica

Mediante el diseño y desarrollo del proyecto de titulación se aplican conocimientos teóricos adquiridos durante los cursos regulares en las materias como diseño en software CAD, instalaciones industriales, automatización I, automatización II, maquinas eléctricas II y teoría de control. Además, se utilizan herramientas como software de simulación y programación.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una maleta didáctica master-esclavo con servo motor industrial, goodrive35, autómata y pantalla HMI, utilizando protocolo de comunicación RS 485 modbus RTU para la empresa Simalec Cía. Ltda.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar en formato CAD el diseño físico del módulo didáctico usando medidas a escala de los equipos.
- Elaborar en formato CAD el diseño eléctrico del sistema de equipos con sus protecciones.
- Realizar la programación del PLC IVC1 marca INVT y el procedimiento de visualización en la pantalla HMI marca INVT.
- Crear una red con protocolo RS-485 Modbus RTU.
- Generar una guía de funcionamiento de cada elemento del módulo didáctico.
- Elaborar un manual de mantenimiento y operación del módulo didáctico.
- Establecer un banco de 8 prácticas para el módulo didáctico.

1.6 IMPACTO

La ejecución de este proyecto permite a los técnicos y clientes de la empresa Simalec Cía. Ltda., recibir capacitaciones profesionales sobre el uso de los equipos de gama industrial distribuidos por dicha empresa, mientras los ejecutivos de ventas utilizan esta como herramienta para ofrecer demostraciones en sitio a potenciales clientes.

El proyecto fue revisado por la gerencia de proyectos, que administra e imparte las capacitaciones de los diferentes módulos industriales, instrumentación, neumática y compresores, quien certificó y valoró como un aporte al aprendizaje práctico, mediante prácticas en las cuales el personal pueda captar el funcionamiento de elementos, equipos y conexiones, configuraciones en el manejo de software para aplicaciones en procesos industriales.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 TÉCNICAS DE POSICIONAMIENTO

Para el posicionamiento de piezas suele recurrirse a sistemas de “tomar y colocar”, denominados generalmente con la expresión inglesa: “pick & place”. Estos sistemas se encargan principalmente de manipular piezas durante los procesos de fabricación o de montaje de máquinas o aparatos de diversa índole. En consecuencia, no suelen utilizarse para la manipulación de herramientas en los procesos industriales. La base de estos sistemas pick & place suelen ser los robots cartesianos o scada; robots industriales cuyos ejes principales de control son lineales (se mueven en línea recta en lugar de rotar) y forman ángulos rectos unos respecto de los otros. La aplicación más extendida para este tipo de robots es la máquina de control numérico (CN), como es el caso.

“Es aquel sistema en el que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada pero que se basa en ella. No hay retroalimentación hacia el controlador”. (Infogram, 2019)

Como sistemas de control, suele recurrirse a uno de estos dos tipos de sistemas:

- Sistema de control (en bucle abierto).
- Sistema de regulación (en bucle cerrado).

Un eje controlado con un sistema en bucle abierto ejecuta el movimiento según un recorrido o ángulo previamente definido, aunque sin verificar si efectivamente se alcanza la posición requerida. Si, por lo contrario, se dispone de un sistema de regulación, se efectúa continuamente una comparación entre el valor real y el valor programado. Cuando coinciden los dos valores, el eje se detiene.

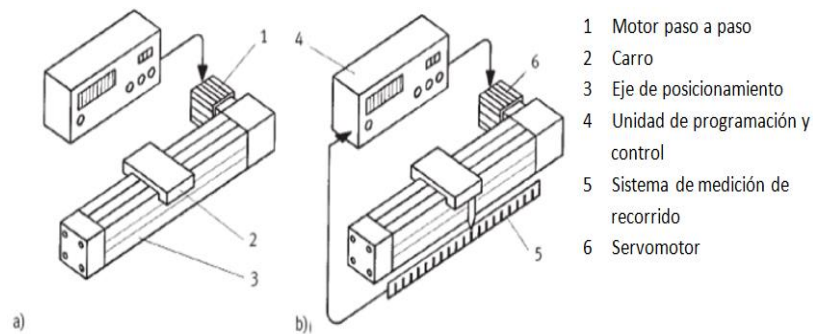


Figura 2. 1: Técnicas de posicionamiento

2.2 SERVOMOTOR

Un servomotor o también conocidos como servos, son motores eléctricos equipados con un sistema de engranajes y cuya característica principal es que permiten el control exacto de posición en un radio de 180° o de 360° según el modelo.

“Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición.” (Gonzalez A. G., 2016)

Los servomotores más utilizados actualmente en la industria son los motores de corriente alterna sin escobillas tipo Brushless. “Las diferencias entre estos motores eléctricos vienen dadas por su funcionamiento y estructura.” (CLR, 2016)

Básicamente están formados por un estator segmentado en el que el espacio relleno de cobre es casi el doble que, en los motores tradicionales, esto permite desarrollar una mayor potencia con un menor volumen.

Para compensar la mayor cantidad de hilo en las ranuras y su mayor generación de calor, el espacio libre del bobinado se rellena con resina conductora de calor. El rotor incorpora una serie de imanes permanentes construidos con Nodimio-Hierro-Boro que proporcionan mayor densidad de flujo y, por lo tanto, mejor rendimiento y mayor par en menor tamaño.



Figura 2. 2: Servomotor

El tiempo de posicionamiento se reduce gracias a la reducción de la inercia del rotor, lo que permite alcanzar altas velocidades en tiempos reducidos, y, por otra parte, la posibilidad de hacer girar un motor con una velocidad superior a la nominal. Las características principales de este tipo de motores son:

- Par elevado.
- Fiabilidad de funcionamiento.
- Bajo mantenimiento.
- Gran exactitud en el control de velocidad y posición.
- Capacidad de velocidades muy altas.
- Pérdidas en el rotor muy bajas.
- Rotor con poca inercia.
- Construcción cerrada, útil para trabajar en ambientes sucios.
- Amplia gama de potencias (de 100 W a 300 KW). (Kosow, 1993).

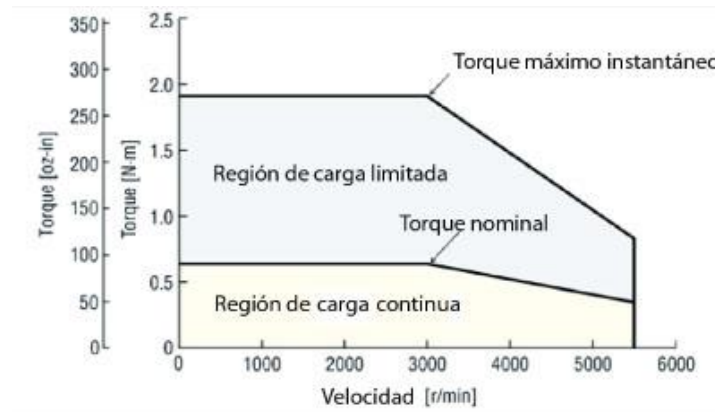


Figura 2. 3: Curva torque(Aadeca, 2017)

2.3 SERVODRIVE

Un servodrive es similar a un variador de velocidad diseñado específicamente para el control de servomotores. Utiliza un conversor para la tensión de entrada y un inversor para la tensión de salida (aplicada al motor). La señal de salida es definida por el circuito de control (microprocesador) correspondiente. Mediante el servodrive se trabaja en lazo cerrado (realimentación), lo que permite detectar los posibles “errores” en la actuación del motor y dar la oportuna orden de corrección del mismo.

“Muchos servos incluyen una pantallita o display para informar del estado del servo, así como posibles anomalías.” (Control, 2010)

Un servodrive dispone normalmente de los siguientes conectores:

- Interface RS-232/485 para puesta en servicio y diagnósticos mediante PC.
- Interface de posicionamiento. Entradas/salidas de estado.
- Interface analógica. Valor actual de la posición.
- Interface de validación. Alimentación, parada, marcha.
- Bornas de conexión al servomotor.
- Bornas de conexión al encoder. (Etitudela, en línea, <http://www.etitudela.com/celula/downloads/servoaccionamientos.pdf>)



Figura 2. 4: Servodriver

2.4 ENCODER

Se denomina encoder a un tipo de transductor electromagnético que permite la lectura de movimientos mecánicos al convertir estos a señales eléctricas de tipo pulso o senoidales. Se usan como un interfaz entre dispositivos mecánicos y sus controladores, comúnmente para lectura de posicionamiento en grados o para medir distancias.



Figura 2. 5: Encoder

2.4.1 Encoder incremental

Este tipo de encoder proporciona normalmente dos formas de ondas cuadradas y desfasadas entre sí en 90° eléctricos, los cuales por lo general son “canal A” y “canal B”. Con la lectura de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la velocidad de rotación, mientras que si se capta también la señal “B” es posible discriminar el sentido de rotación en base a la secuencia de datos que producen ambas señales.

Está disponible además otra señal llamada canal Z o Cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder. Esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado con fase y amplitud centrada en el canal A. (López, 2009)

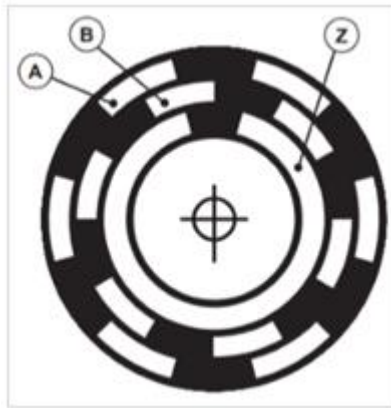


Figura 2. 6: Representación de señales incrementales

2.5 MALETA DIDÁCTICA

La maleta didáctica de servomotores es un módulo portátil que simula a través de controladores y actuadores los movimientos de los procesos industriales que serán visualizados en una pantalla HMI.



Figura 2. 7: Maleta didáctica

2.6 AUTÓMATA

Un autómata o también conocido como PLC es un dispositivo de control que contiene una memoria reprogramable para guardar instrucciones y poder realizar las funciones de control de entradas y salidas, temporizar, contar, hacer aritmética, manipular datos en registros entre otras.

En otras palabras, un autómata capta señales provenientes de una máquina o un proceso, las compara contra un programa y activa las salidas pertinentes de acuerdo con el proceso. (Villareal, 2013)



Figura 2. 8: PLC INVT

2.7 AUTO STATION (SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN)

Emitido por INVT Auto-Control Technology Co., Ltd. (INVT para abreviar) es un programa ejecutable diseñado exclusivamente para la programación de controladores invt.

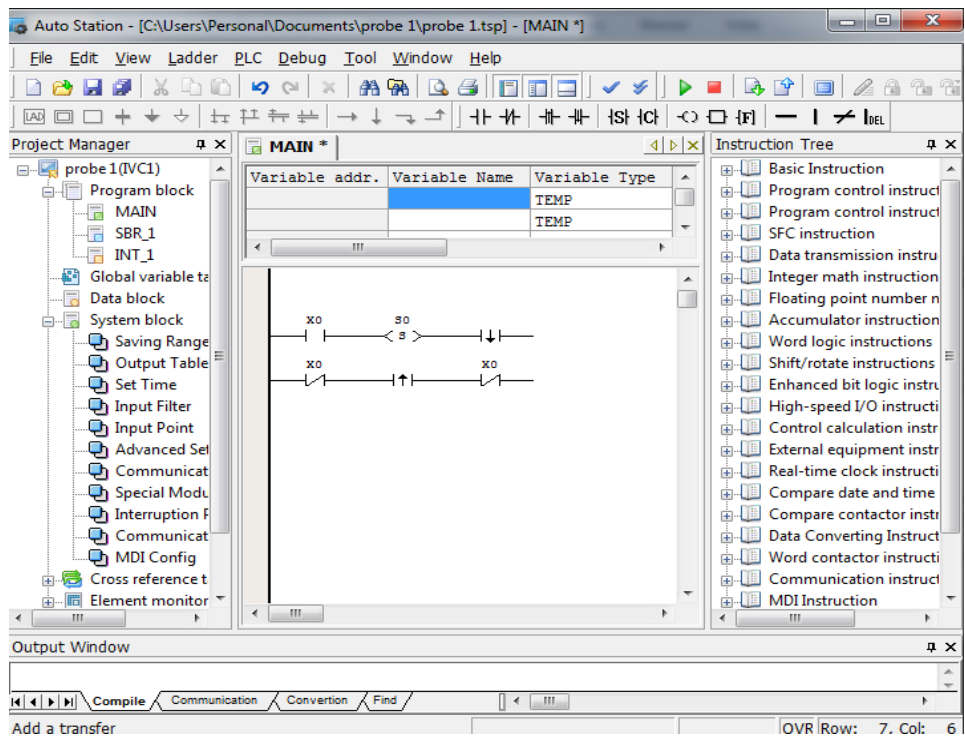


Figura 2. 9: Interfaz principal de Auto Station

2.8 HMI INVT

Serie VT/VK/VS HMI es una interfaz hombre-máquina operacional simple con pantalla eficiente, memoria grande y función de configuración potente, que puede lograr fácilmente la función de interacción hombre-computadora en varios campos de la automatización industrial. (<https://www.invt.com/products/1645.html>)



Figura 2. 10: HMI INVT

2.9 GOODRIVE 35

Los inversores de la serie Goodrive35 son inversores de vector abierto de alto rendimiento para controlar motores asíncronos de inducción de CA y motores síncronos de imanes permanentes. Aplicando la tecnología más avanzada de control vectorial de sensor sin velocidad que se mantiene al mismo ritmo que la tecnología líder internacional y sistema de control DSP, estos productos mejoran su fiabilidad para cumplir con la adaptabilidad al medio ambiente, diseño personalizado e industrializado con funciones más optimizadas, una aplicación más flexible y un rendimiento más estable.

El rendimiento de control de los inversores de la serie Goodrive35 es tan sobresaliente como el de líderes sofisticados inversores en el mercado mundial.

Los inversores de la serie Goodrive35 se integran al accionamiento de motores asíncronos y motores síncronos, control de par y control de velocidad ya cumplir con los requisitos de alto rendimiento de las aplicaciones del cliente.



Figura 2. 11: Goodrive 35

2.10 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

Se denomina protocolo de comunicación a un conjunto de normas usadas para permitir que dos o más equipos forman parte de un sistema puedan establecer una transferencia de datos entre sí.

Estos protocolos varían en función de las distintas necesidades de transmisión de información según el caso. Pudiendo ser distancia, capacidad, velocidad o medio de transmisión.

2.11 COMUNICACIÓN MAESTRO – ESCLAVO

La comunicación, maestro – esclavo se basa en la transferencia de datos entre dos o más elementos, siendo los maestros los dispositivos programados para ejercer el control de la comunicación, de los tiempos de ejecución y de inicio de procesos entre otras variables, según la programación establecida.

Por otro lado, los elementos configurados como esclavos se limitan únicamente a ejecutar acciones en base a los procesos dictados por los dispositivos maestros.

2.12 PROTOCOLO RS-485

RS-485 es un estándar de comunicaciones que es ampliamente usado en aplicaciones de control y adquisición de datos. Una de sus principales ventajas es que permite poner varios dispositivos RS-485 en el mismo bus, lo que permite que múltiples nodos se conecten unos con otros.

El interfaz RS-485 (también conocido como EIA / TIA-485) es un estándar de la capa física de la comunicación. La capa física es el canal de comunicación y el método de transmisión de la señal (nivel 1 del modelo de interconexión de sistema abierto OSI).

La red de comunicaciones construida en la interfaz RS-485 consta de transceptores conectados por un cable de par trenzado (dos hilos trenzados). El principio básico de la

interfaz RS-485 es la transmisión de datos diferencial (equilibrada). Eso significa que la señal es transportada por dos cables. Con esto, un cable del par transmite la señal original y el otro transporta su copia inversa.

Como resultado de la transmisión diferencial de la señal siempre hay una diferencia de potencial entre los cables. Esto garantiza una alta resistencia al modo más común de interferencias. Además, el par trenzado puede ser protegido, lo que asegura la protección de los datos transmitidos. Todo esto permite enviar datos a largas distancias y a velocidades relativamente altas, que puede llegar a 100 Kbits/s a unos 1200 metros o 4000 pies lo cual es la longitud máxima del cable de comunicaciones RS-485.

La pauta general, sin embargo, es que el producto de la longitud de la línea (en metros) y la velocidad de transferencia de datos (en bits por segundo) no debería ser mayor que 108. Por ejemplo, un cable de 20 metros permite una velocidad de transmisión de datos máxima de 5 Mbits/s. (Forero, 2012)

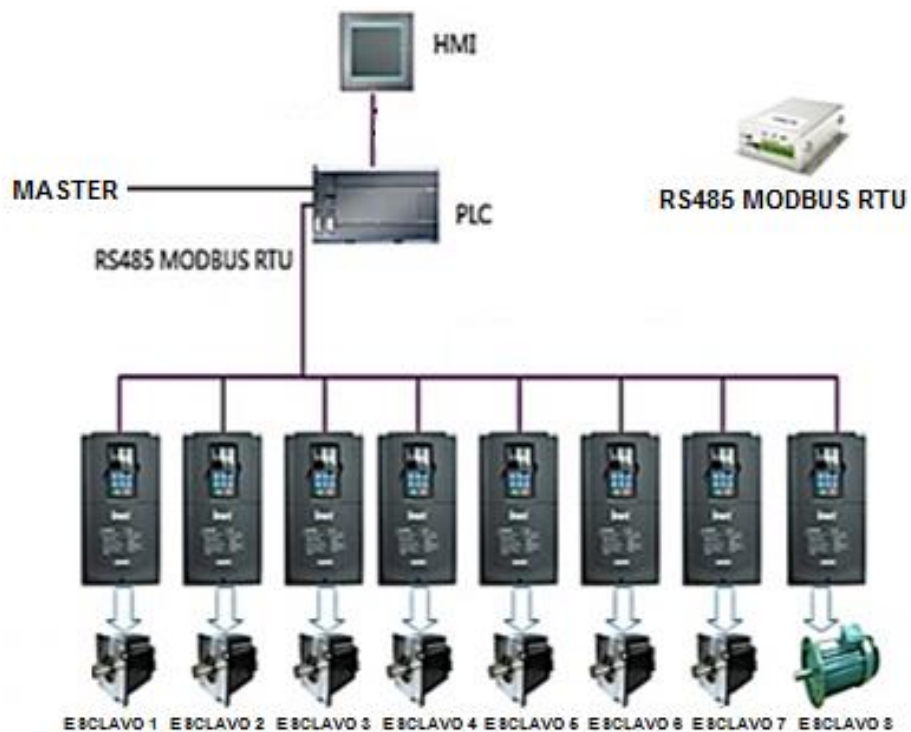


Figura 2. 12: Protocolo RS485

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 FASE INICIAL: ESQUEMA DEL PROYECTO

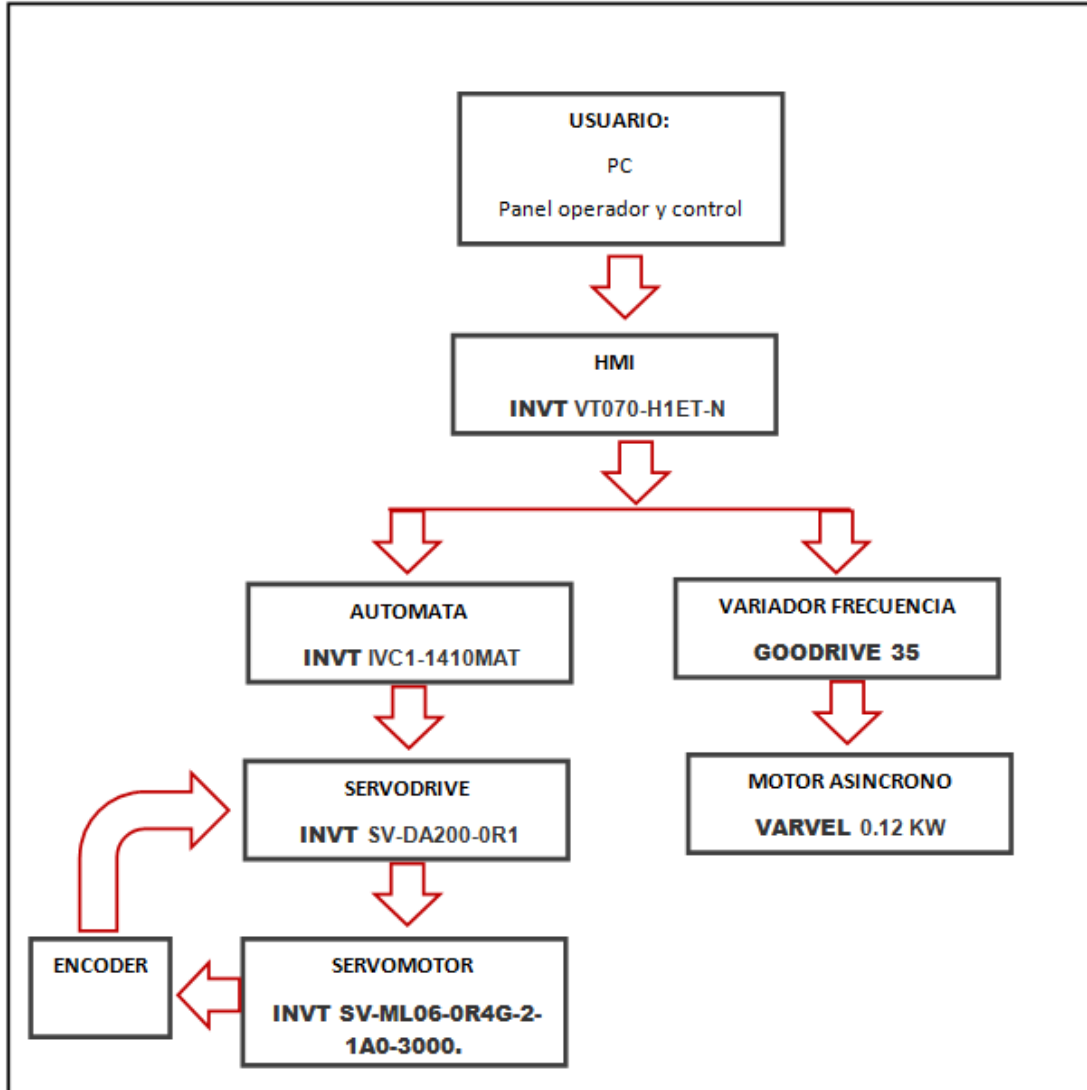


Figura 3. 1: Diagrama de bloques de la maleta didáctica

En la figura 3.1 se detalla la estructura implementada en la maleta didáctica, donde se tiene por inicio una pantalla HMI INVT VT070-H1ET-N como periférico principal para la interacción con el usuario, tanto para el ingreso del control como la visualización del proceso y sus variables.

Esta maleta didáctica fue diseñada de tal manera que el usuario pueda elegir entre dos tipos de prácticas.

Por un lado, cuenta con el control de un servomotor INVTV-ML04-0R1G-2 cuya programación es dictada por un autómata INVTIVC1-1410MAT y controlado por un servodrive INVTSV-DA200-0R1 más un encoder incremental propio del servomotor para el control de posición.

Otro tipo de prácticas que ofrece esta maleta didáctica al usuario son las basadas en el control de motor asíncrono VARVEL 0.12kw a través de un variador de frecuencia GOODRIVE35.

Esta maleta didáctica cuenta con un sistema RS485 MODBUS RTU para la comunicación entre dispositivos. Todo el cableado respectivo de conexiones internas de entradas y salidas digitales y analógicas se encuentra ya realizado, de tal manera que el usuario pueda enfocarse principalmente en el aprendizaje tanto de la configuración de un variador de frecuencia, como de la configuración de un servodrive para el control de posición de un motor síncrono. Mientras que las únicas conexiones que deberá realizar el usuario será solo de entradas y salidas analógicas y estas dependerán del tipo de práctica que previamente elija realizar.

3.2 FASE DE APLICACIONES, MÉTODOS Y TÉCNICAS.

3.2.1 Métodos

Para el desarrollo de este proyecto se utiliza a los siguientes métodos.

3.2.1.1 Método deductivo

Con los conocimientos que fueron adquiridos a lo largo de la carrera, al implementar estos durante el desarrollo de este proyecto, se logró deducir formulas, parámetros, comprobar teorías, corregir errores, y encontrar soluciones precisas para los procesos que se realizaron en las prácticas que forman parte de los objetivos de este proyecto.

El análisis de toda esta información formó las bases para el diseño de los sistemas usados en la maleta didáctica.

3.2.1.2 Método experimental

Después de una serie de pruebas, a través del método experimental se logra determinar con exactitud, los parámetros y valores de variables que se deben aplicar en cada una de las practicas desarrolladas con la maleta didáctica con el fin de obtener los resultados deseados y evitar problemas o fallas que puedan aparecer durante el funcionamiento de los sistemas y sus elementos.

3.2.2 Técnicas

3.2.2.1 Técnica documental

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una investigación tomando distintas fuentes desde libros, estudios y tesis relacionadas con el montaje de sistemas industriales, programación de controladores, protocolos de comunicación, aplicaciones de tipos de motores y automatización industrial en general.

3.2.2.2 Técnica de campo

Luego de recopilar la información necesaria para la implementación de este proyecto se necesitó comprobar la misma, de manera práctica con la prueba de diferentes motores, controladores y protocolos de comunicación hasta encontrar los equipos y el sistema más óptimo para la obtención de los objetivos planteados inicialmente.

3.3 FASE DE IMPLEMENTACIÓN.

3.3.1 Elaboración en formato CAD diseño físico de la maleta didáctica.

Para el diseño de la maleta didáctica se utilizó el software “Diseño Asistido por Computador” CAD (por sus siglas en inglés) con una escala de 1 a 100 respectivamente para la parte física, los equipos, los elementos eléctricos, y protecciones a implementar. El diseño se realizó respetando las normativas técnicas de diseño de tableros y maletas didácticas.

Las medidas de la maleta didáctica son 800 mm de altura desde la base, 600 mm de ancho, 35 mm de profundidad repartido en 25 mm en la puerta de los equipos y 10 mm para puerta de los elementos de control.

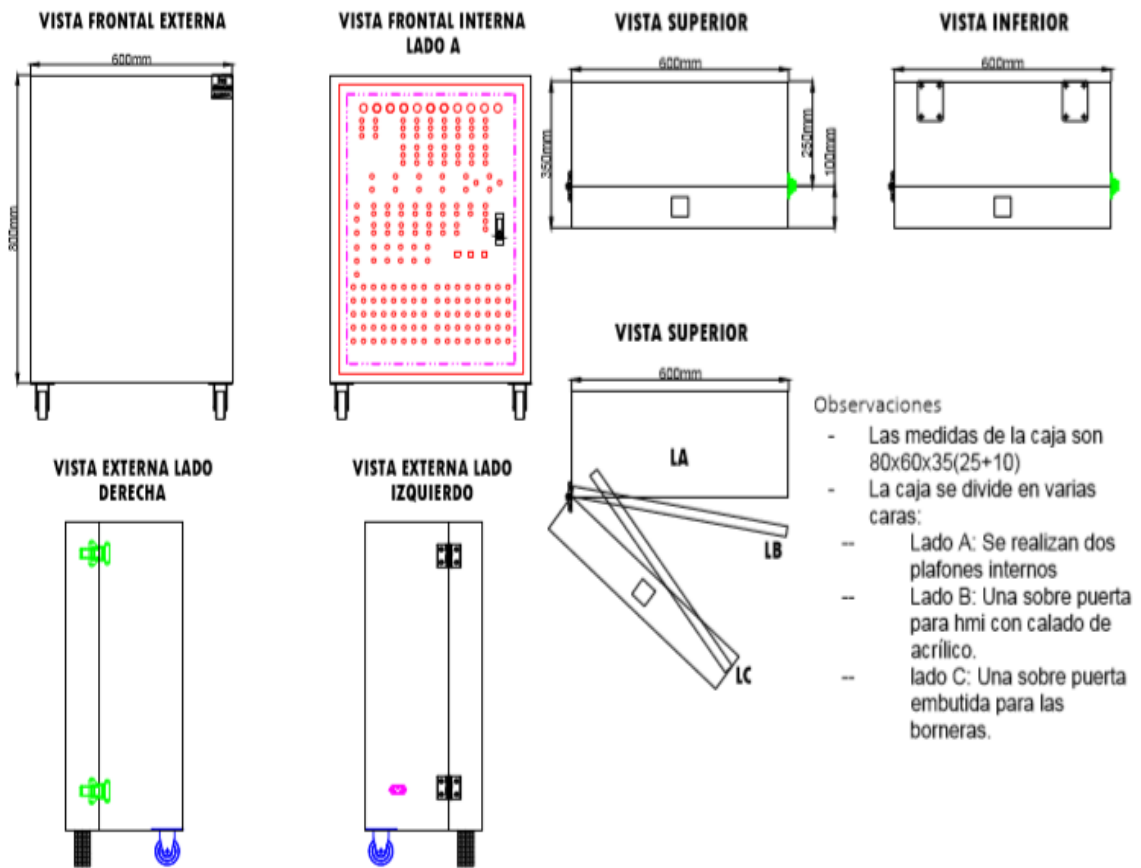


Figura 3. 2: Diseño de la maleta didáctica en formato CAD en diferentes vistas

En el fondo de 25 mm se realiza calado de 13.5 mm x 16 mm a la medida de HMI y cuadrado para la vista de los motores asíncronos y servomotor, mientras que en el fondo de 10 mm de la puerta se diseña orificios con 22 mm de diámetro para elementos eléctricos las cuales son paro de emergencia, pulsador paro, pulsador marcha, selector de 2 posiciones, potenciómetro #1, potenciómetro #2, luz pilotos y para elementos de alimentación y control se diseña orificios con diámetro de 4 mm para conector banana hembra.

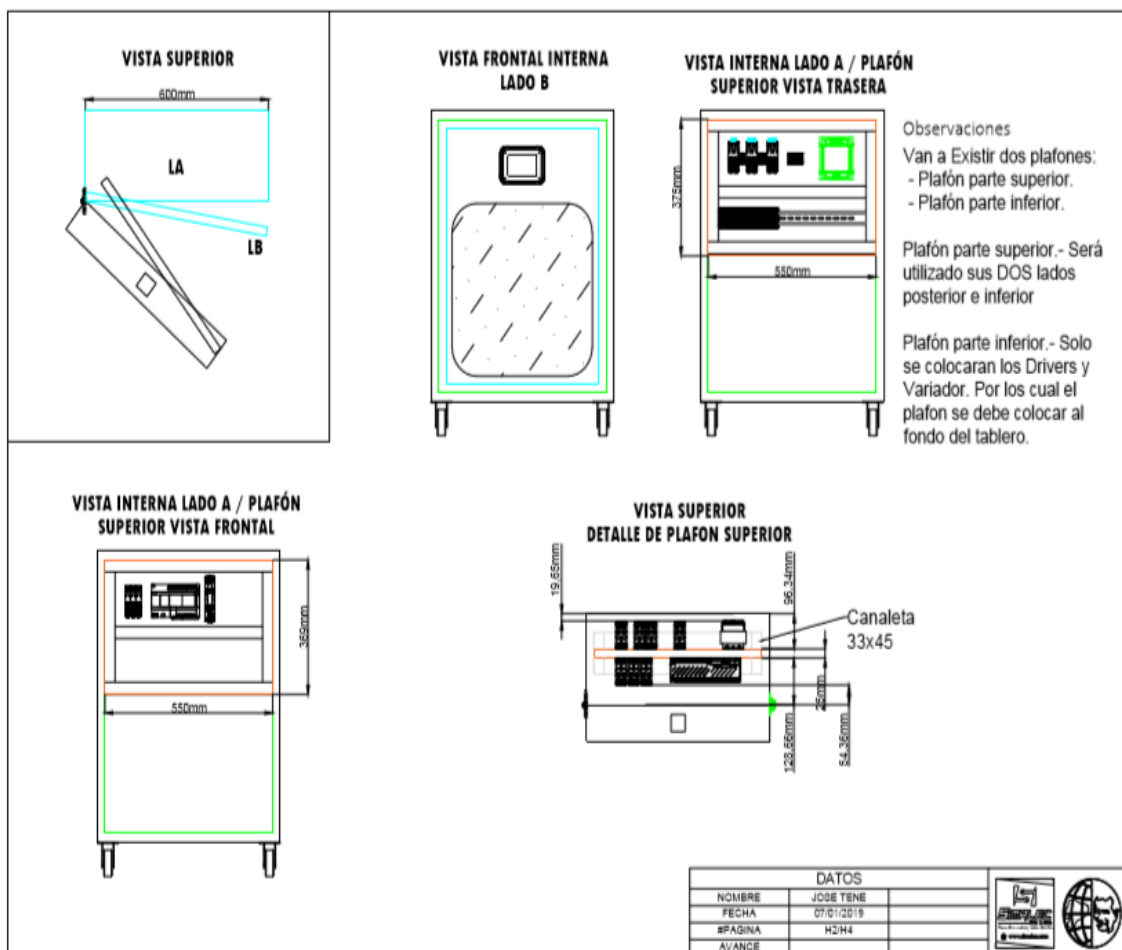


Figura 3. 3: Diseño en formato CAD de las puertas

3.3.2 Elaboración en formato CAD diseño eléctrico.

Los planos eléctricos se diseñaron en el software “Diseño Asistido por Computador” CAD (por sus siglas en inglés), con una escala de 1 a 100, respetando las normas técnicas de protección de los elementos eléctricos, mientras que los diagramas se diseñaron por separado.

El plano eléctrico de fuerza se diseñó utilizando los elementos de protección como los breakers para la alimentación a 120 VAC, transformador 120 VAC de entrada y 220 VAC salida y la fuente de voltaje.

Para los equipos variador de frecuencia y servomotores se diseñan protecciones con guardamotores para cada dispositivo.

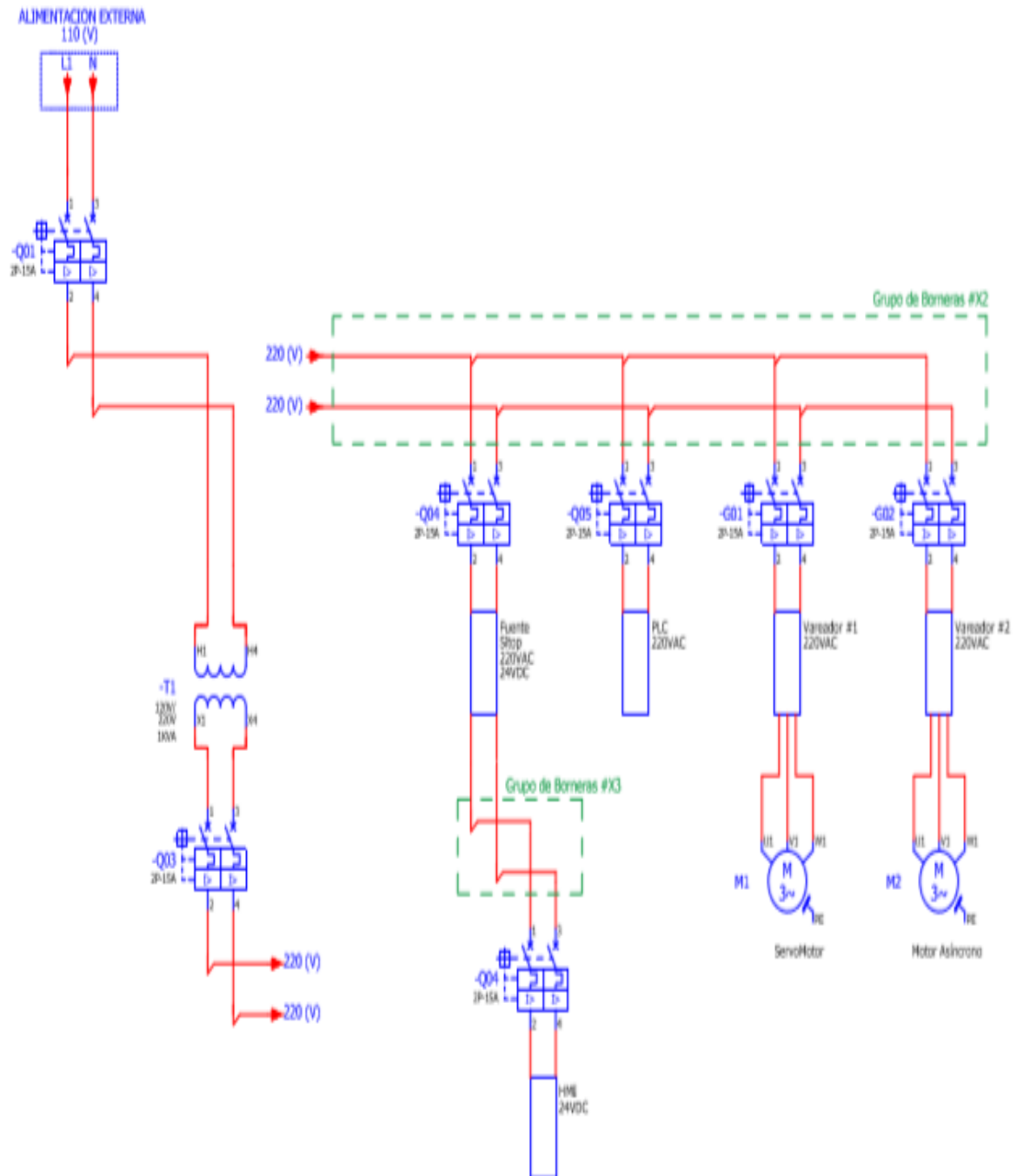
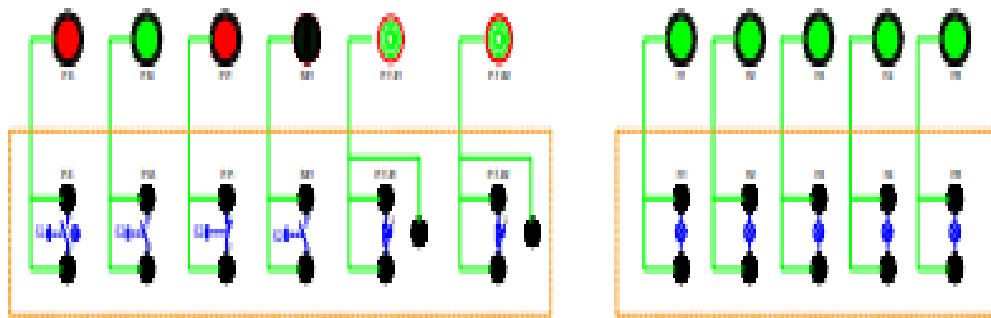


Figura 3. 4: Diseño en CAD diagrama eléctrico fuerza

La parte de control se diseña respetando las normativas de conexiones eléctricas de cada uno de los elementos de control, los pulsadores, luz pilotos, paro de emergencia y selector de dos posiciones todos estos elementos son conectados en paralelo con las borneras. Únicamente los potenciómetros se conectan en paralelo por medio de la salida de señal.



Las líneas verdes representan las interconexión de pulsadores, luces piloto y potenciómetro solo en terminales sobrepuesto ubicado en el tablero.

Figura 3. 5: Diseño en CAD diagrama eléctrico en control e indicadores

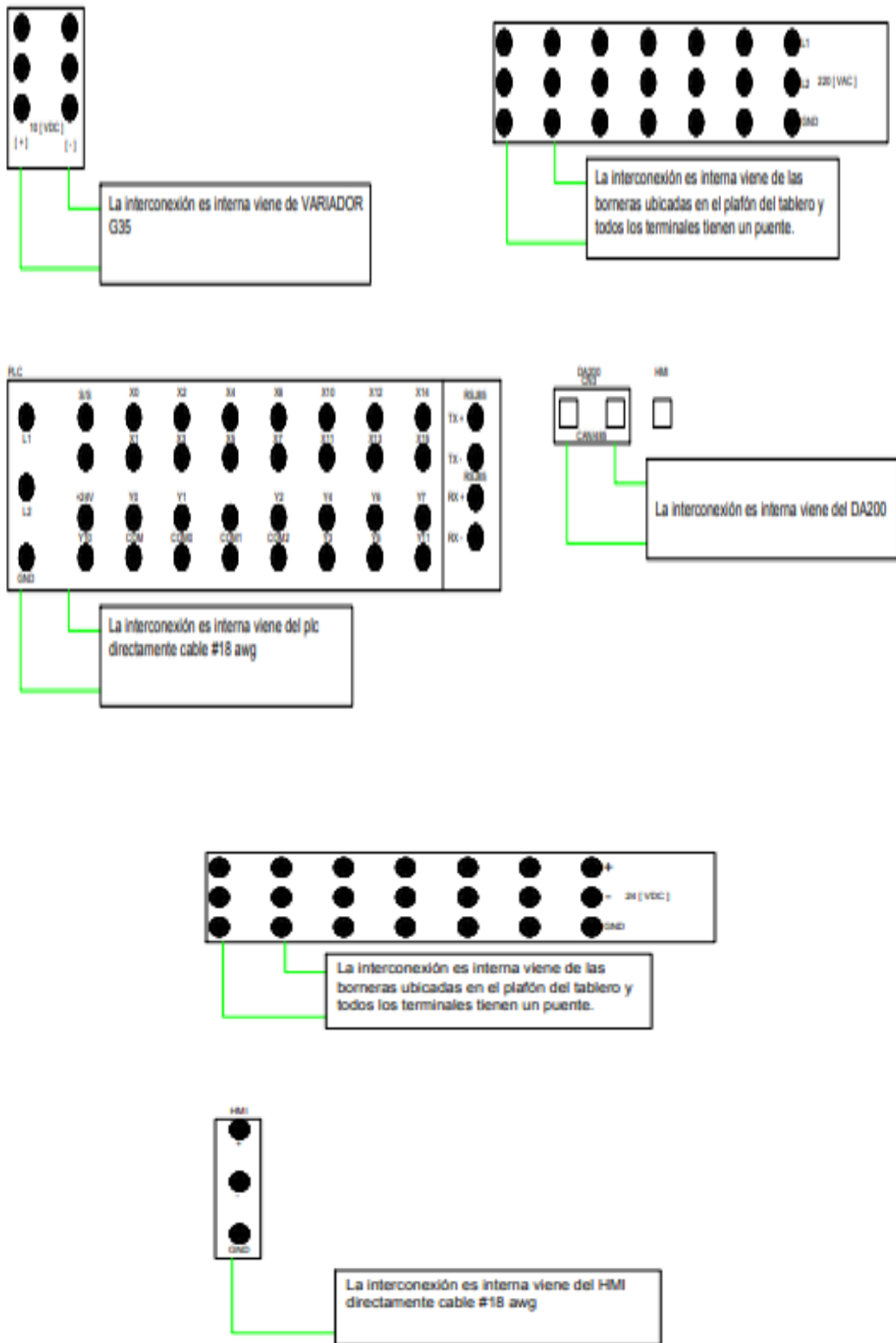


Figura 3. 6: Diseño en CAD de pin entrada y salida de cada equipo

3.3.3 Programación de plc IVC1

Para el manejo y programación de plc marca INVT IVC1 se utiliza un software denominado "AUTO STATION".



Figura 3. 7: Icono de software auto station

Una vez inicializado el software del autómata, se crea un nuevo proyecto.

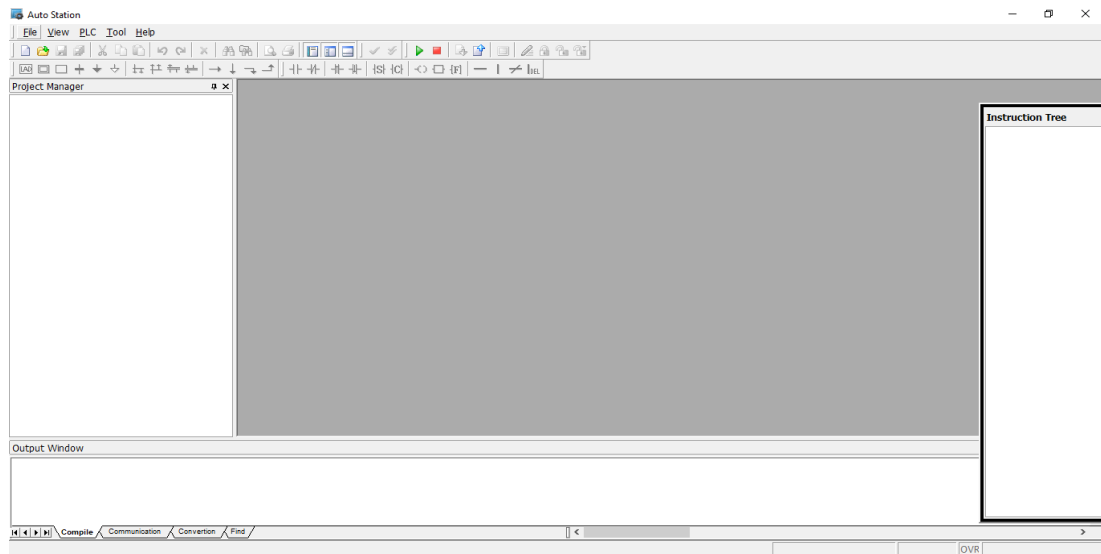


Figura 3. 8: Interfaz software Auto Station

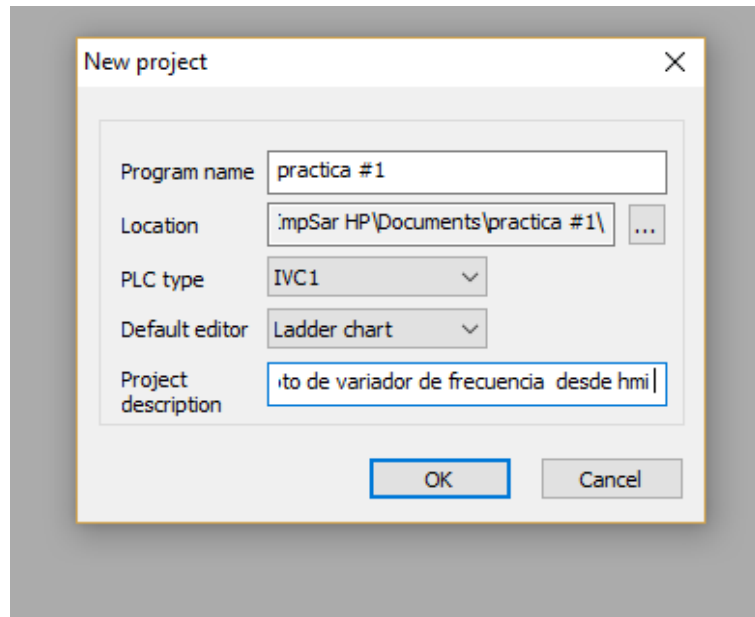


Figura 3. 9: Creación de un nuevo proyecto

Luego se configura la interfaz, puerto de comunicación del autómeta, con los demás dispositivos.

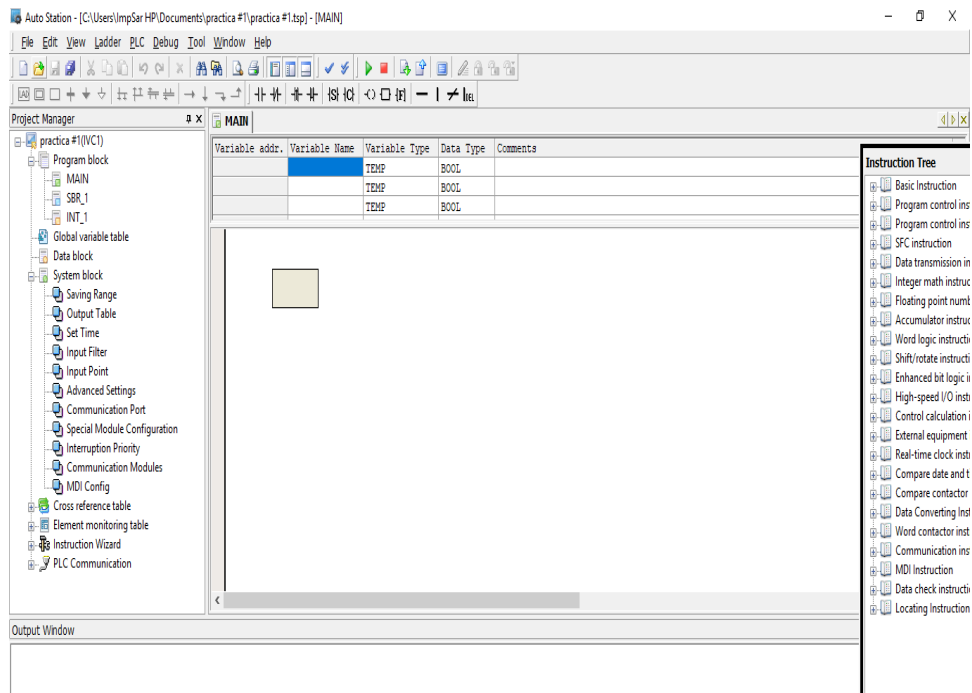


Figura 3. 10: Panel listo para la programación

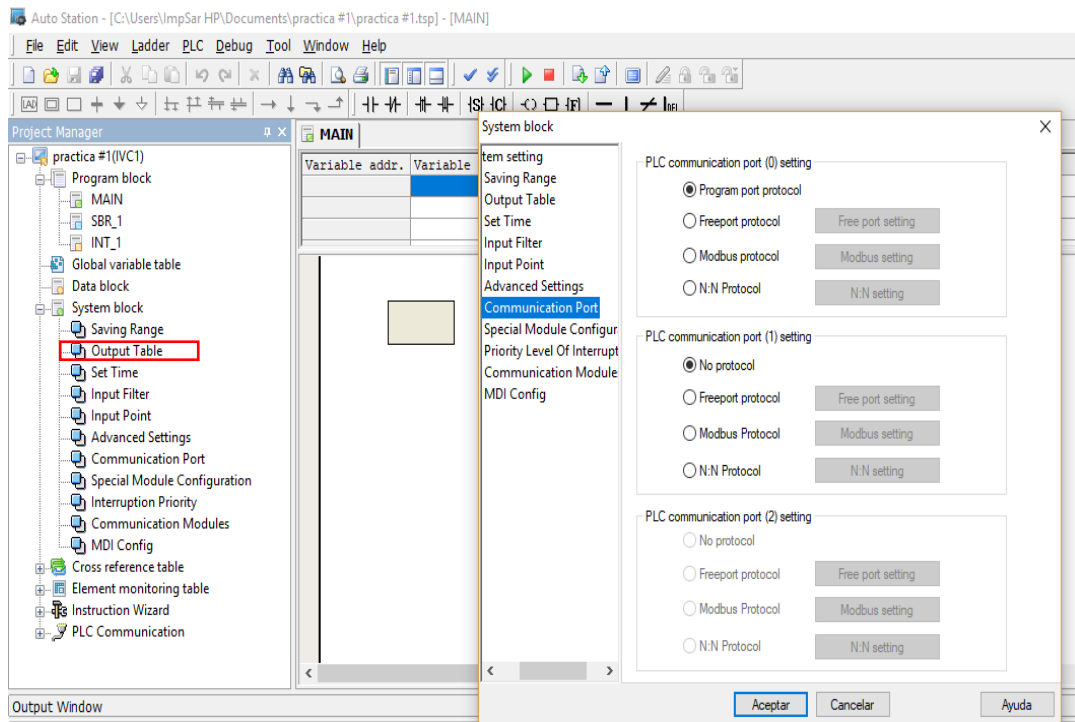


Figura 3. 11: Configuración de interface puerto de comunicación

Seleccionado el puerto interfaz de comunicación, se configura los parámetros de interconexión del autómatas con el HMI.

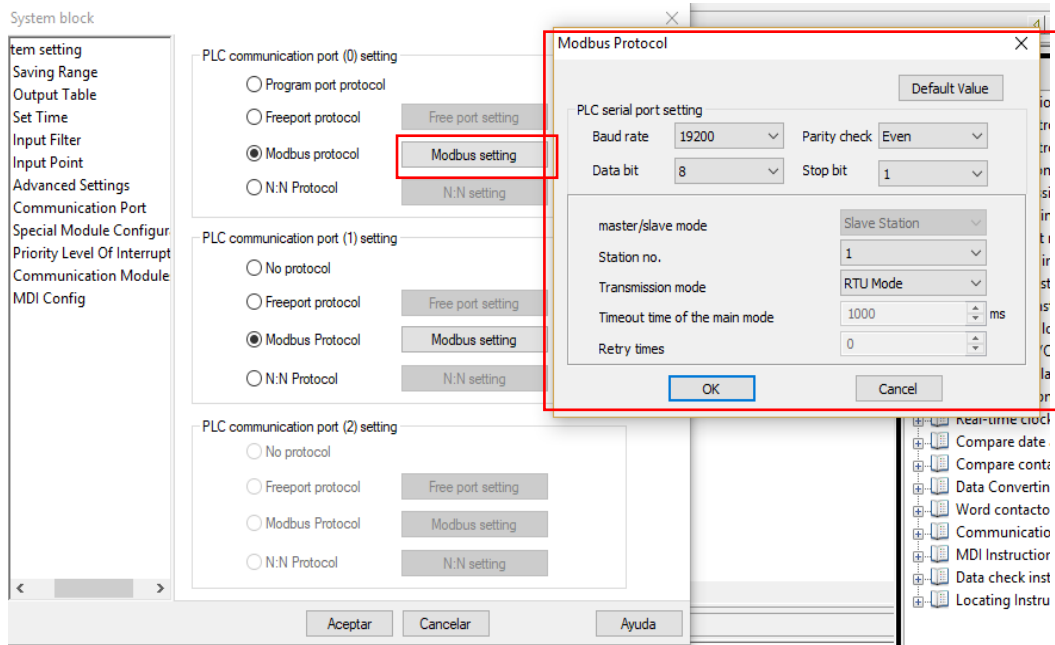


Figura 3. 12: Configuración de protocolo de comunicación

Finalizado la configuración de los parámetros, el paso siguiente la programación del autómatas utilizando un lenguaje de programación ladder.

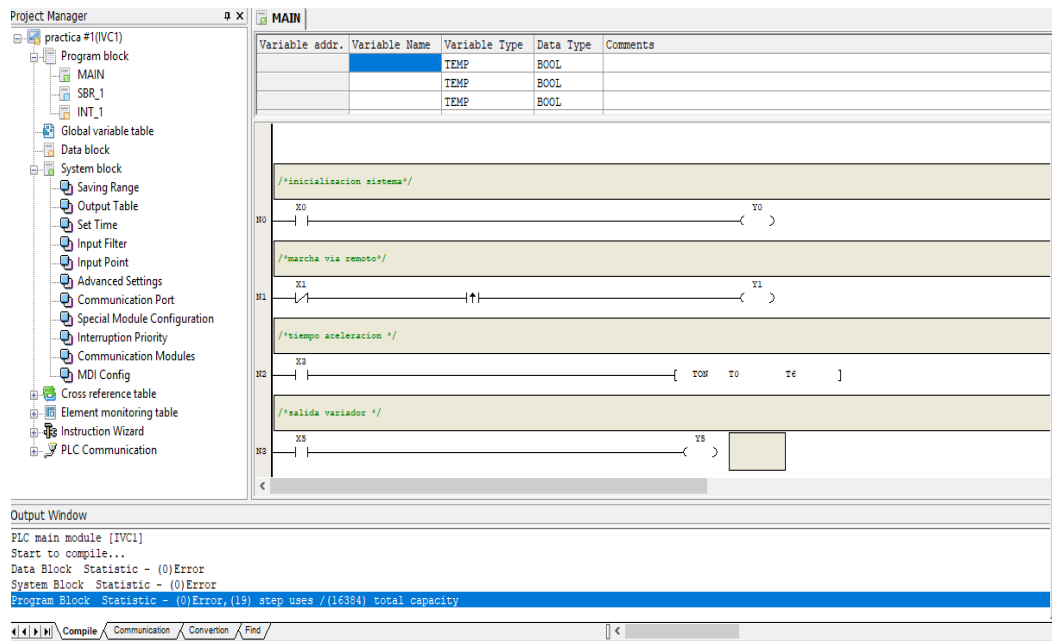


Figura 3. 13: Aplicación programado de acuerdo a la lógica de control

Concluido la programación se compila todo el proyecto para descartar errores en la programación, luego se carga el software hacia el autómatas físico, con un clic en el icono download.

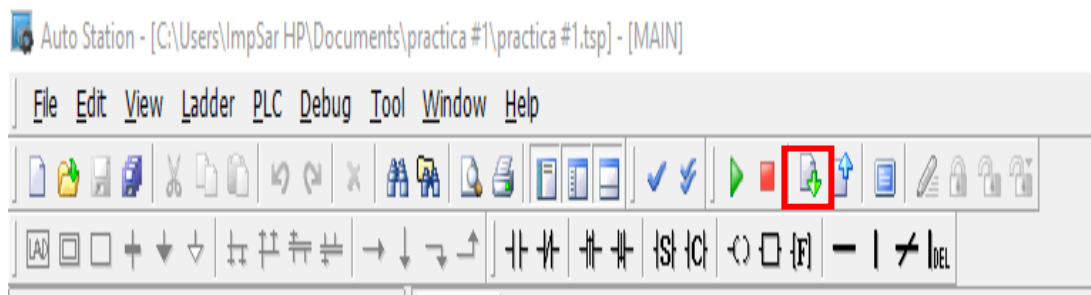


Figura 3. 14: Icono download

3.3.4 Procedimiento de configuración pantalla HMI INVT.

Para el manejo y programación de HMI marca INVT se utiliza un software denominado HMITool 6.0.

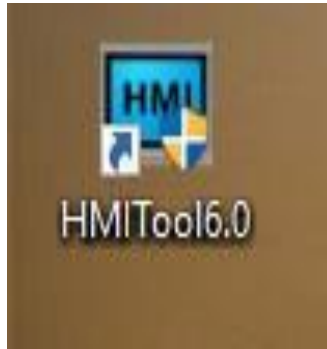


Figura 3. 15: Icono HMITool 6.0

Una vez iniciado el software se procede a crear un nuevo proyecto, configurando el modelo de hmi, protocolo de comunicación y direcciones.

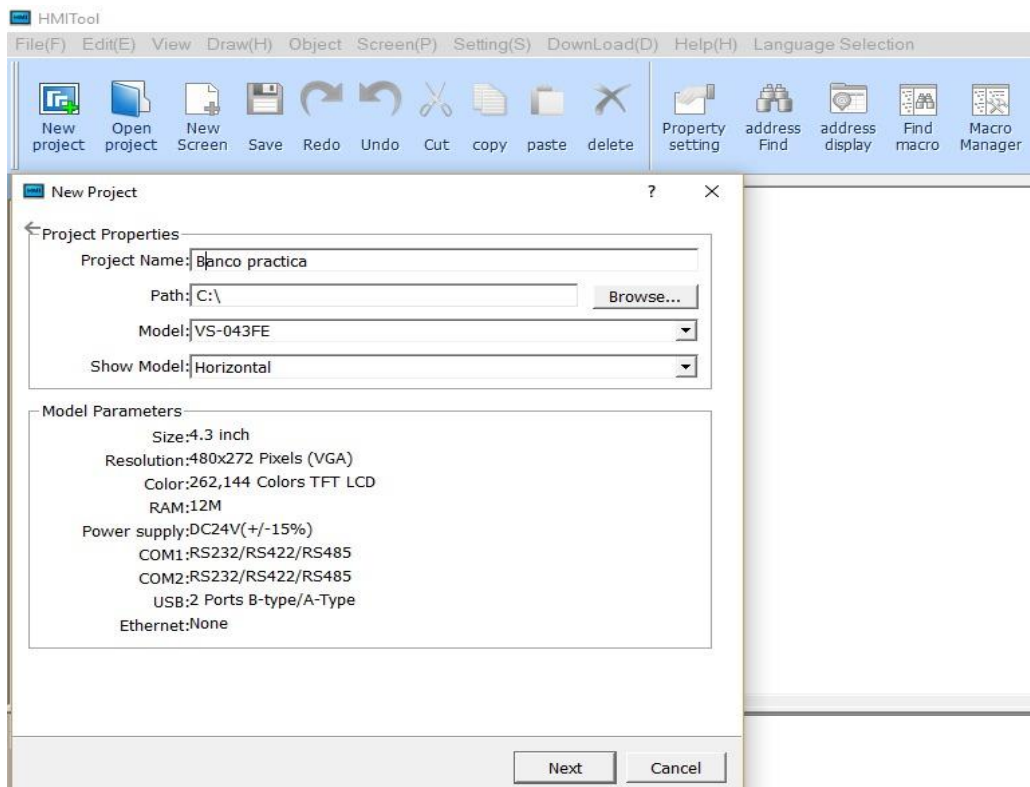


Figura 3. 16: Creaciones de un nuevo proyecto y configuración

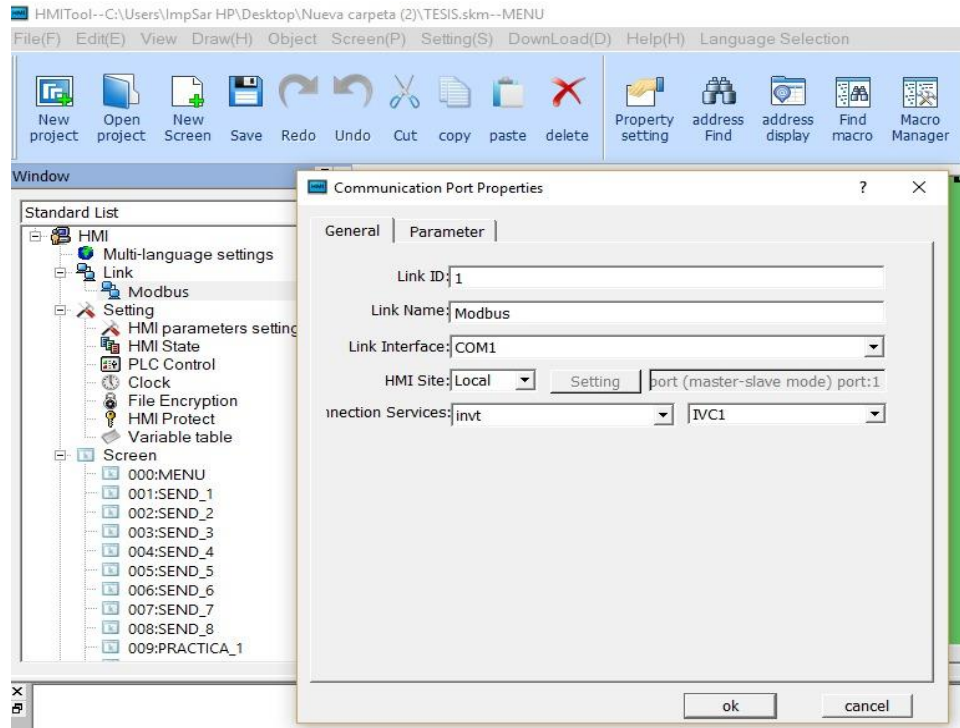


Figura 3. 17: Configuraciones de los parámetros y direcciones

Se configura la dirección y velocidad de comunicación modbus RS 485 de la pantalla HMI.

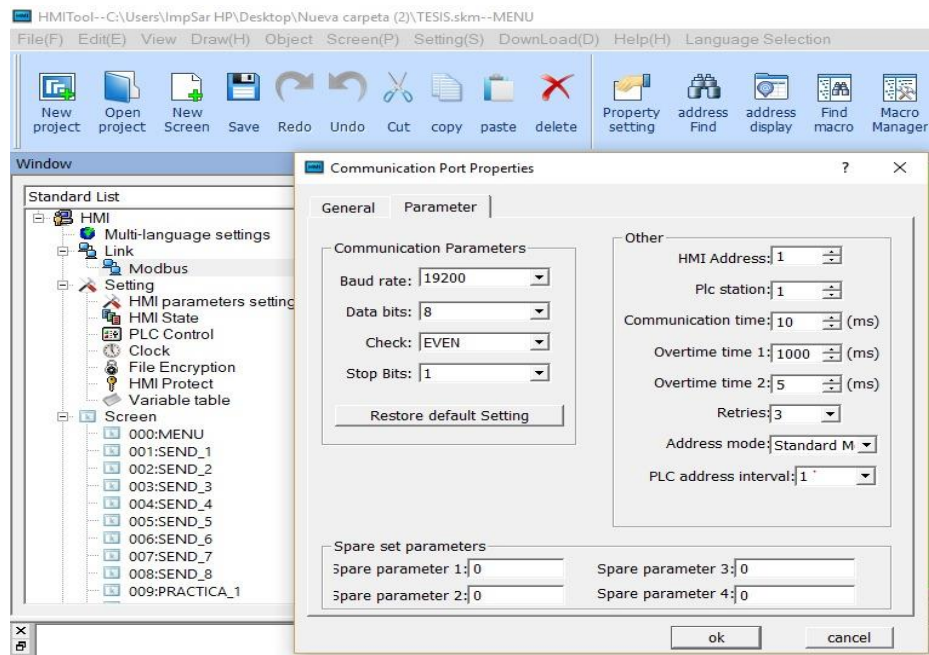


Figura 3. 18: Configuración de dirección y velocidad de comunicación

Luego la aplicación de la pantalla HMI es programado en el software HMITools.

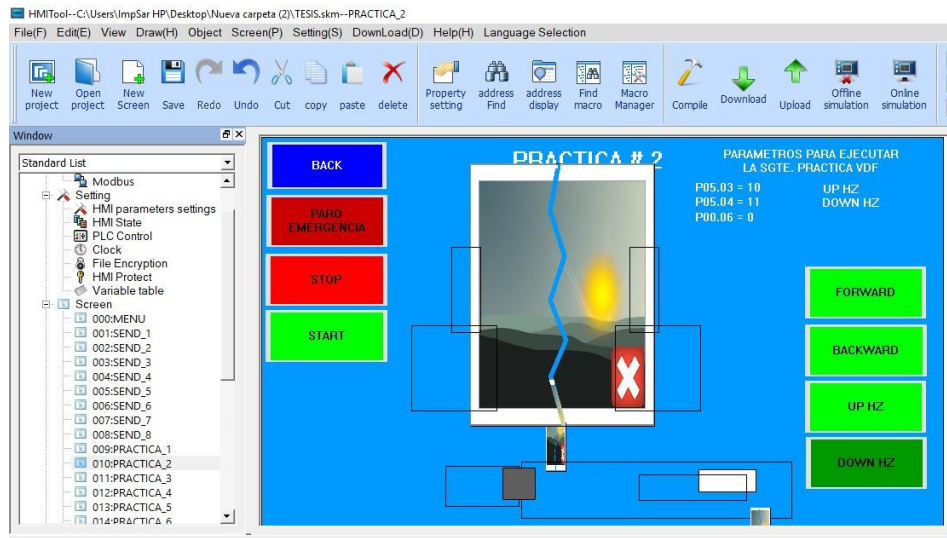


Figura 3. 19: Pantalla de HMI programado

Realizado la aplicación de la pantalla HMI en el software. Con un clic en el icono download se transfiere la aplicación al HMI físico.



Figura 3. 20: Icono para la carga de software programado hacia el hmi físico

3.3.5 Diseño de protocolo de comunicación RS-485 Modbus RTU

Para el protocolo de comunicación se utiliza dos conductores de cobre que serán medio de comunicación serie TX+ y TX-. Cada uno de los equipos se enlaza con una dirección diferente, pero con velocidad de transmisión igual. Este protocolo permite enlazar entre diferentes equipos utilizando la arquitectura maestro- esclavo.

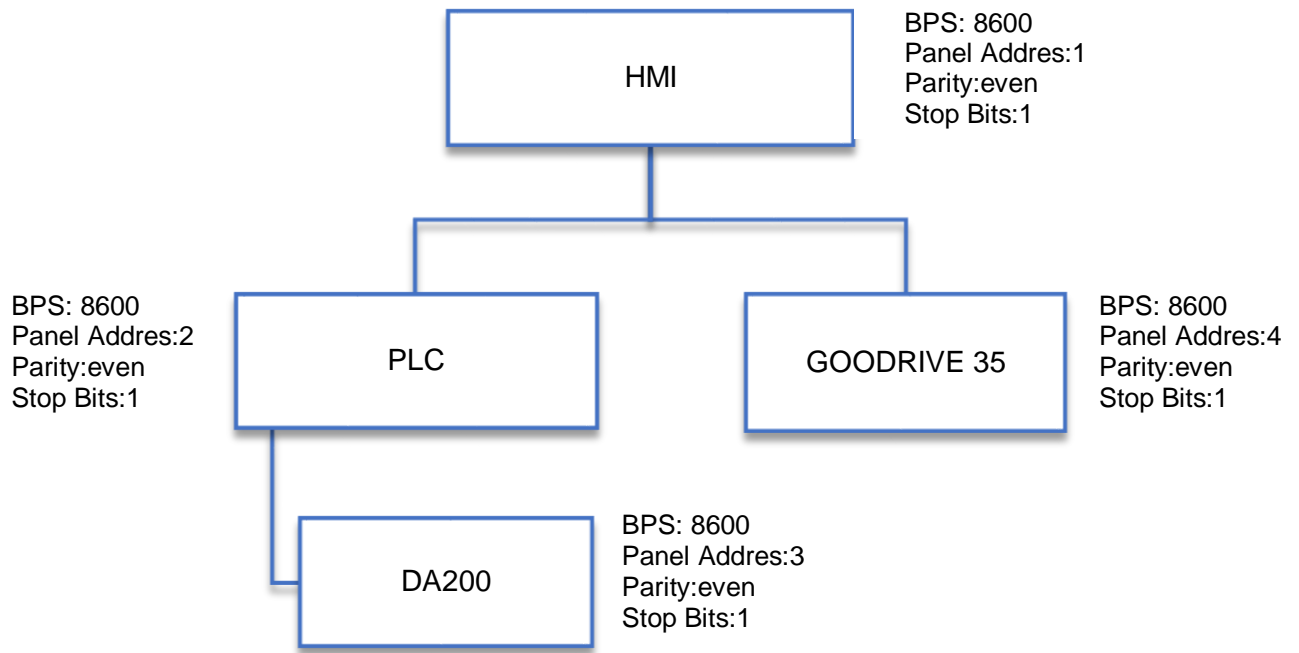


Figura 3. 21: Protocolo de comunicación RS – 485

3.4 DISEÑO DE SERIGRAFÍA.

La serigrafía de esta maleta didáctica fue diseñada en AUTOCAD tomando en cuenta las medidas de los equipos correspondientes para así dar el espacio preciso a cada uno. También se detalla las conexiones y funcionamiento de cada entrada / salida digitales y analógicas.

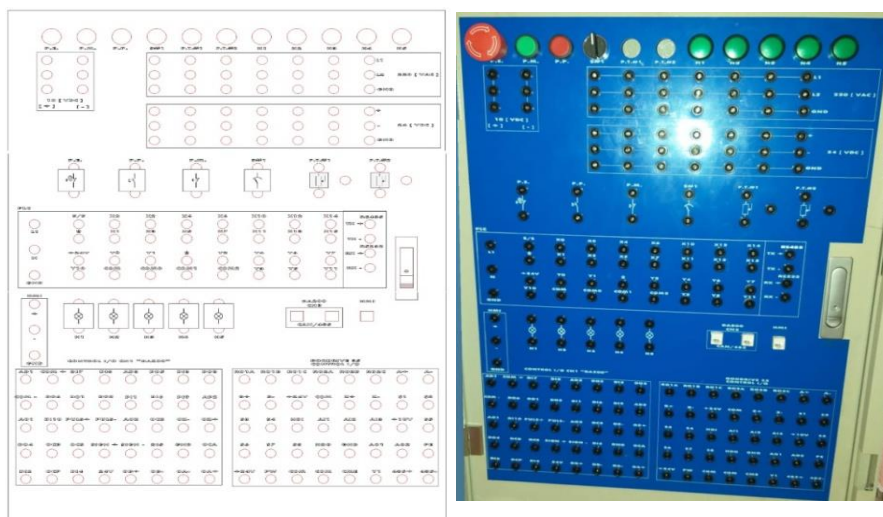


Figura 3. 22: Diseño de serigrafía en AUTOCAD e impresa en acrílico

3.7 ENCODER ROTATIVO INCREMENTAL I41-H-200ZCU46L2.

Para este proyecto se utiliza un encoder incremental que por sus características puede brindar hasta tres señales en forma de onda cuadrada y desfasadas a 90° entre sí.

Nos permite obtener un control de velocidad, posición y sentido de giro del motor.



Figura 3. 25: Encoder I41-H-200ZCU46L2

3.8 VARIADOR DE FRECUENCIA GOODRIVE35

En el presente proyecto se utiliza un variador de frecuencia GOODRIVE 35 que se seleccionó por su capacidad de control preciso de velocidad y posicionamiento, además de una alta velocidad en respuesta de arranque, características que se utilizan para la variedad de prácticas a realizar con el motor asíncrono de esta maleta didáctica.



Figura 3. 26: Variador de frecuencia GOODRIVE 35

3.8.1 Guía de uso de variador de frecuencia GOODRIVE 35

Este tipo de variador está protegido por un guardamotor, requiere de una alimentación de 220vac, mientras entrega en la salida un voltaje de 220vac trifásico para alimentación del motor asíncrono.

Este variador realiza diferentes configuraciones según la programación establecida en cada práctica.

3.9 MOTOR ASÍNCRONO VARVEL

Este motor asíncrono Varvel ocupa poco espacio físico y posee un bajo peso por estas características fue escogido para utilizarlo en este proyecto. Brinda un alto coeficiente de potencia, velocidad y bajo consumo energético, características requeridas para las practicas realizadas en esta maleta didáctica.



Figura 3. 27: Motor asíncrono Varvel y ubicación en maleta didáctica

3.10 SERVODRIVE INVT SV-DA200-0R1

Para el control del servomotor que se utiliza en este proyecto se emplea un servodrive INVT SV-DA200-0R1 con el cual se obtiene alta respuesta de velocidad, precisión, amplio espectro para aplicación de potencia y una interfaz de comunicación enriquecida con soporte para Modbus, CANopen, PROFIBUS-DP, EtherCAT, Motion net y otros protocolos de comunicación de bus. Este servodrive cuenta con la opción de

identificación de inercia de carga. Tiene dos modos de identificación de inercia; en línea y fuera de línea, de esta manera identifica automáticamente los parámetros de ganancia interna del sistema y así acorta el tiempo de ajuste del mismo.



Figura 3. 28: Servodrive INVT SV-DA200-0R1

3.11 SERVOMOTOR INVT SV-ML06-0R4G-2-1A0-3000

El servomotor modelo INVT SV-ML04-0R1G-2 es de exclusivo control del servodrive INVT SV-DA200-0R1. Cuenta con dimensiones físicas pequeñas, nivel IP65 de protección, pequeño coeficiente de inercia, un encoder y frenados internos, características por las cuales fue seleccionado para la implementación de esta maleta didáctica. Este servomotor es utilizado para prácticas de control e identificación de posición, velocidad y sentido de giro.



Figura 3. 29: Servo motor INVT SV-ML06-0R4G-2-1A0-3000

3.11.1 Guía de uso de Servo motor INVT SV-ML06-0R4G-2-1A0-3000

El servomotor de esta maleta didáctica se encuentra protegido por un guardamotor y funciona con un voltaje de 220vac trifásico.

Su configuración de posición, velocidad, dirección y movimiento dependerán de la programación a realizar en cada una de las prácticas.

3.12 HMI VS-070HS

Para la interacción del usuario con la maleta didáctica se seleccionó una pantalla HMI marca INVT modelo VS-070HS, el cual cuenta con soporte para múltiples idiomas, soporte de múltiples enlaces de comunicación y conexiones para los dispositivos esclavos, se puede establecer hasta 16 áreas para recetas de datos y posee una amplia capacidad de memoria.



Figura 3. 30: HMI VS-070HS

3.12.1 Guía de uso de HMI VS-070HS

Para el HMI suministramos una alimentación de 24vdc cuya conexión se realiza en el panel de control de la puerta, donde se tiene las conexiones 24vdc tensión y tierra respectivamente.

Para la comunicación este HMI cuenta con los protocolos RS 485 y RS 232 como opciones disponibles y para cargar la programación correspondiente se debe hacer uso de un cable tipo serial.

3.13 AUTÓMATA IVC1-1410MAT

En este proyecto se utiliza un autómata programable marca INVT modelo IVC1-1410MAT. Se trata de un plc de micro alto rendimiento con una estructura compacta y una función potente utilizado en una alta gama de aplicaciones de tipo industrial.

Posee una gran capacidad de configuración y una alta velocidad de procesamiento, un potente software de programación y alto rendimiento en cuanto a aplicación de distintas redes de comunicación para distintos modelos de sistemas.

Este equipo es el controlador principal del proyecto y será utilizado en todos los distintos tipos de prácticas debido a que su software proporciona una amplia gama de opciones.



Figura 3. 31: Autómata IVC1-1410MAT

3.13.1 Guía de uso de Autómata IVC1-1410MAT

Este equipo funciona con una alimentación de 110vac a 240vac conectada en los puntos L1 y LN donde, en el caso de esta maleta didáctica, es suministrando 220vac para su funcionamiento.

Este autómata cuenta con 14 entradas y 10 salidas donde Y1 y Y2 son salidas rápidas las cuales se usan dependiendo de los requerimientos de la programación guardada, la misma que será cargada mediante cable serial – USB.

3.14 MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento de esta maleta didáctica se recomiendan las siguientes acciones de manera mensual:

- Limpieza externa e interna de la maleta didáctica, equipos, conexiones y puertos.
- Revisión del estado de los equipos, chasis de la maleta, puertas, pines de conexión y del plc, puertos, protecciones y botoneras.
- Corroborar que exista un bajo ohm de resistencia en los pines de conexión para asegurar un continuo buen funcionamiento.
- Revisar el sistema de control y la eficiencia de los motores.
- Realizar constantemente distintas prácticas para corroborar que el sistema no presente fallas en alguna variante de su uso.
- Medir los voltajes de entrada del sistema, así como los valores de tensión internas en las distintas entradas y salidas de cada equipo.

3.15 OPERACIÓN

La maleta didáctica requiere de una alimentación principal de 120vac, misma que es transformada a 220vac para alimentación de equipos de control, potencia y demás elementos del proyecto.

Para el funcionamiento del servomotor se usa un servodrive que convierte la tensión de 220vac monofásico a 220vac trifásico para el correcto funcionamiento de este motor.

De la misma manera se utiliza un variador de frecuencia que transforma la tensión de 220vac monofásica a 220vac trifásica con el fin de brindar el correcto suministro eléctrico al motor asíncrono.

Por otro lado, para efectos de suministro de energía a equipos de control como el hmi o plc, se utiliza las distintas salidas que tiene la fuente de poder en 24vdc.



En cuanto al sistema de control se hace uso de un encoder incremental propio del servomotor para la permanente verificación de posición y velocidad del motor síncrono, datos a utilizar en varias de las prácticas seleccionadas.

3.14 Banco de prácticas

Las prácticas realizadas son las siguientes:

1. Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de un motor asíncrono con un variador de frecuencia mediante un potenciómetro en modo local.
2. Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de un motor asíncrono con un variador de frecuencia en modo remoto.
3. Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de un motor asíncrono con un variador de frecuencia mediante comunicación modbus.
4. Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de un servomotor con un servodrive mediante un potenciómetro en modo local.
5. Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de un servomotor con un servodrive en modo remoto.
6. Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de un servomotor con un servodrive mediante comunicación modbus.
7. Simulación de planta aplicando variador de frecuencia y servomotor.
8. Control PID, sincronismo entre variador de frecuencia y servomotor.

4 PRÁCTICAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

	GUÍA DE PRACTICAS	
DEPARTAMENTO:	TÉCNICO y COMERCIAL	PRACTICA N° 1
NOMBRE PRACTICA:	Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de variador de frecuencia mediante un potenciómetro modo local.	

4.1 PRÁCTICA 1

1. Objetivo.

Configurar los parámetros básicos del variador de velocidad.

2. Objetivos específicos.

- Reconocer las principales interconexiones del módulo.
- Programar plc IVC1.
- Realizar una conexión entre dispositivos de mando y control con el plc.
- Configuración de variador de frecuencia.

3. Instrucciones.

- Alimentar la maleta didáctica a 120 VAC.
- Verificar si dispone de todos los elementos necesarios para la práctica.
- Seguir paso a paso la guía de interconexión de los equipos y la respectiva programación.

4. Actividades a desarrollar.

Paso N° 1

Se enciende el variador de frecuencia Goodrive35, con el botón start de color rojo del guarda motor de protección del drive, así mismo check al motor asíncrono para controlar que esté correctamente conectado y configurado de acuerdo al voltaje. Para la programación del plc INVC1 el switch de control debe estar en modo TM y, posteriormente cargado el software, se coloca el switch del plc en modo RUN.

Previo inicio de la práctica todas las interconexiones en el panel de control, con el diagrama eléctrico presente son conectadas con los cables plugs.

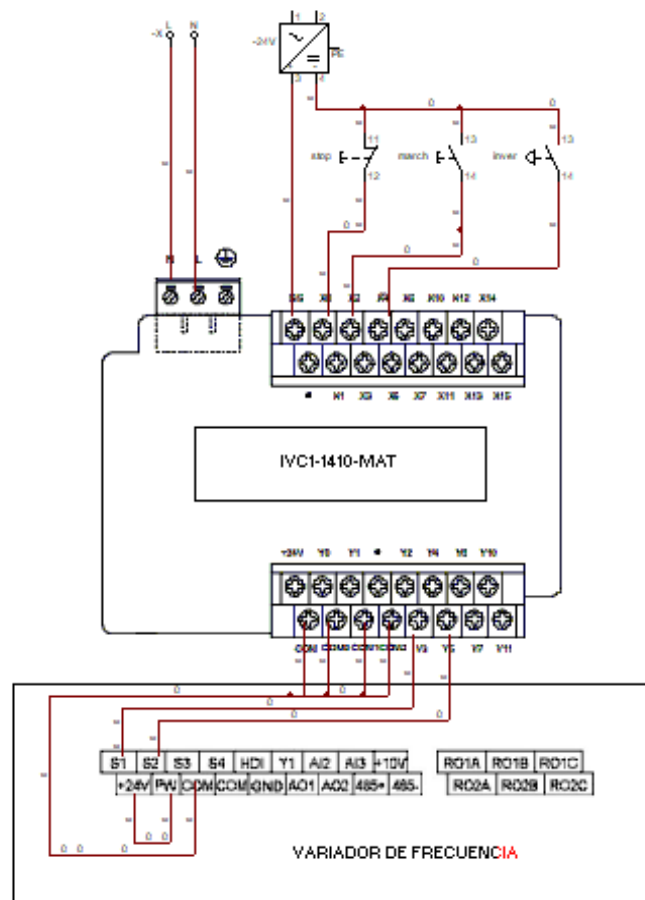


Figura 4. 1: Paso 1

Paso N° 2

Una vez realizado las respectivas conexiones se procede a abrir el software denominado AUTO STATION para programar el PLC IVC1.

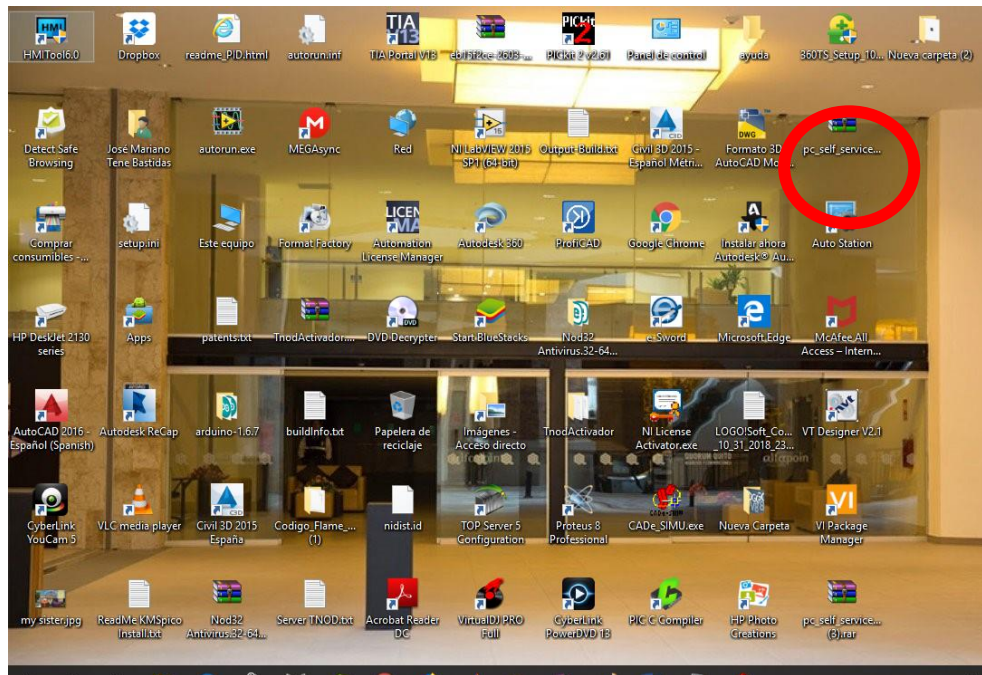


Figura 4. 2: Paso 2

Paso N° 3

Una vez iniciado el software AUTO STATION se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto.

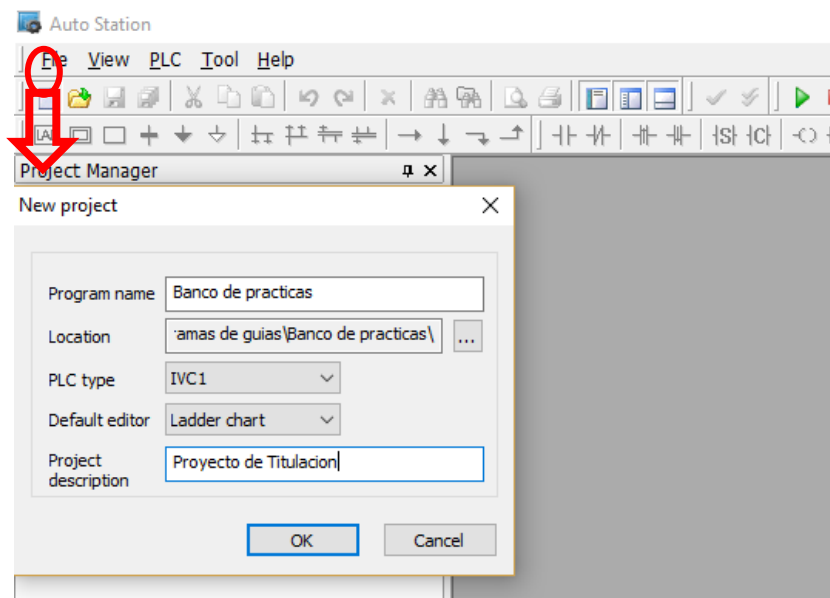


Figura 4. 3: Paso 3

Paso N° 4

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación para otros equipos dando click en System block del árbol de proyecto.

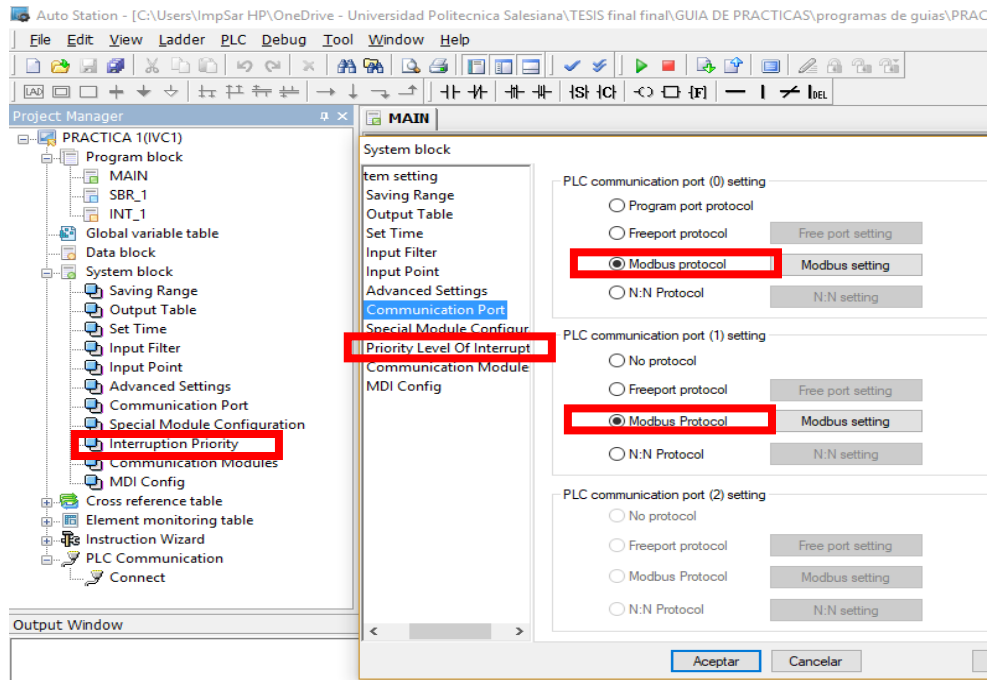


Figura 4. 4: Paso 4

Paso N° 5

En cada uno de los puertos se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

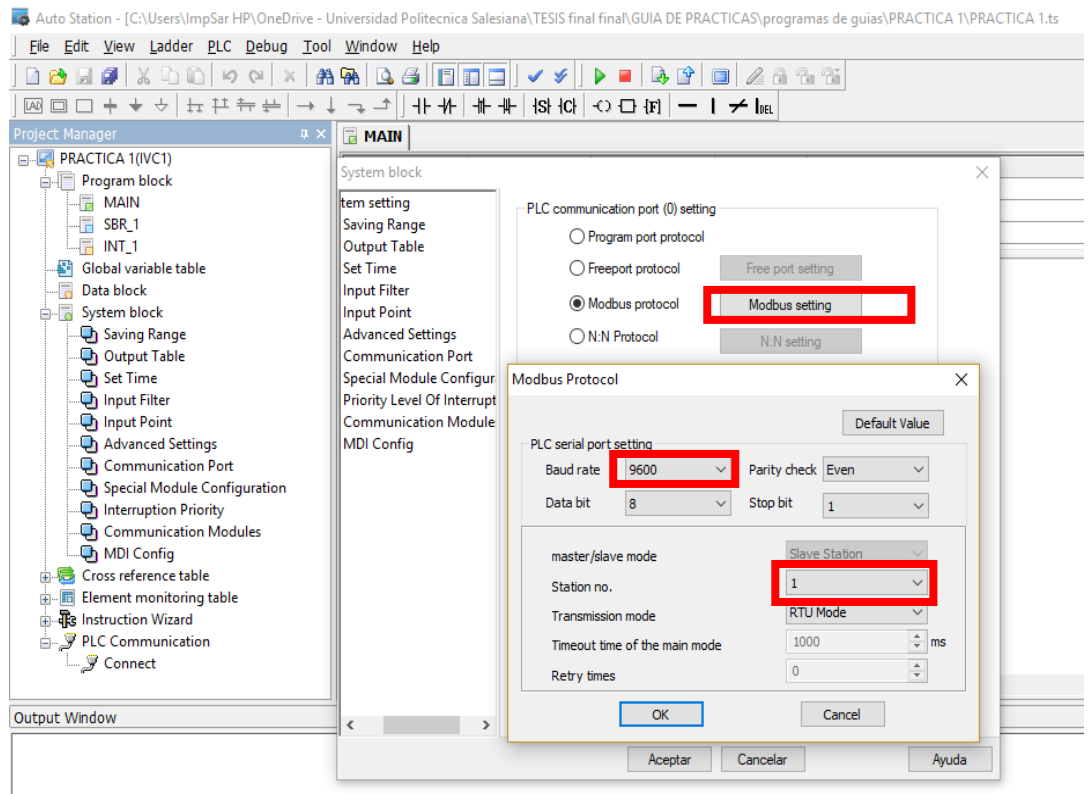


Figura 4. 5: Paso 5

Paso N° 6

Se inicia la programación de la lógica de control en el software AUTO STATION.

Donde X0 es una entrada de contacto normalmente cerrado del pulsador de paro, así mismo X2 es una entrada de contacto normalmente abierto de pulsador de marcha, X4 es un contacto normalmente abierto de selector de dos posiciones, en cada uno tiene dos salidas de transistor rápidas Y0, Y1 y salidas de control Y3, Y4.

Una vez realizado el programa se procede a compilarlos para descartar errores.

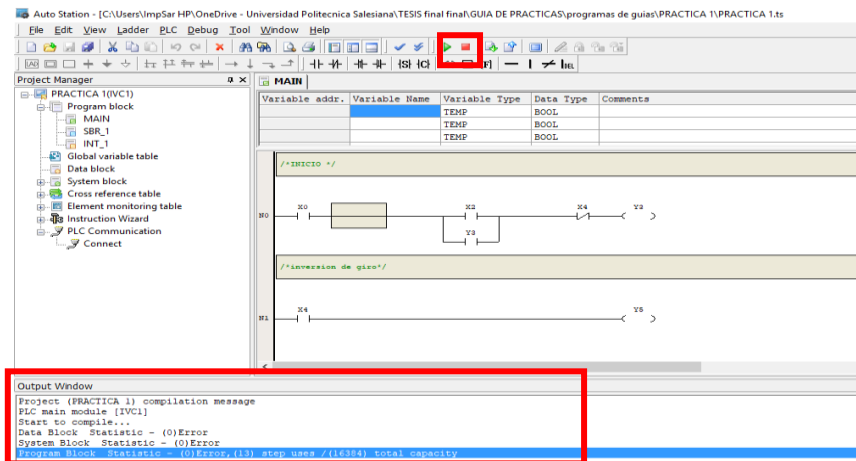


Figura 4. 6: paso 6

Paso N° 7

Una vez que no presente error la lógica de programación se procede a cargar el programa al plc físico, conectando el cable conector DB8 con salida USB entre la computadora y el PLC.



Figura 4. 7: Paso 7

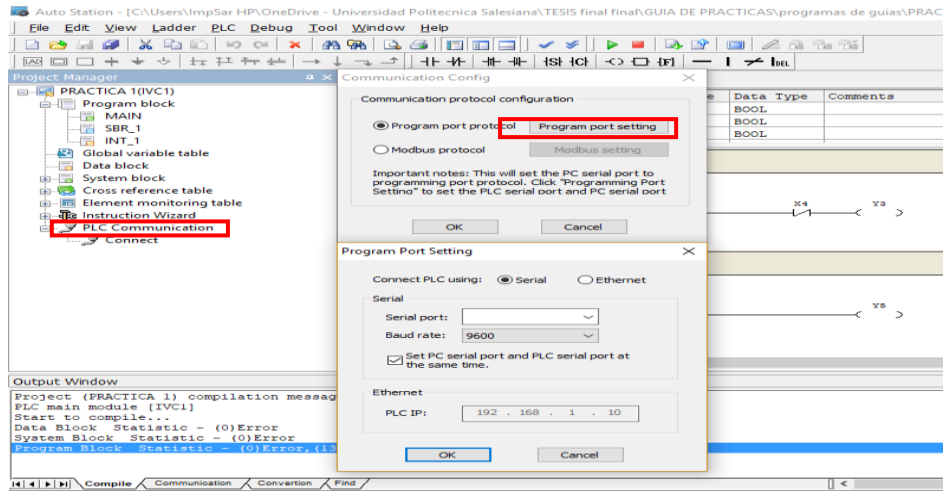


Figura 4. 8: Paso 7.1

Se procede a cargar el programa al plc físico, dando click en el icono Download.

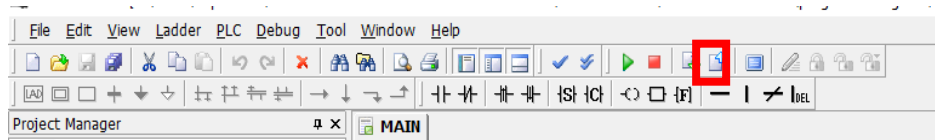


Figura 4. 9: Paso 7.2

NOTA

- Todos los ejercicios prácticos que se desarrollan en este proyecto de titulación, tienen en común los pasos anteriores, excepto el diagrama de conexión y el programa en PLC IVC1.

Paso N° 8

Para la configuración del variador de frecuencia, es importante conocer los componentes del módulo de control.

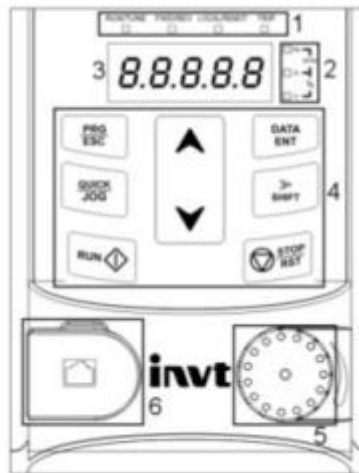


Figura 4. 10: Paso 8

1. LED de estado.
2. LED de unidad (HZ, RPM, A, %, V).
3. Display.
4. Botones.
5. Potenciómetro analógico.
6. Puerto para consola externa.

Paso N° 9

Funcionamiento de las teclas de módulo de control del variador de frecuencia.



Tecla de programación.



Tecla Run.



Tecla Intro.



Tecla Stop/ Reset.

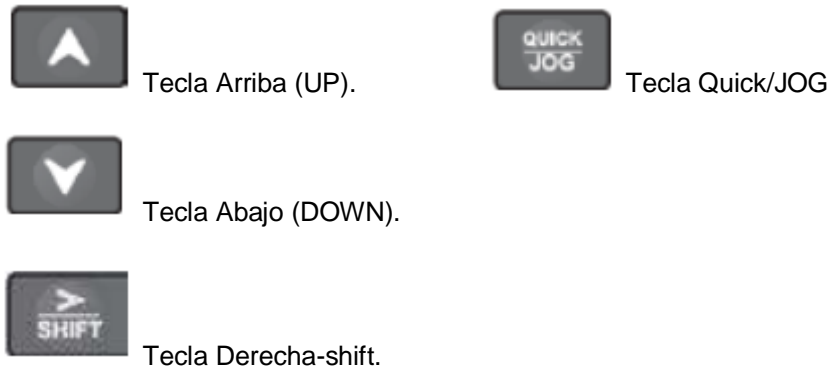


Figura 4. 11: Paso 9

Paso N° 10

Para la configuración del variador, con un pulso sobre el botón tecla de programación y en el panel de parámetros se realiza los cambios pertinentes.

Realizando un pulso sobre la tecla intro, se guarda los cambios en la memoria eeprom del equipo.



Figura 4. 12: Paso 10

Grupo P00- Funciones básicas

P00.00 Modo de control de velocidad

en

2control SVPWM.

P00.01 Canal de comando de operación (modo RUN/STOP).

en

1 canal de comando de operación mediante terminal de control.

P00.03 Frecuencia Max. de salida en **60 HZ**

P00.04 Límite superior de frecuencia en **60 HZ**.

P00.05 Límite inferior de frecuencia, en **0 HZ**.

P00.06 Modo de frecuencia A.

1: Ajuste analógico AI1 (corresponde al potenciómetro de la consola).

P00.09 Ajuste del tipo de combinación para la obtención de la consigna de frecuencia.

En

0:A, la consigna de frecuencia es la A

P00.10 Consigna de frecuencia ajustada en consola en **60 HZ**.

P00.11 Tiempo de Aceleración 1 en **10** segundos.

P00.12 Tiempo de Desaceleración 1 en **10** segundos.

Grupo P02 - Datos del motor

P02.01 Potencia nominal del motor en **0.12 KW**.

P02.02 Frecuencia nominal del motor en **60 HZ**.

P02.03 Velocidad nominal del motor en **1350 RPM**.

P02.04 Tensión nominal del motor en **220 VAC**.

P02.05 Intensidad nominal del motor en **0.89 A**.

Grupo P05 - Terminales de entrada

P05.01 Selección de función del terminal S1

En

1: Rotación hacia adelante.

P05.02 Selección de función del terminal S2

En

2: Rotación en sentido inverso

5. Resultados obtenidos.

Se pudo apreciar una vez iniciado el arranque, el motor tarda 10 segundos de aceleración para mantener la velocidad estable, seleccionada mediante las teclas UP DOWN del módulo de control de variador de velocidad.

ACELERACION	
Tiempo (segundos)	Frecuencia (HZ)
0	0
1	6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	36
7	42
8	48
9	54
10	60
11	60
12	60
13	60
14	60
15	60
DESACELERACION	
Tiempo (segundos)	Frecuencia (HZ)
0	60
1	54
2	48
3	42
4	36
5	30
6	24
7	18
8	12
9	6
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0

Tabla 1: Aceleración - Desaceleración

Rampa aceleración F(HZ) /T(s)

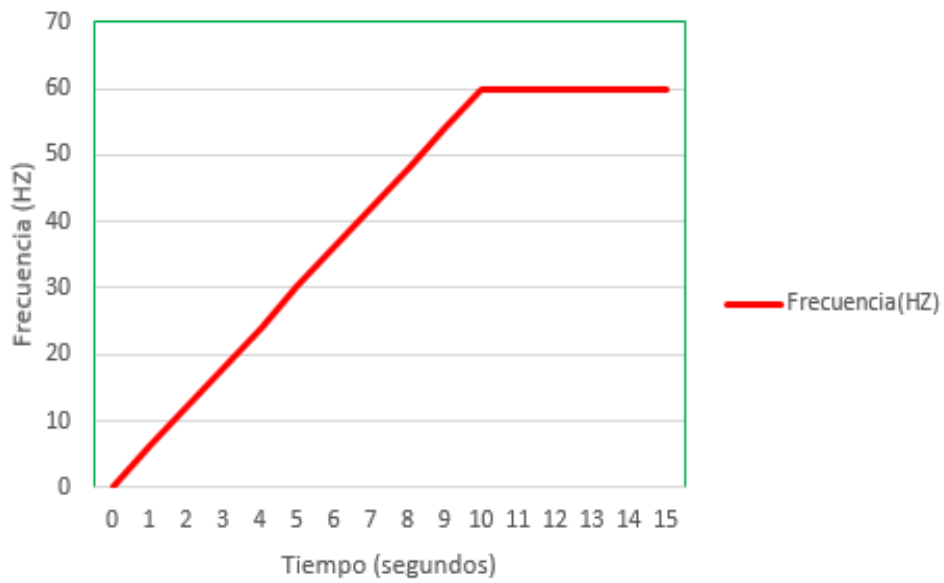


Figura 4. 13: Rampa aceleración

Rampa desaceleración F(HZ) /T(s)

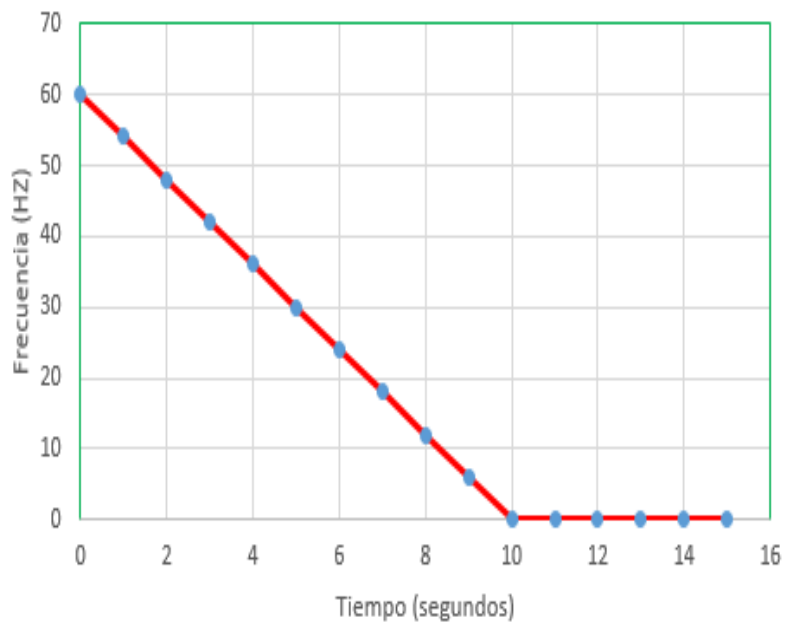


Figura 4. 14: Rampa desaceleración

6. Conclusiones.

- Se pudo concluir que en el módulo de control del variador, podemos observar la corriente nominal, velocidad y eficiencia del motor.
- Se comprueba que al seleccionar el parámetro P00.15 opción 1, el variador de frecuencia recopila y guarda automáticamente los valores de la placa del motor como corriente, potencia, voltaje y velocidad en la memoria eeprom.
- Durante la práctica se pudo apreciar la rampa de aceleración del motor durante el arranque y la rampa de desaceleración del motor cuando este finaliza el trabajo.

	GUÍA DE PRÁCTICAS	
DEPARTAMENTO:	TÉCNICO y COMERCIAL	PRACTICA N° 2
NOMBRE PRACTICA:	Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de variador de frecuencia mediante un potenciómetro externo.	

4.2 PRÁCTICA 2

1. Objetivo.

Configurar los parámetros del variador de velocidad en modo control externo.

2. Objetivos específicos.

- Reconocer las principales interconexiones del módulo.
- Programar plc IVC1.
- Realizar una conexión entre dispositivos de mando con el plc.
- Configuración de variador de frecuencia para control con potenciómetro externo.

3. Instrucciones.

- Alimentar la maleta didáctica a 120 VAC.
- Verificar si dispone de todos los elementos necesarios para la práctica.
- Seguir paso a paso la guía de interconexión de los equipos y la respectiva programación.

4. Actividades a desarrollar.

Paso N° 1

Se enciende el variador de frecuencia Goodrive35, con el botón start de color rojo del guarda motor de protección del drive, así mismo check al motor asíncrono para controlar que esté correctamente conectado y configurado de acuerdo al voltaje. Para la programación del plc INVC1 el switch de control debe estar en modo TM y, posteriormente cargado el software, se coloca el switch del plc en modo RUN. Previo inicio de la práctica todas las interconexiones en el panel de control, con el diagrama eléctrico presente son conectadas con los cables plugs.

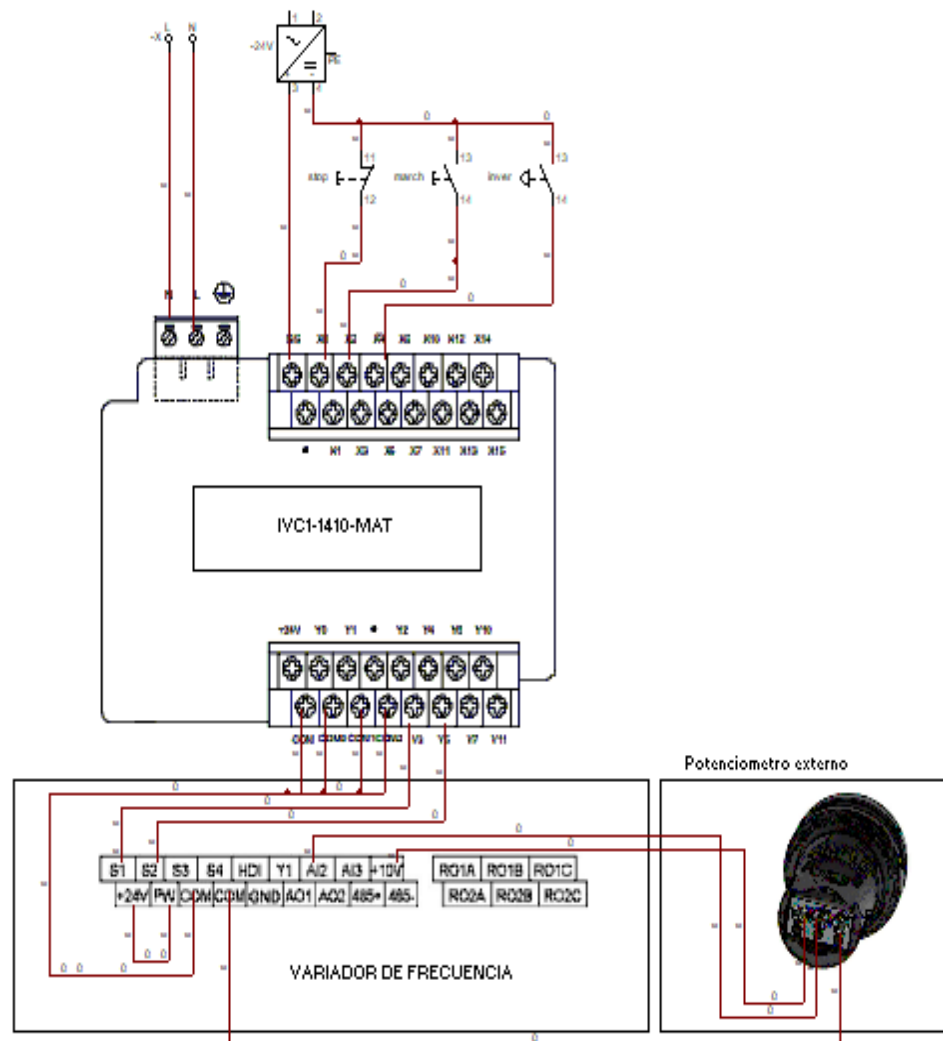


Figura 4. 15: Paso 1

Paso N° 2

Una vez realizado las respectivas conexiones se procede a abrir el software denominado AUTO STATION para programar PLC IVC1.

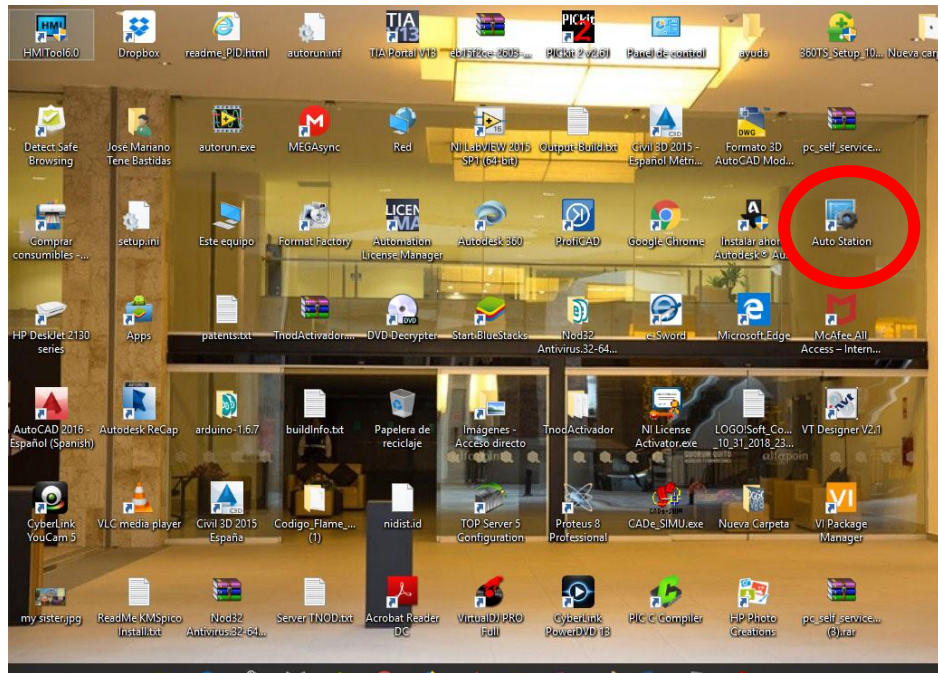


Figura 4. 16: Paso 2

Paso N° 3

Una vez iniciado el software AUTO STATION se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto.

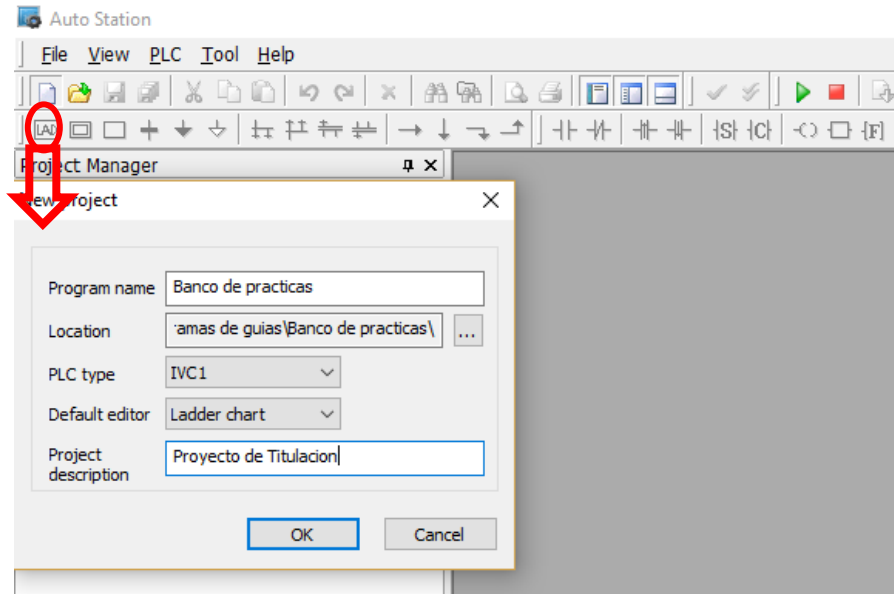


Figura 4. 17: Paso 3

Paso N° 4

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación para otros equipos dando click en System block del árbol de proyecto.

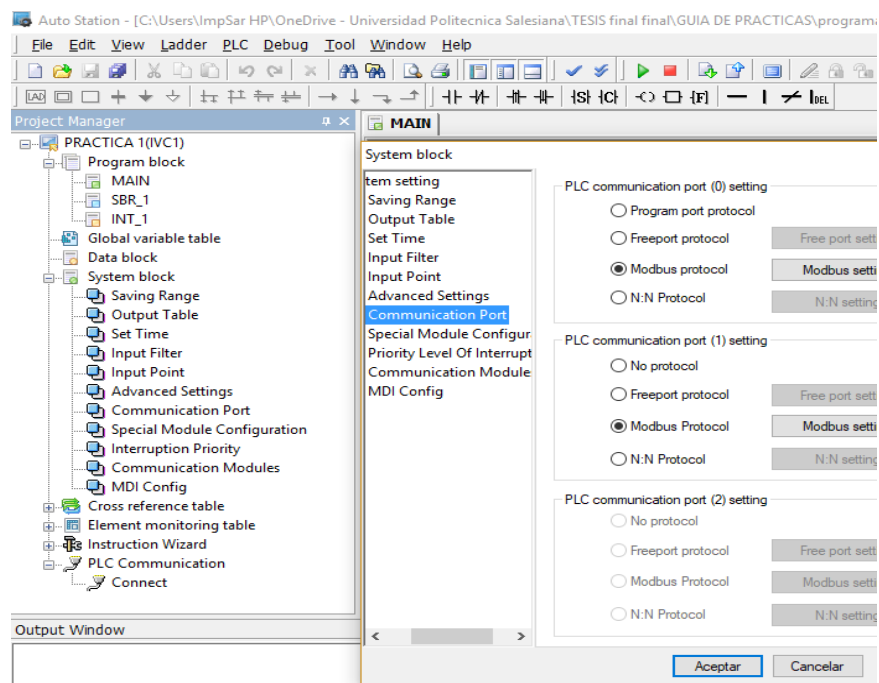


Figura 4. 18: Paso 4

Paso N° 5

En cada uno de los puertos se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

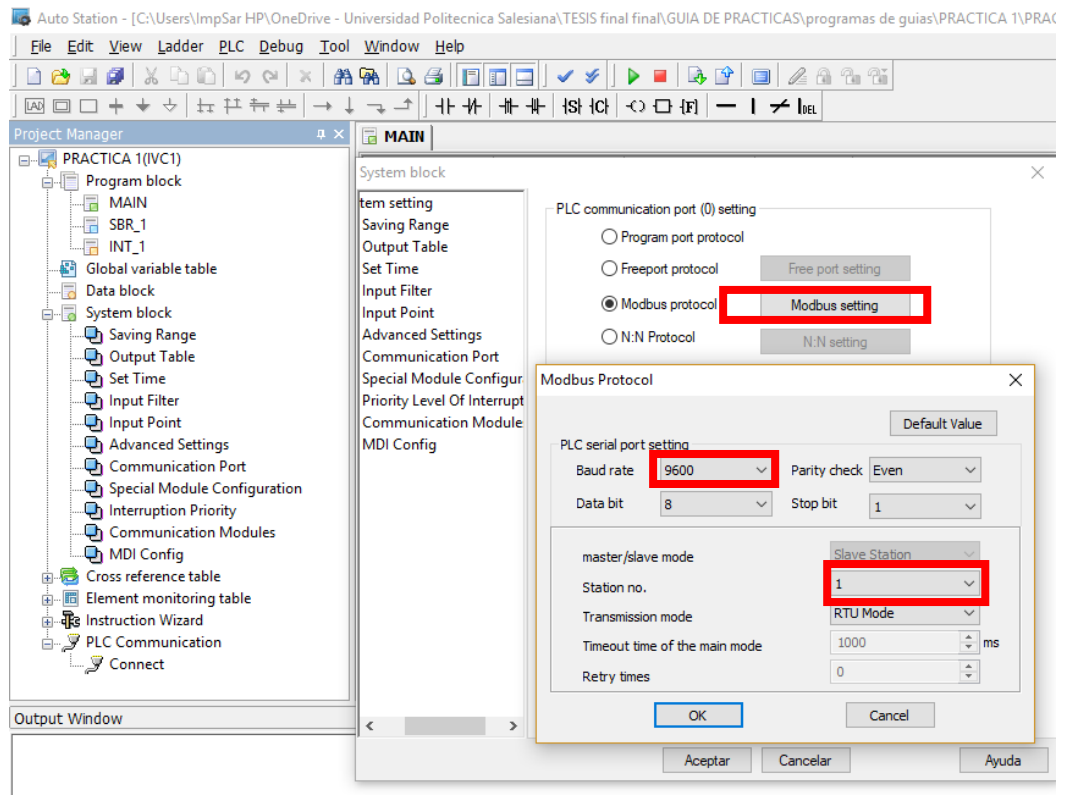


Figura 4. 19: Paso 5

Paso N° 6

Se inicia la programación de la lógica de control en el software AUTO STATION.

Donde X0 es una entrada de contacto normalmente cerrado del pulsador de paro, así mismo X2 es una entrada de contacto normalmente abierto de pulsador de marcha, X4 es un contacto normalmente abierto de selector de dos posiciones, en cada uno tiene dos salidas de transistor rápidas Y0, Y1 y salidas de control Y3, Y4. Una vez realizado el programa se procede a compilarlos para descartar errores.

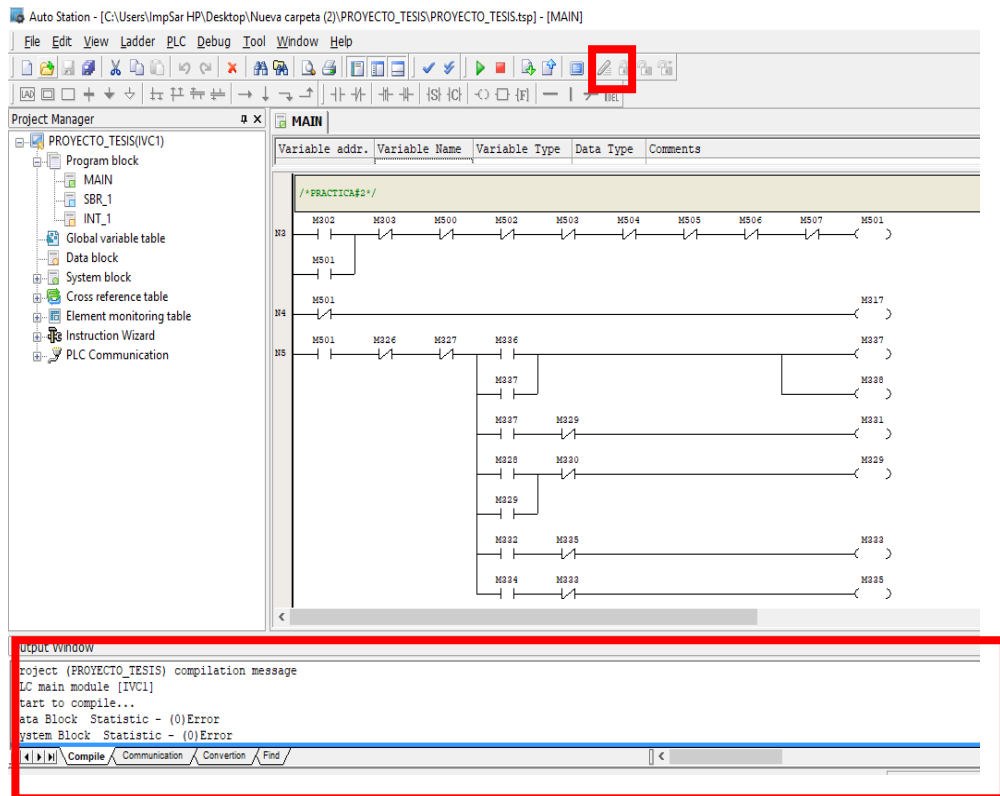


Figura 4. 20: Paso 6

Paso N° 7

Una vez que no presente error la lógica de programación se procede a cargar el programa al plc físico, conectando el cable conector DB8 con salida USB entre la computadora y el PLC.



Figura 4. 21: Paso 7

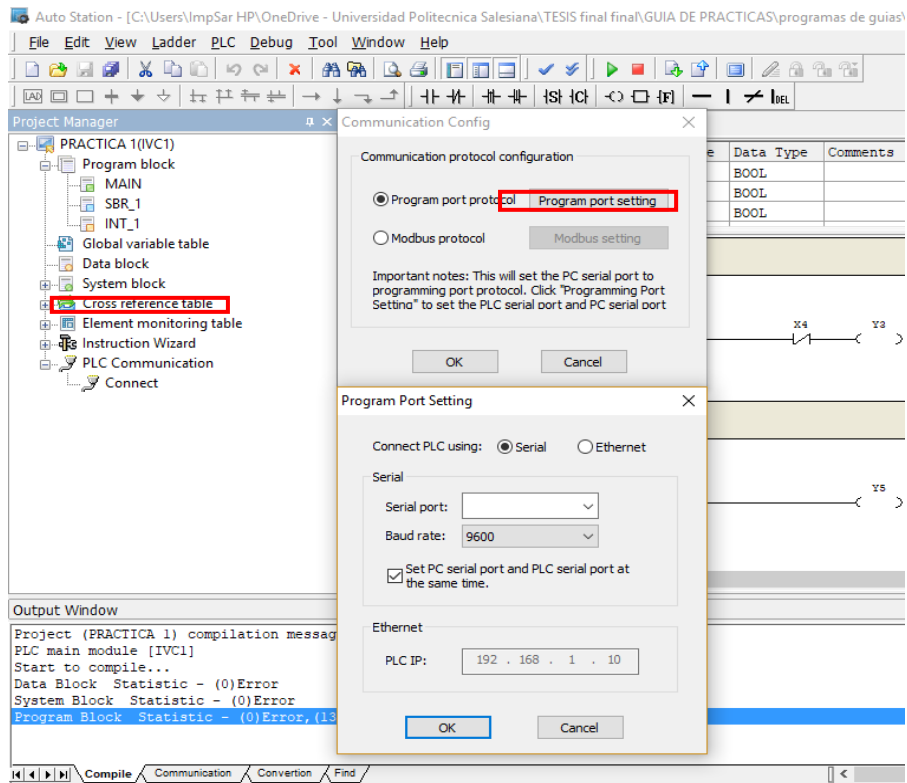


Figura 4. 22: Paso 7.1

Se procede a cargar el programa al plc físico, dando click en el icono Download.

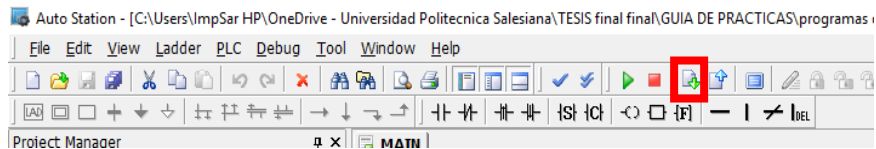


Figura 4. 23: Paso 7.2

Paso N° 8

Para la configuración del variador de frecuencia, es importante conocer los componentes del módulo de control.

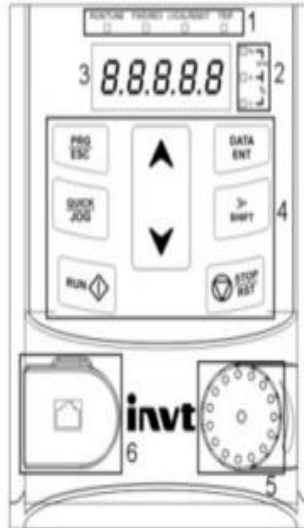


Figura 4. 24: Paso 8

- 7. LED de estado.
- 8. LED de unidad (HZ, RPM, A, %, V).
- 9. Display.
- 10. Botones.
- 11. Potenciómetro analógico.
- 12. Puerto para consola externa.

Paso N° 9

Funcionamiento de las teclas de módulo de control del variador de frecuencia.



Tecla de programación.



Tecla Run.



Tecla Intro.



Tecla Stop/ Reset.



Tecla Arriba (UP).



Tecla Quick/JOG



Tecla Abajo (DOWN).

Figura 4. 25: Paso 9

Paso N° 10

Para la configuración del variador, con un pulso sobre el botón tecla de programación y en el panel de parámetros se realiza los cambios pertinentes.

Realizando un pulso sobre la tecla intro, se guarda los cambios en la memoria eeprom del equipo.



Figura 4. 26: Paso 10

Grupo P00- Funciones básicas

P00.00 Modo de control de velocidad

en

2 control SVPWM.

P00.01 Canal de comando de operación (modo RUN/STOP).

en

1 canal de comando de operación mediante terminal de control.

P00.03 Frecuencia Max. de salida en **60** HZ

P00.04 Límite superior de frecuencia en **60** HZ.

P00.05 Límite inferior de frecuencia, en **0** HZ.

P00.06 Modo de frecuencia A.

2: Ajuste analógico AI2 (corresponde al terminal AI2).

P00.09 Ajuste del tipo de combinación para la obtención de la consigna de frecuencia.

En

0:A, la consigna de frecuencia es la A

P00.10 Consigna de frecuencia ajustada en consola en **60 HZ**.

P00.11 Tiempo de Aceleración 1 en **10** segundos.

P00.12 Tiempo de Desaceleración 1 en **10** segundos.

Grupo P02 - Datos del motor

P02.01 Potencia nominal del motor en **0.12 KW**.

P02.02 Frecuencia nominal del motor en **60 HZ**.

P02.03 Velocidad nominal del motor en **1350 RPM**.

P02.04 Tensión nominal del motor en **220 VAC**.

P02.05 Intensidad nominal del motor en **0.89 A**.

Grupo P05 - Terminales de entrada

P05.01 Selección de función del terminal S1

En

1: Rotación hacia adelante.

P05.02 Selección de función del terminal S2

En

2: Rotación en sentido inverso

5. Resultados obtenidos.

Se pudo apreciar una vez iniciado el arranque, que el motor tarda 10 segundos de aceleración para mantener la velocidad estable seleccionada mediante un potenciómetro externo.

Cuando se seleccionó el mando en selector externo, se pudo apreciar la desaceleración, aceleración y el cambio de sentido de giro del eje del motor asíncrono.

ACELERACIÓN	
Tiempo (segundos)	Frecuencia (HZ)
0	0
1	6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	36
7	42
8	48
9	54
10	60
11	60
12	60
13	60
14	18
15	60
16	48
17	54
18	30
19	34
20	49
21	52
22	57
23	60
24	60

Tabla 2: Aceleración

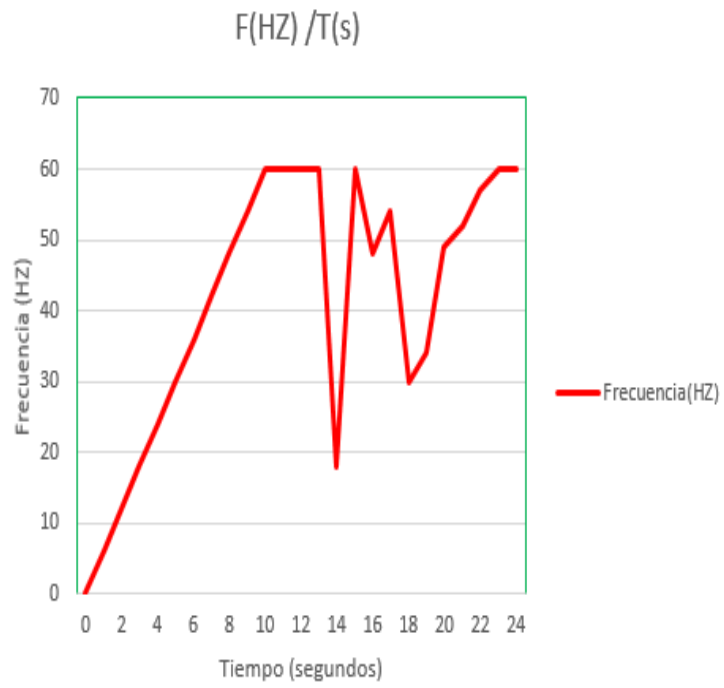


Figura 4. 27: Aceleración

DESACELERACIÓN	
Tiempo (segundos)	Frecuencia (HZ)
0	60
1	54
2	48
3	42
4	36
5	30
6	24
7	18
8	12
9	6
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	49
17	52
18	57
19	60
20	60
21	48
22	38
23	28
24	28

Tabla 3: Desaceleración

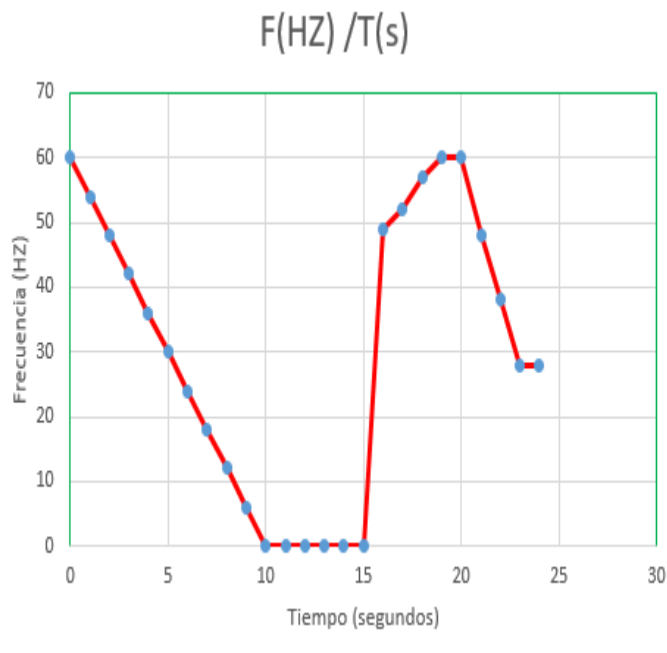


Figura 4. 28: Desaceleración

6. Conclusiones.

- Durante la práctica se pudo apreciar que cuando es seleccionado el cambio de sentido de giro del eje del motor asíncrono, este tarda 10 segundos en desacelerar y 10 segundos en acelerar hasta alcanzar la velocidad requerida.
- Se comprobó que para el control de velocidad del variador de frecuencia, este se puede controlar de modo local con el potenciómetro propio del equipo y también con potenciómetro externo.
- Se pudo verificar durante la programación de los parámetros del variador que el foco led del equipo se enciende con una luz verde indicando una programación correcta sin fallas.

	GUÍA DE PRÁCTICAS	
DEPARTAMENTO:	TÉCNICO y COMERCIAL	PRACTICA N° 3
NOMBRE PRACTICA:	Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad de variador de frecuencia mediante comunicación Modbus RTU.	

4.3 PRÁCTICA 3

1. Objetivo.

Configurar, los parámetros del variador de velocidad mediante la interfaz comunicación de RS-485 Modbus RTU.

2. Objetivos específicos.

- Reconocer las principales interconexiones del módulo de la maleta didáctica.
- Programar plc IVC1.
- Programar el HMI VS070.
- Configurar los parámetros de variador de frecuencia para el control mediante comunicación RS-485 Modbus RTU.

3. Instrucciones.

- Alimentar la maleta didáctica a 120 VAC.
- Verificar si dispone de todos los elementos necesarios para la práctica.
- Seguir paso a paso la guía de interconexión de los equipos y la respectiva programación.

4. Actividades a desarrollar.

Paso N° 1

Se enciende el variador de frecuencia Goodrive35, con el botón start de color rojo del guarda motor de protección del drive, así mismo check al motor asíncrono para controlar que esté correctamente conectado y configurado de acuerdo al voltaje. Para la programación del plc INVC1 el switch de control debe estar en modo TM y, posteriormente cargado el software, se coloca el switch del plc en modo RUN. Previo inicio de la práctica todas las interconexiones en el panel de control, con el diagrama eléctrico presente son conectadas con los cables plugs.

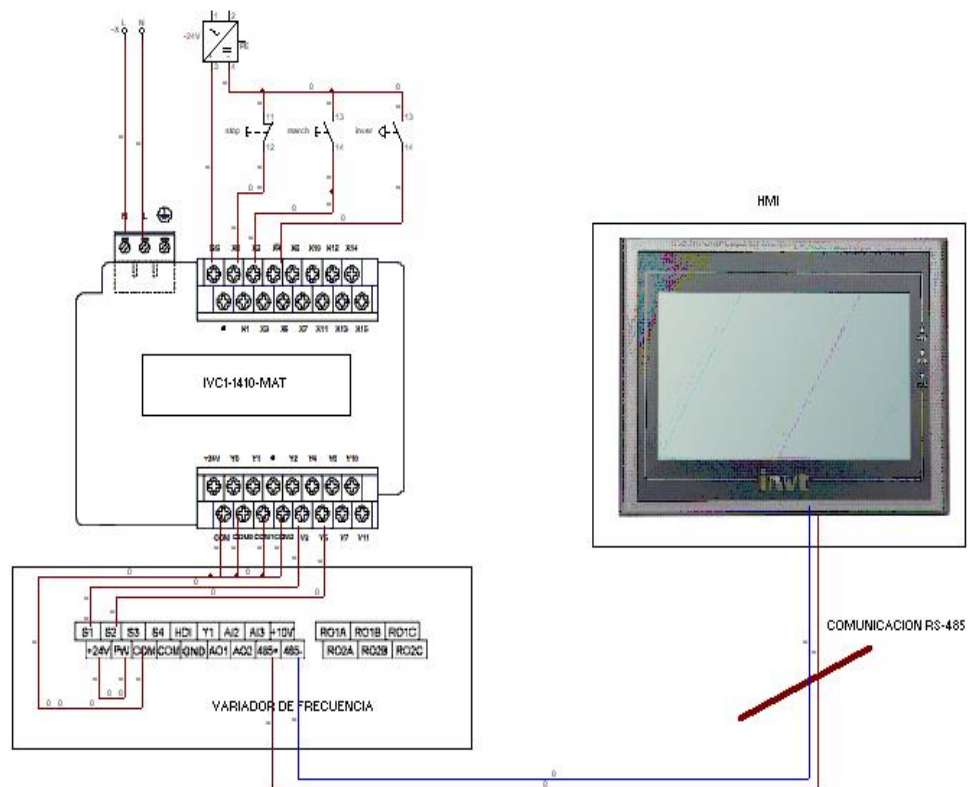


Figura 4. 29: Paso 1

Paso N° 2

Una vez realizado las respectivas conexiones se procede a abrir el software denominado AUTO STATION para programar PLC IVC1.

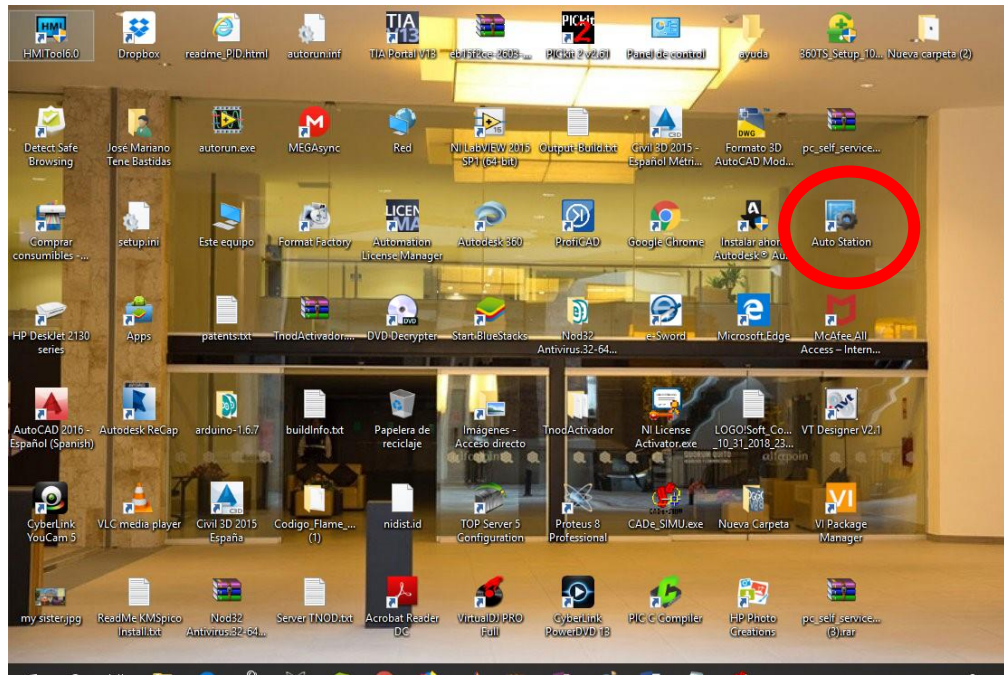


Figura 4. 30: Paso 2

Paso N° 3

Una vez iniciado el software AUTO STATION se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto.

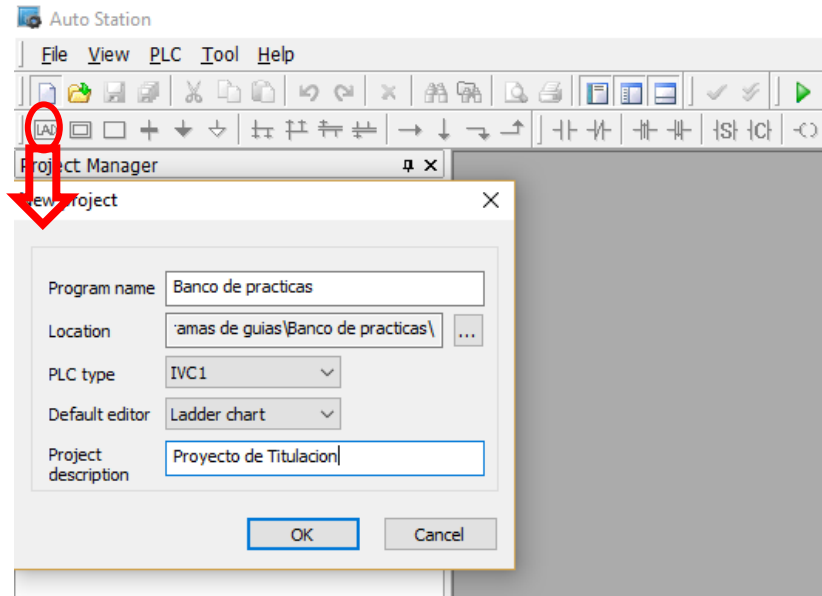


Figura 4. 31: Paso 3

Paso N° 4

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación para otros equipos dando click en System block del árbol de proyecto.

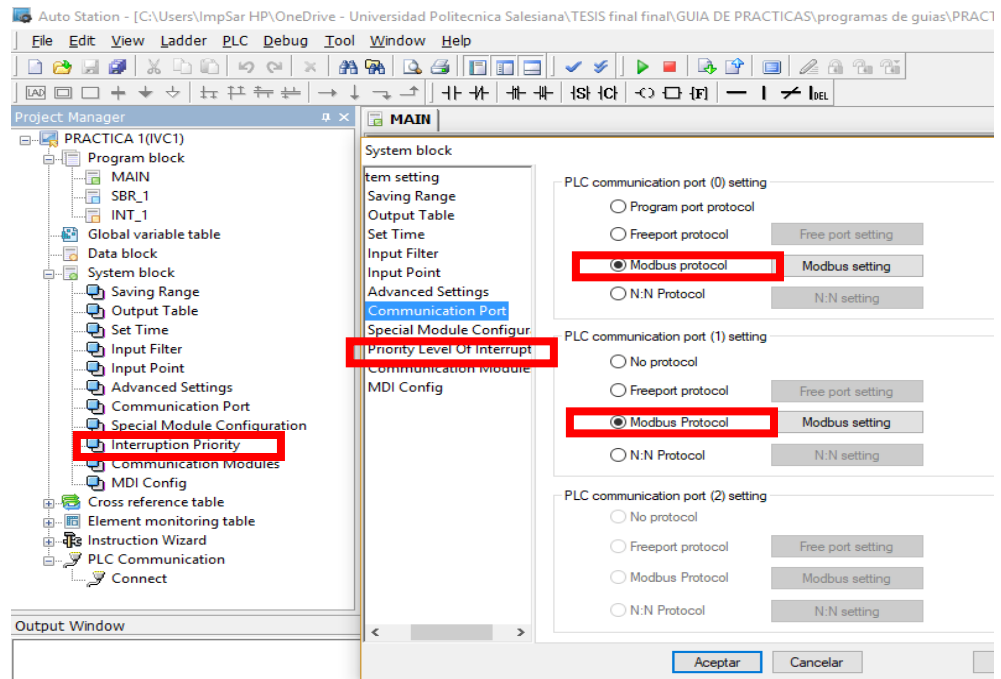


Figura 4. 32: Paso 4

Paso N° 5

En cada uno de los puertos se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

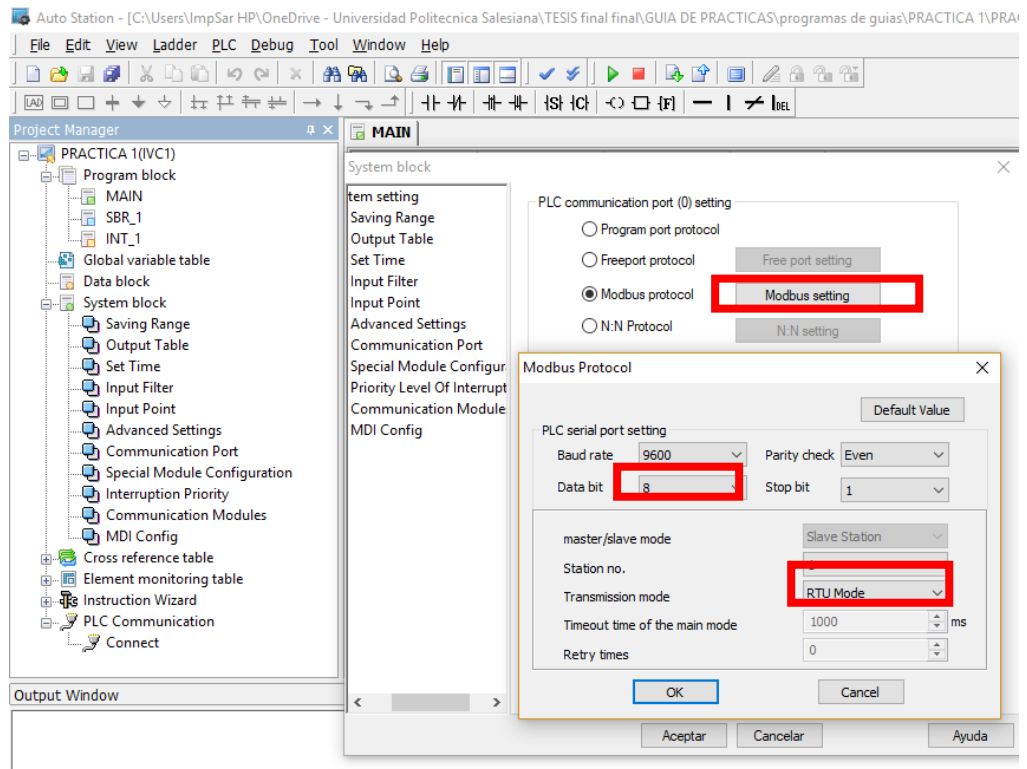


Figura 4. 33: Paso 5

Paso N° 6

Se inicia la programación de la lógica de control en el software AUTO STATION.

Donde X0 es una entrada de contacto normalmente cerrado del pulsador de paro, así mismo X2 es una entrada de contacto normalmente abierto de pulsador de marcha, X4 es un contacto normalmente abierto de selector de dos posiciones, en cada uno tiene dos salidas de transistor rápidas Y0, Y1 y salidas de control Y3, Y4.

Una vez realizado el programa se procede a compilarlos para descartar errores.

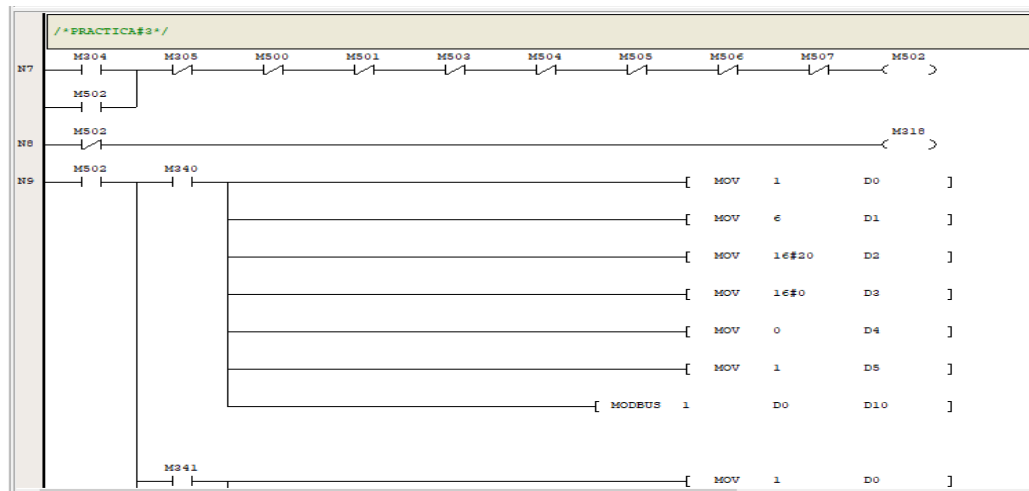


Figura 4. 34: Paso 6

Paso N° 7

Una vez que no presente error la lógica de programación se procede a cargar el programa al plc físico, conectando el cable conector DB8 con salida USB entre la computadora y el PLC.



Figura 4. 35: Paso 7

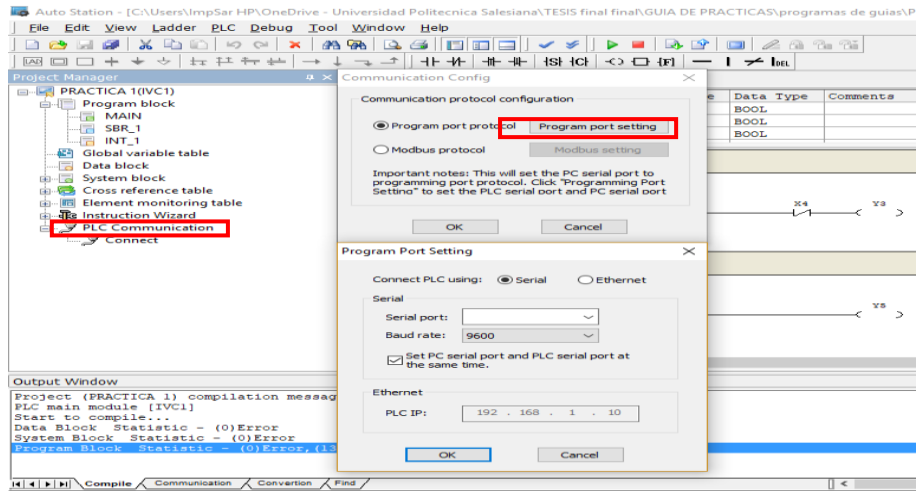


Figura 4. 36: Paso 8

Se procede a cargar el programa al plc físico, dando click en el iconoDownload.

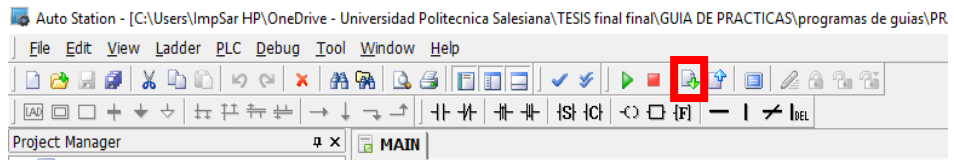


Figura 4. 37: Paso 9

Paso N° 8

Para la configuración del variador de frecuencia, es importante conocer los componentes del módulo de control.

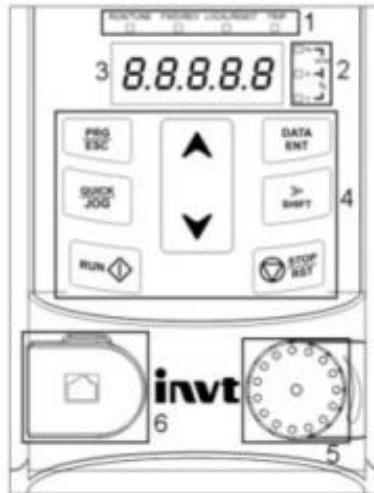
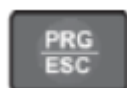


Figura 4. 38: PASO 8

- 13. LED de estado.
- 14. LED de unidad (HZ, RPM, A, %, V).
- 15. Display.
- 16. Botones.
- 17. Potenciómetro analógico.
- 18. Puerto para consola externa.

Paso N° 9

Funcionamiento de las teclas de módulo de control del variador de frecuencia.



Tecla de programación.



Tecla Run.



Tecla Intro.



Tecla Stop/ Reset.



Tecla Arriba (UP).



Tecla Quick/JOG



Tecla Abajo (DOWN).



Tecla Derecha-shift.

Figura 4. 39: Paso 9

Paso N° 10

Para la configuración del variador, con un pulso sobre el botón tecla de programación y en el panel de parámetros se realiza los cambios pertinentes.

Realizando un pulso sobre la tecla intro, se guarda los cambios en la memoria eeprom del equipo.



Figura 4. 40: Paso 10

Grupo P00- Funciones básicas

P00.00 Modo de control de velocidad

en

2: Control SVPWM.

P00.01 Canal de comando de operación (modo RUN/STOP).

en

2: Canal de comando de operación mediante comunicación ("LOCAL/REMOT" encendido).

P00.03 Frecuencia Max. de salida en **60** HZ

P00.04 Límite superior de frecuencia en **60** HZ.

P00.05 Límite inferior de frecuencia, en **0** HZ.

P00.06 Modo de frecuencia A.

8: Ajuste mediante comunicación MODBUS.

P00.09 Ajuste del tipo de combinación para la obtención de la consigna de frecuencia.

En

0:A, la consigna de frecuencia es la A

P00.10 Consigna de frecuencia ajustada en consola en **60** HZ.

P00.11 Tiempo de Aceleración 1 en **10** segundos.

P00.12 Tiempo de Desaceleración 1 en **10** segundos.

Grupo P02 - Datos del motor

P02.01 Potencia nominal del motor en **0.12** KW.

P02.02 Frecuencia nominal del motor en **60** HZ.

P02.03 Velocidad nominal del motor en **1350** RPM.

P02.04 Tensión nominal del motor en **220** VAC.

P02.05 Intensidad nominal del motor en **0.89** A.

Grupo P05 - Terminales de entrada

P05.01 Selección de función del terminal S1

En1: Rotación hacia adelante.

P05.02 Selección de función del terminal S2

En

2: Rotación en sentido inverso.

Grupo P14 – Comunicación serie

P14.00 Dirección local de comunicación.

Rango de ajuste: 1~247.

P14.01 Velocidad de transmisión.

3: 9600BPS.

P14.02 Ajuste de la comprobación de bit digital.

1: Comprobación par (E,8,1) para RTU.

P14.03 Retraso de la respuesta de comunicación.

0~200ms

Paso N° 11

Para la programación de la pantalla HMI, utiliza un software denominado HMITool6.0.

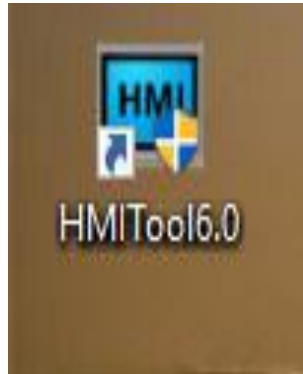


Figura 4. 41: Paso 11

Paso N° 12

Una vez iniciado el software HMITool6.0., se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto, escogiendo el modelo de la pantalla HMI VS-070HS.

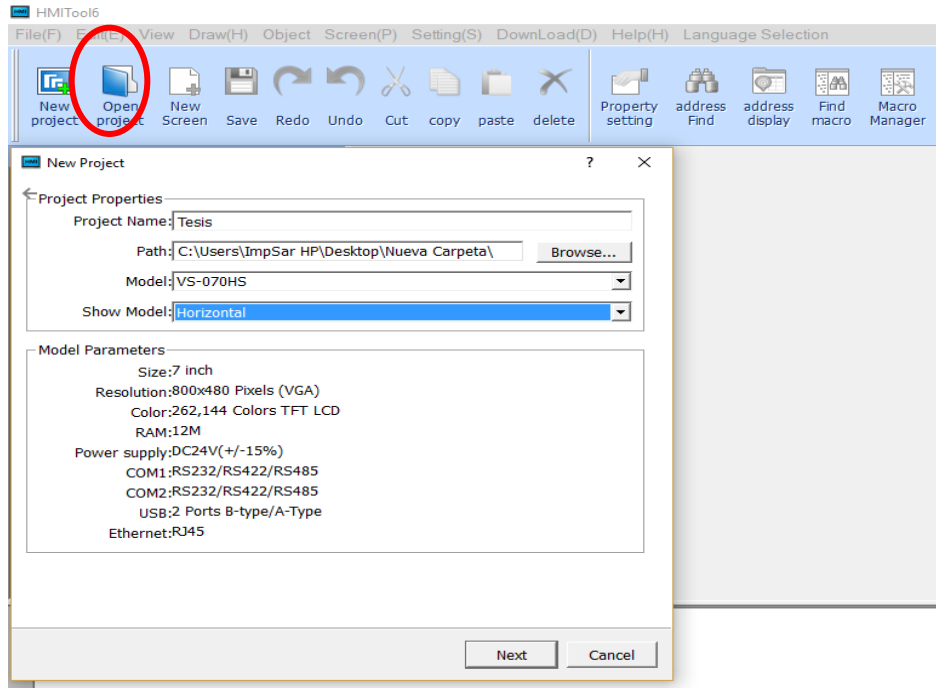


Figura 4. 42: Paso 12

Paso N° 13

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación modbus RS 485 master- esclavo, para otros equipos dando click en el icono LINK.

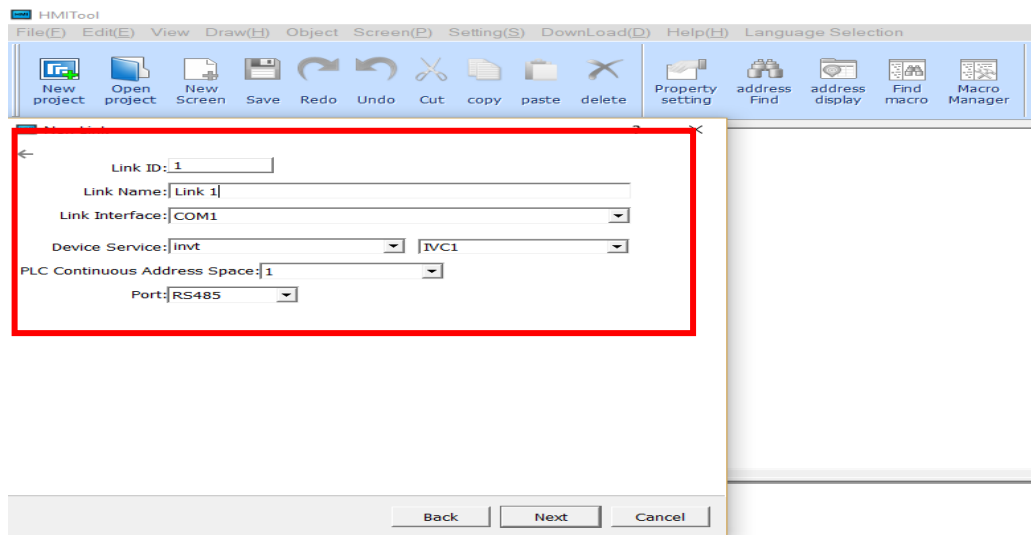


Figura 4. 43: Paso 13

Paso N° 14

En cada uno de los puertos Links se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

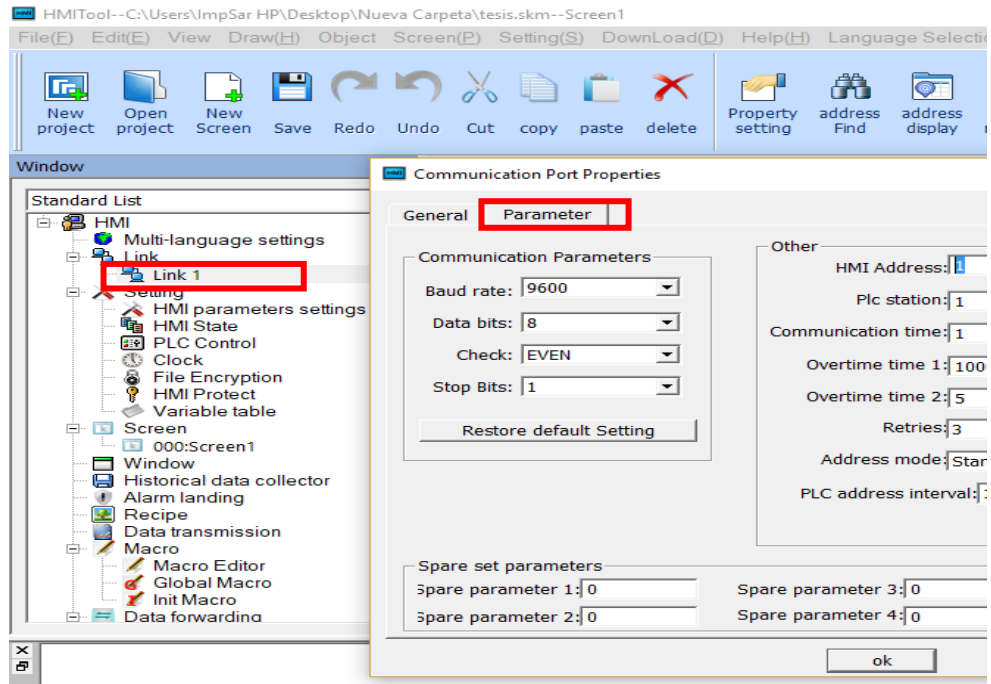


Figura 4. 44: Paso 14

Paso N° 15

Se diseña la pantalla de acuerdo a los elementos de control en el panel principal del software HMI Tools.

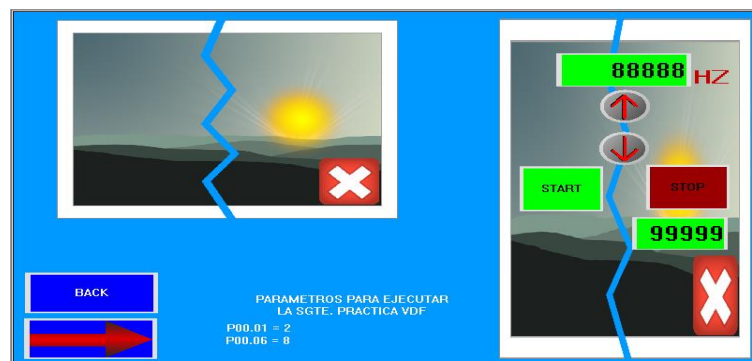


Figura 4. 45: Paso 15

Paso N° 17

Realizado la programación de la pantalla HMI, se compila para descartar cualquier error.

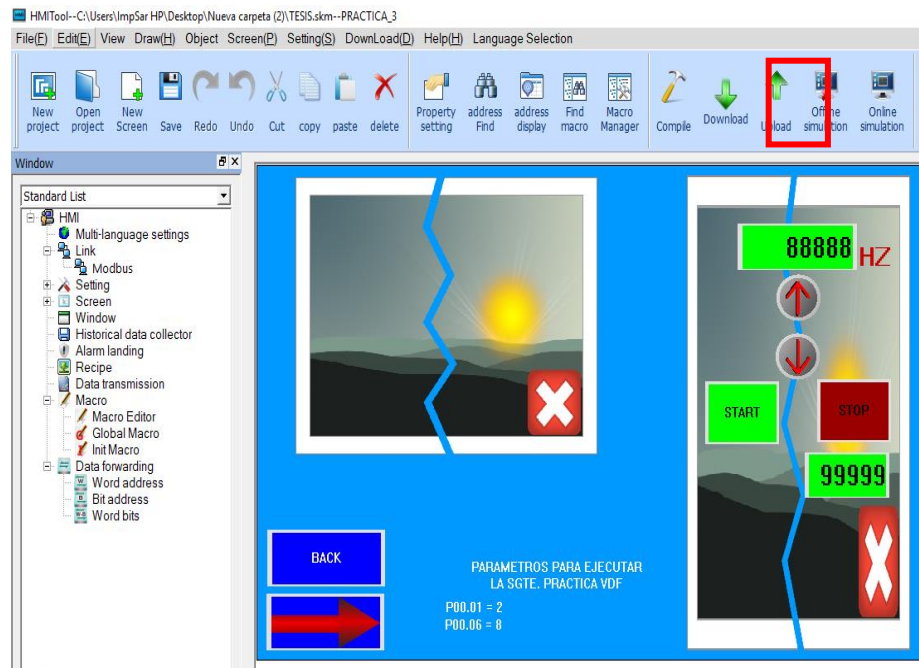


Figura 4. 46: Paso 17

Paso N° 18

Utilizando un cable usb – serial DB9, se carga el programa desde la aplicación hacia el HMI físico dando click en el icono DOWNLOAD.

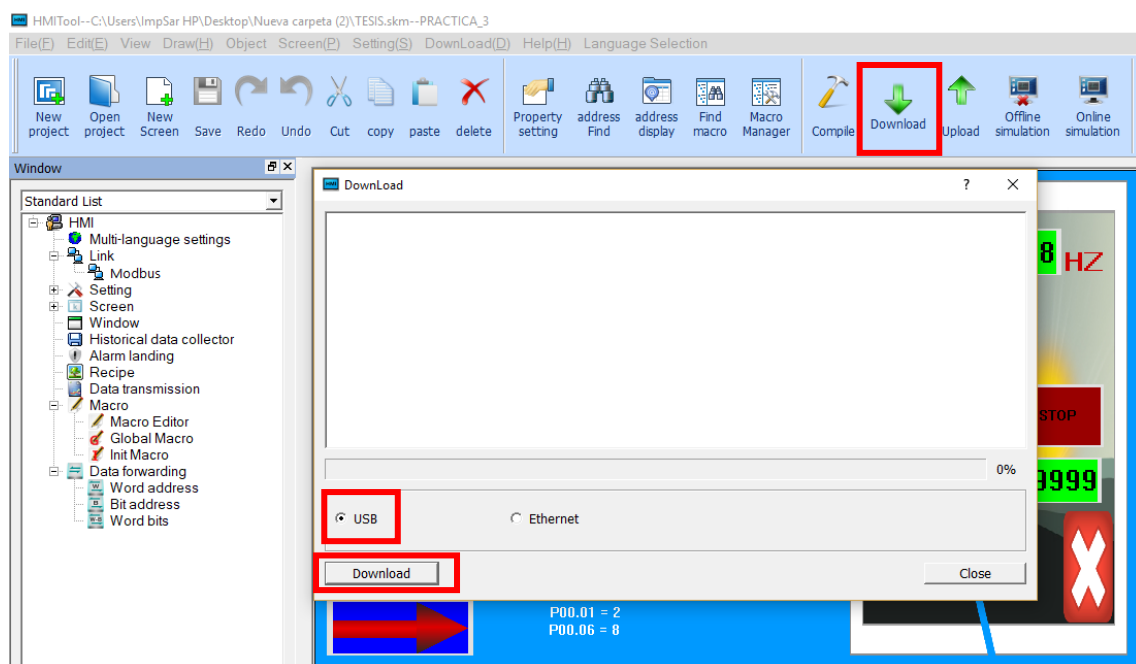


Figura 4. 47: Paso 18

5. Resultados obtenidos.

Se pudo apreciar una vez iniciada la práctica que mediante el master HMI se puede controlar al esclavo, la velocidad, el encendido y el apagado del variador de frecuencia.

A medida que se da un pulso sobre el icono UP o DOWN en la pantalla HMI, la frecuencia varía y esto se puede apreciar en el display del variador de velocidad y en la pantalla HMI.

ACELERACIÓN	
Tiempo (segundos)	Frecuencia (HZ)
0	0
1	6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	36
7	42
8	48
9	54
10	60
11	60
12	60
13	60
14	18
15	60
16	48
17	54
18	30
19	34
20	49
21	52
22	57
23	60
24	60

Tabla 4: Aceleración

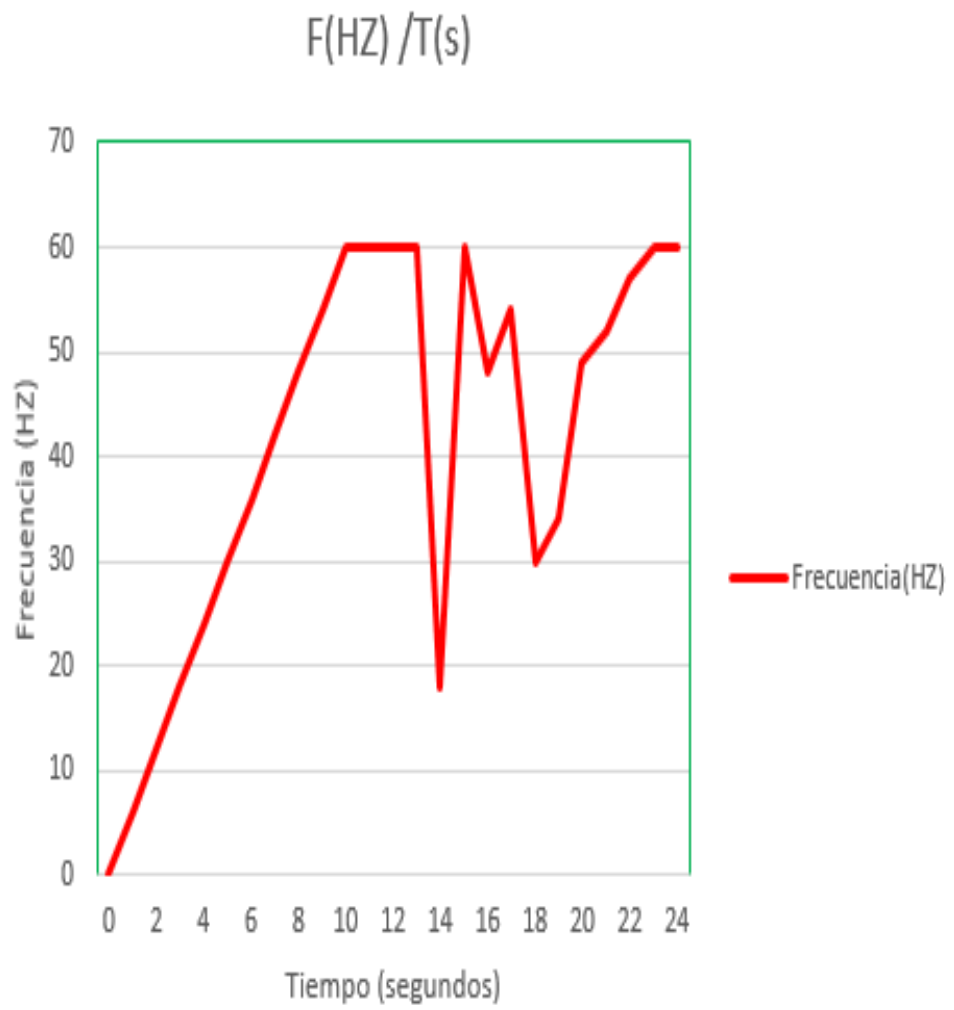


Figura 4. 48: Aceleración

DESACELERACIÓN	
Tiempo (segundos)	Frecuencia (HZ)
0	60
1	54
2	48
3	42
4	36
5	30
6	24
7	18

8	12
9	6
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	49
17	52
18	57
19	60
20	60
21	48
22	38
23	28
24	28

Tabla 5: Desaceleración

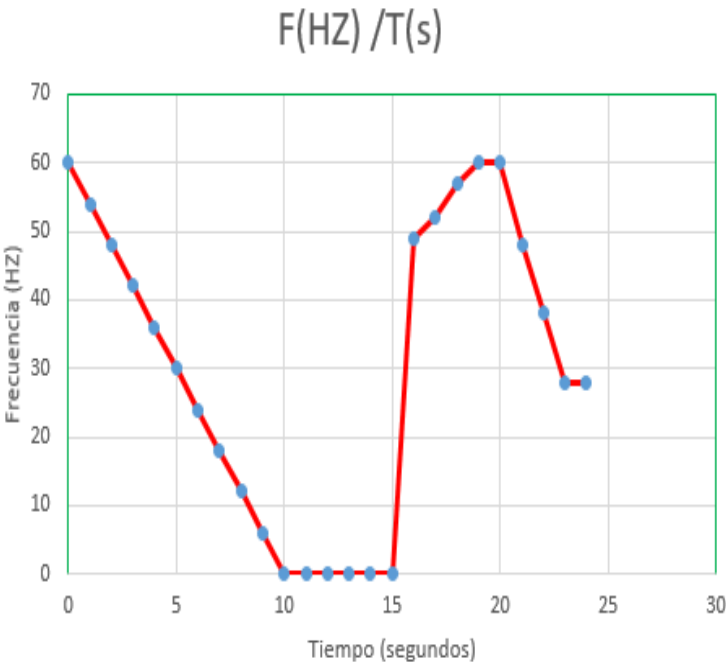




Figura 4. 49: Desaceleración

6. Conclusiones.

- Se concluyó que para establecer la comunicación modbus RS485 entre los equipos, la velocidad de comunicación debe ser la misma, pero con direcciones diferentes.
- Se comprobó durante la programación de la pantalla HMI que las variables del plc deben ser de lectura y de escritura.
- Durante la prueba se concluyó que la comunicación RS 485 puede ser establecida mediante comunicación modbus del plc IVC1 o también mediante direcciones predefinidas del variador de frecuencia.
- Se pudo apreciar durante la programación de la pantalla HMI que para insertar una imagen externa esta debe estar con una extensión PNG.

	GUÍA DE PRÁCTICAS	
DEPARTAMENTO:	TÉCNICO y COMERCIAL	PRACTICA N° 4
NOMBRE PRACTICA:	Marcha, paro, inversión de giro y control de velocidad del servo motor.	

4.4. PRÁCTICA 4

1. Objetivo.

Configurar los parámetros del servo motor y controlar la velocidad.

2. Objetivos específicos.

- Reconocer las principales interconexiones del módulo en la maleta didáctica.
- Programar plc IVC1.
- Programar servodrive DA200.

3. Instrucciones.

- Alimentar la maleta didáctica a 120 VAC.
- Verificar si dispone de todos los elementos necesarios para la práctica.
- Seguir paso a paso la guía de interconexión de los equipos y la respectiva programación.

4. Actividades a desarrollar.

Paso N° 1

Se enciende el variador de frecuencia Goodrive35, con el botón start de color rojo del guarda motor de protección del drive, así mismo check al motor asíncrono para controlar que esté correctamente conectado y configurado de acuerdo al voltaje. Para la programación del plc INVC1 el switch de control debe estar en modo TM y, posteriormente cargado el software, se coloca el switch del plc en modo RUN. Previo inicio de la práctica todas las interconexiones en el panel de control, con el diagrama eléctrico presente son conectadas con los cables plugs.

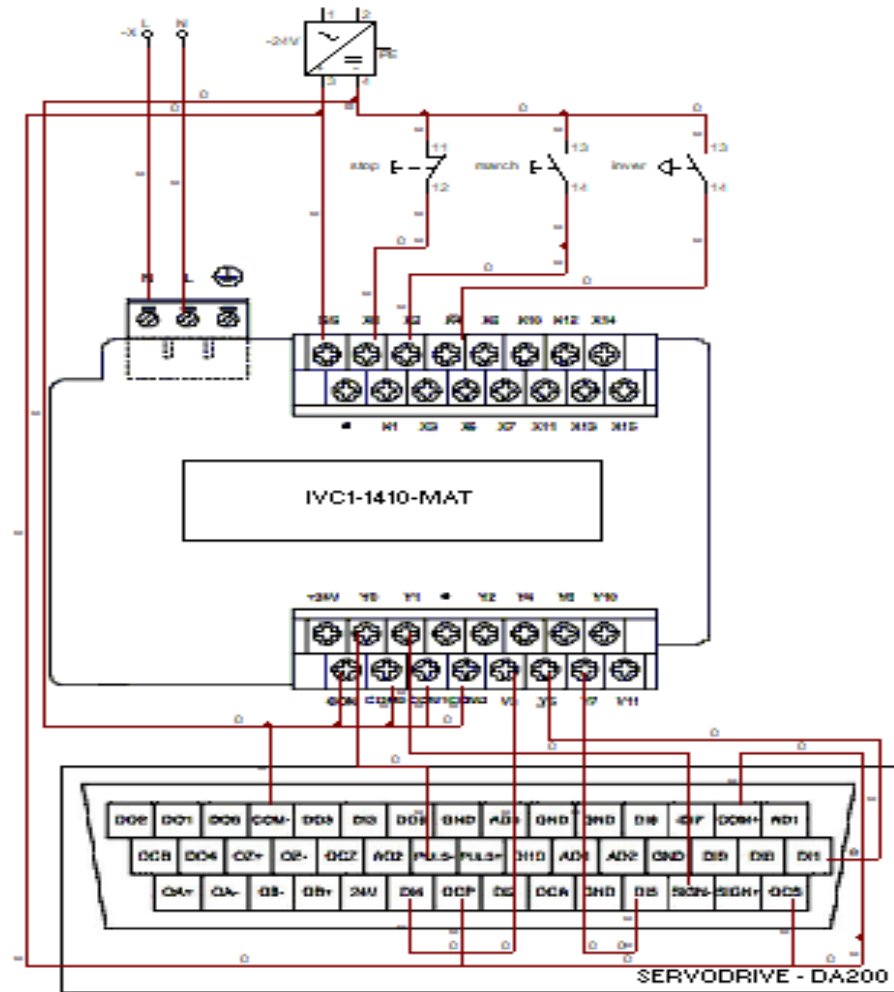


Figura 4. 50: Paso 1

Paso N° 2

Una vez realizado las respectivas conexiones se procede a abrir el software denominado AUTO STATION para programar PLC IVC1.

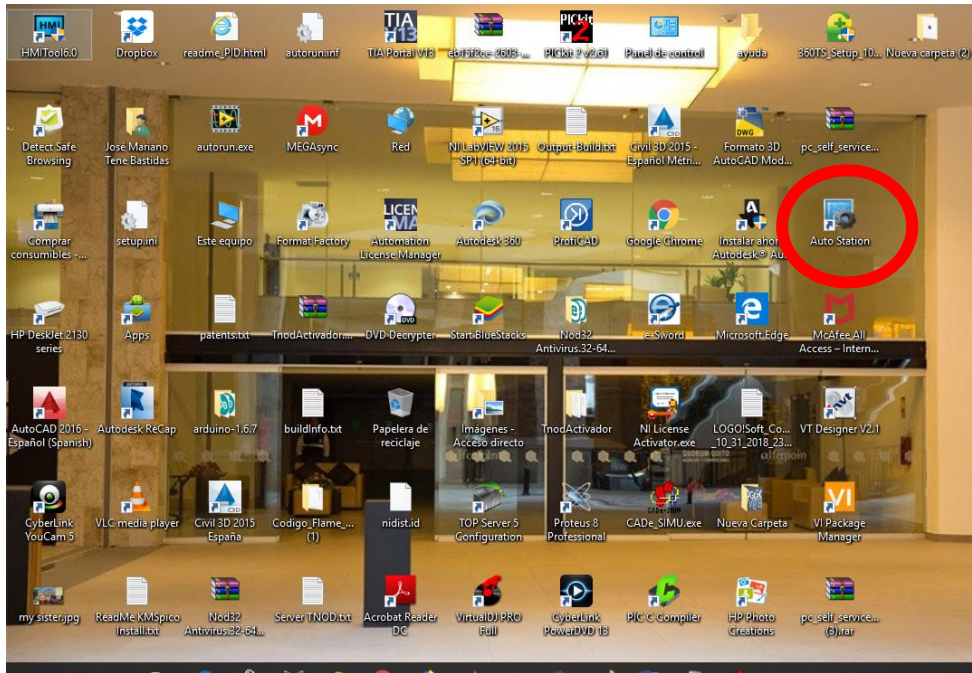


Figura 4. 51: Paso 2

Paso N° 3

Una vez iniciado el software AUTO STATION se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto.

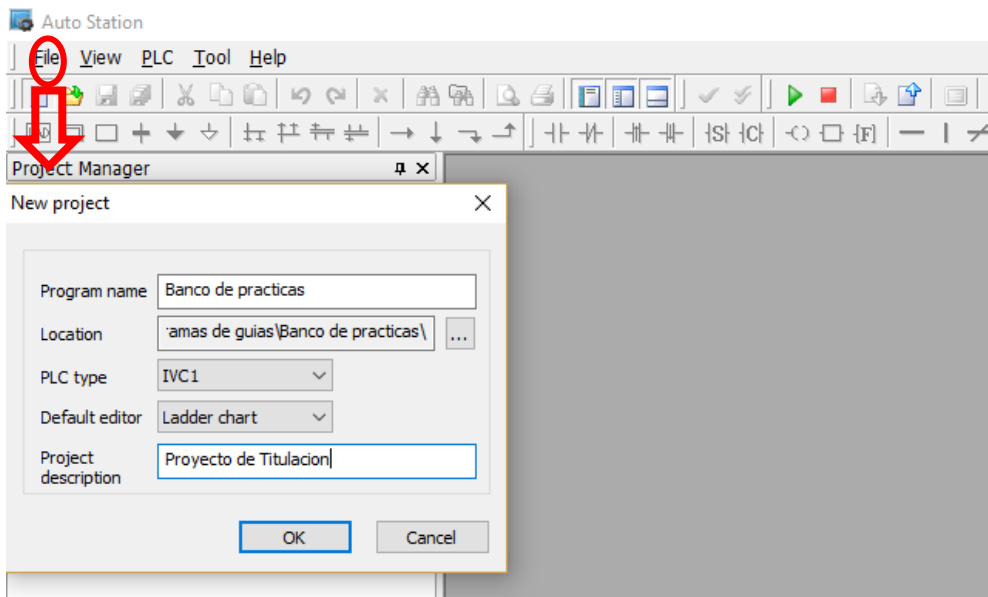


Figura 4. 52: Paso 3

Paso N° 4

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación para otros equipos dando click en System block del árbol de proyecto.

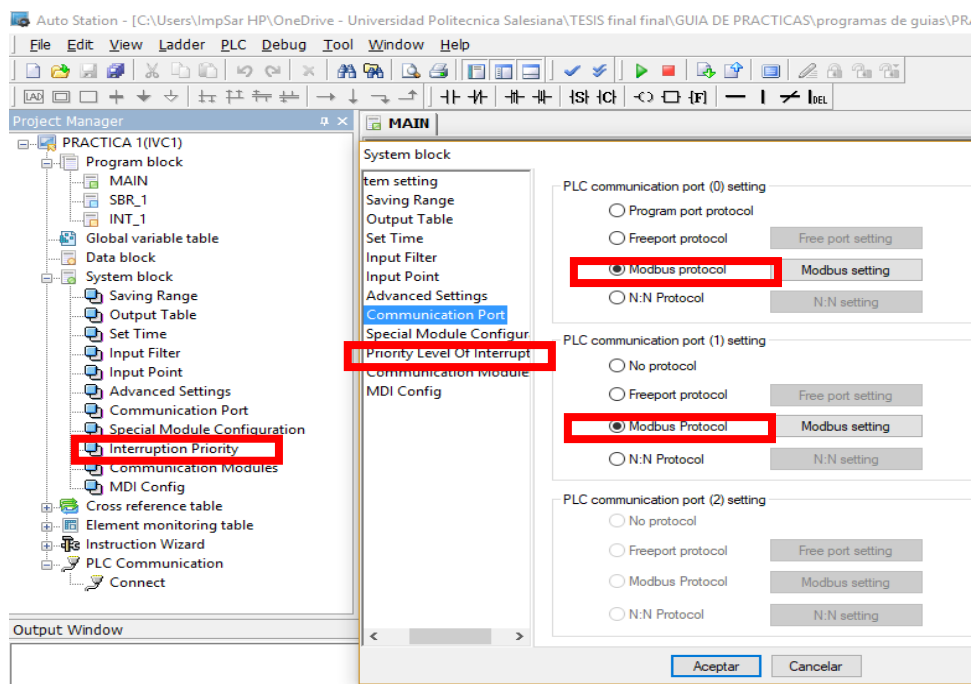


Figura 4. 53: Paso 4

Paso N° 5

En cada uno de los puertos se configura las velocidades de comunicación con otros equipos y así mismo las direcciones.

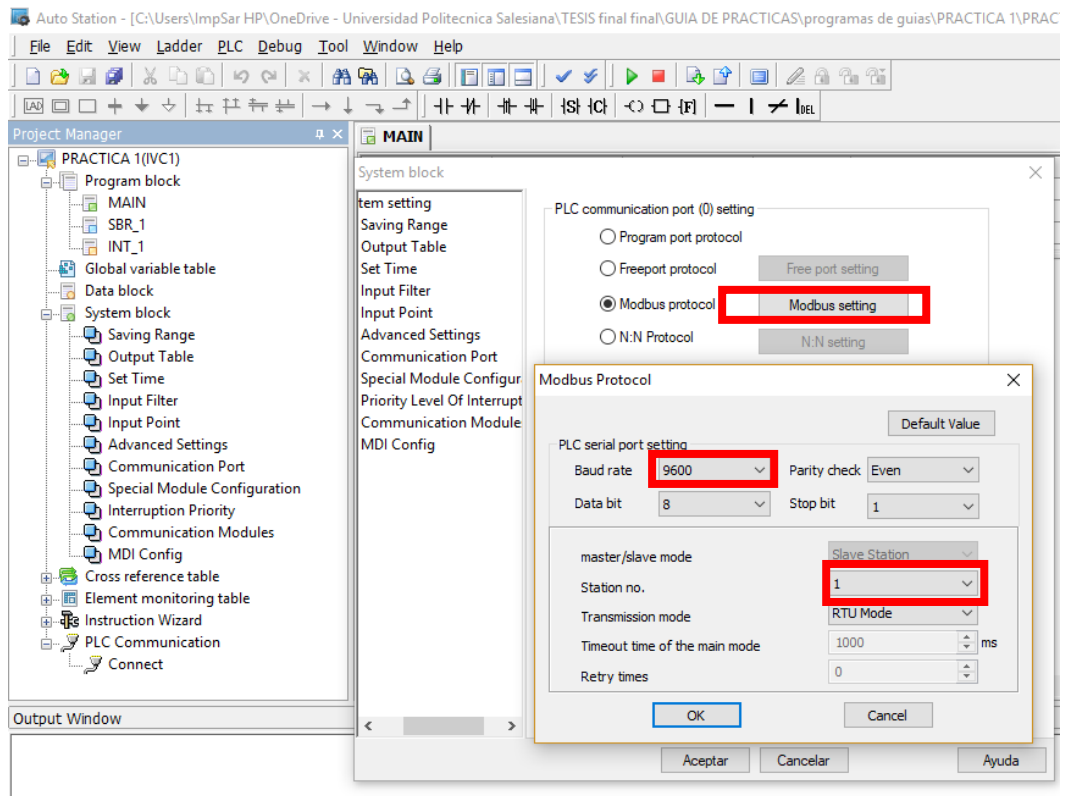


Figura 4. 54: Paso 5

Paso N° 6

Se inicia la programación de la lógica de control en el software AUTO STATION.

Donde X0 es una entrada de contacto normalmente cerrado del pulsador de paro, así mismo X2 es una entrada de contacto normalmente abierto de pulsador de marcha, X4 es un contacto normalmente abierto de selector de dos posiciones, en cada uno tiene dos salidas de transistor rápidas Y0, Y1 y salidas de control Y3, Y4.

Una vez realizado el programa se procede a compilarlos para descartar errores.

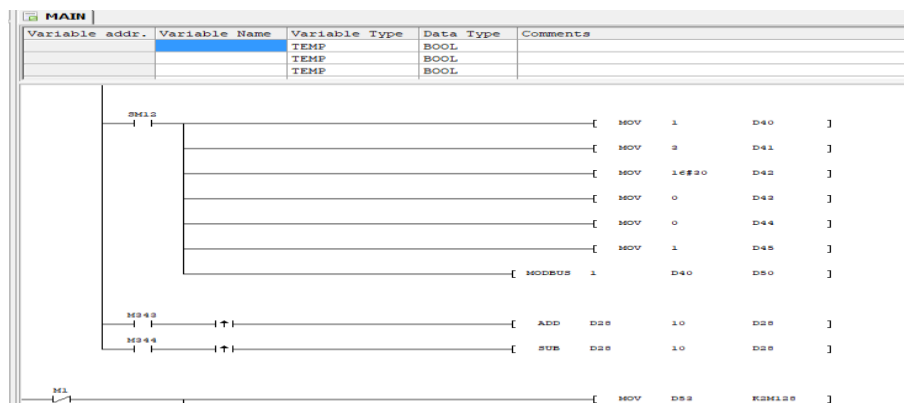


Figura 4. 55: Paso 6

Paso N° 7

Una vez que no presente error la lógica de programación se procede a cargar el programa al plc físico, conectando el cable conector DB8 con salida USB entre la computadora y el PLC.



Figura 4. 56: Paso 7.1

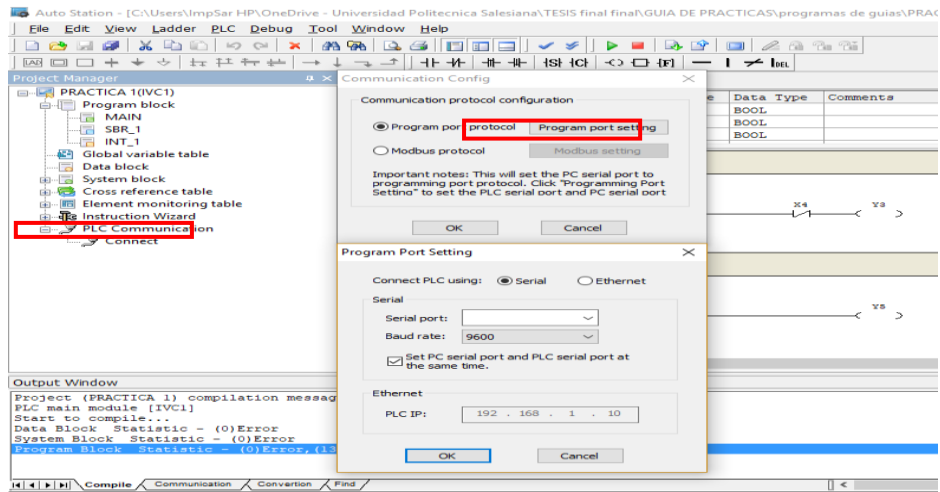


Figura 4. 57: Paso 7.1

Se procede a cargar el programa al plc físico, dando click en el icono Download.

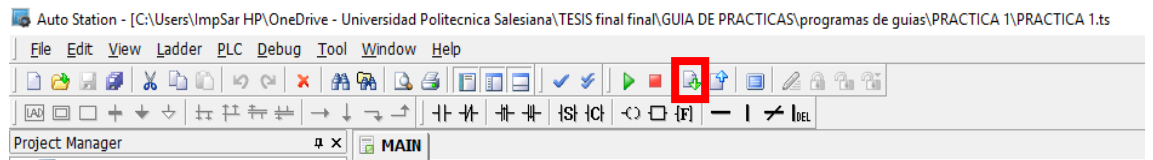


Figura 4. 58: Paso 7.2

Paso N° 8

Para configurar el servo motor se procede a utilizar un software denominado SERVO PLOLER.



Figura 4. 59: Paso 8

Paso N° 9

Iniciado la sesión en el software SERVO PLOLER se establece la comunicación entre la aplicación y el servodrive , e ingresa los datos de la placa de servomotor.

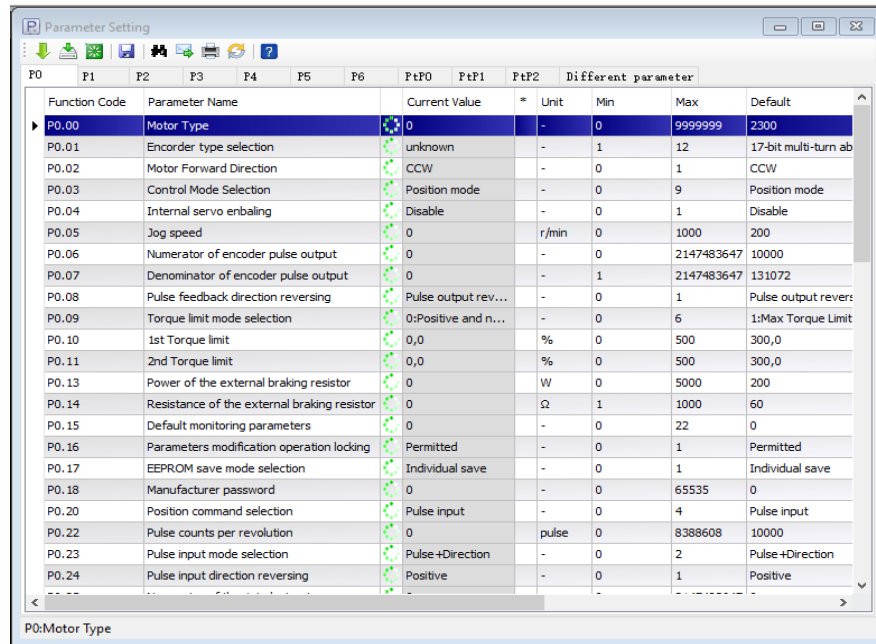


Figura 4. 60: Paso 9

Paso N° 10

Mediante el software se configura los parámetros para control de velocidad, las modificaciones se guarda en la memoria eeprom del drive.

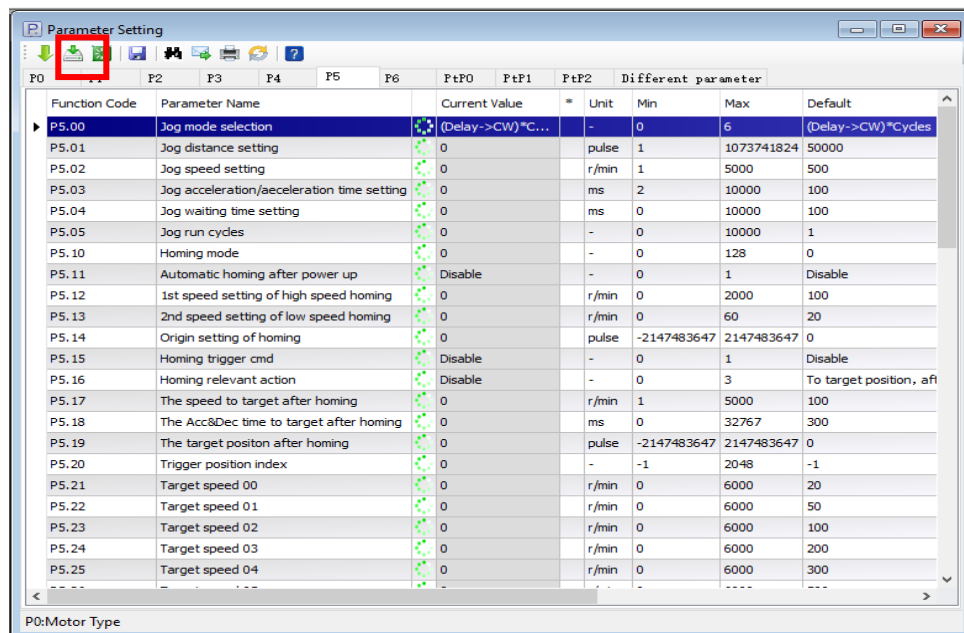


Figura 4. 61: Paso 10

P0.03 = 1 Select mode Speed control
P0.40 = 1 Select speed channel with analog 1 (AD1); **P0.40 = 0**: Speed selective speed (r / min) / V.
P1.02 = 0 Mechanical inertia factor

P1.02	=	Mechanical inertia of load / mechanical inertia of motor shaft
P2.00	=	1000 Speed gain factor (KS)
P2.01	=	100 Time Integral speed (Ti)
P3.00	=	00010 ZRS foot switch (ON: Start; OFF: Stop)
P3.20	=	0.00 V Offset AD1 channel



5. Resultados obtenidos.

Se pudo apreciar, una vez iniciada la práctica, que al presionar el pulsador START se da inicio al giro del eje del servomotor.

El eje del servomotor gira a una velocidad configurada mediante la variable interna análoga del PLC, luego para cambiar el sentido de giro se hace el uso de selector externo.

6. Conclusiones.

- Durante la configuración del servomotor, se pudo comprobar que una vez establecida la comunicación entre la aplicación y el servo drive, los parámetros del servomotor se configuran automáticamente.
- Se pudo apreciar durante la práctica que el tiempo de aceleración y desaceleración del servomotor puede ser configurado y comprobado.
- Durante la programación y pruebas del servomotor se pudo definir que las entradas y salidas digitales que no se utilizan se programan como entradas y salidas omitidas LOW OFF.

	GUÍA DE PRÁCTICAS	
DEPARTAMENTO:	TÉCNICO y COMERCIAL	PRACTICA N° 5
NOMBRE PRACTICA:	Marcha, paro y control de velocidad del servo motor DA200 mediante control externo con potenciómetro.	

4.5 PRÁCTICA 5

1. Objetivo.

Configurar, los parámetros del servo motor y control de velocidad modo externo.

2. Objetivos específicos.

- Reconocer las principales interconexiones del módulo para control servo motor.
- Programar plc IVC1.
- Programar servodrive DA200.

3. Instrucciones.

- Alimentar la maleta didáctica a 120 VAC.
- Verificar si dispone de todos los elementos necesarios para la práctica.
- Seguir paso a paso la guía de interconexión de los equipos y la respectiva programación.

4. Actividades a desarrollar.

Paso N° 1

Se enciende el variador de frecuencia Goodrive35, con el botón start de color rojo del guarda motor de protección del drive, así mismo check al motor asíncrono para controlar que esté correctamente conectado y configurado de acuerdo al voltaje. Para la programación del plc INVC1 el switch de control debe estar en modo TM y, posteriormente cargado el software, se coloca el switch del plc en modo RUN. Previo inicio de la práctica todas las interconexiones en el panel de control, con el diagrama eléctrico presente son conectados con los cables plugs.

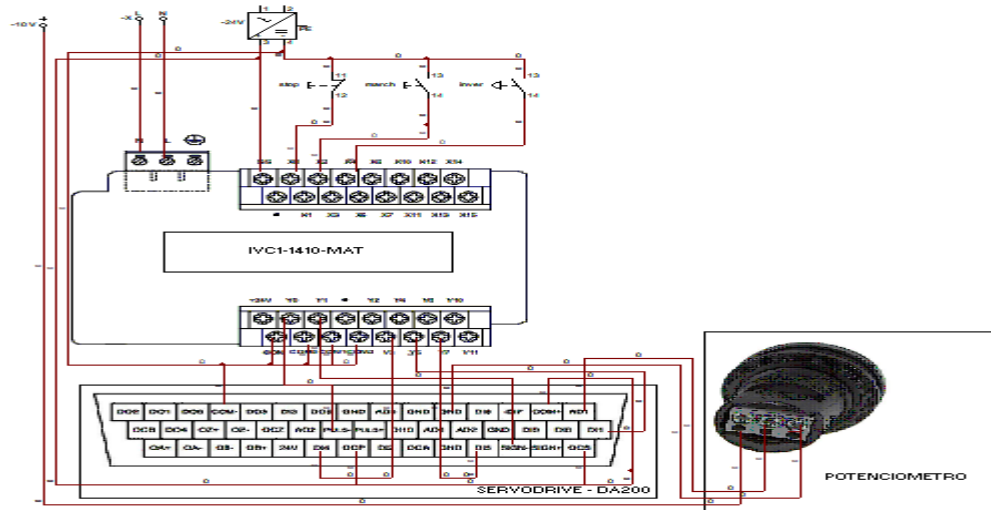


Figura 4. 62: Paso 1

Paso N° 2

Una vez realizado las respectivas conexiones se procede a abrir el software denominado AUTO STATION para programar PLC IVC1.

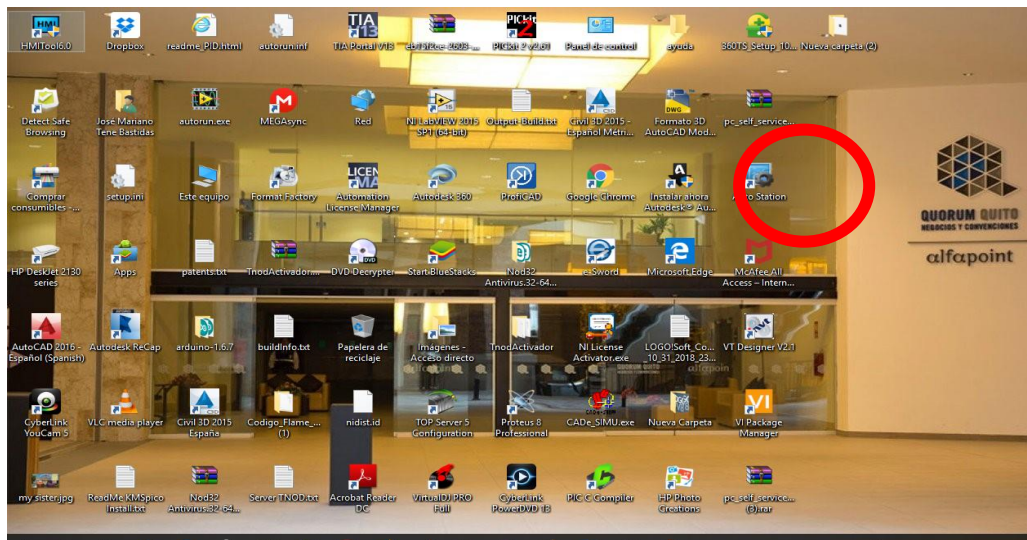


Figura 4. 63: Paso 2

Paso N° 3

Una vez iniciado el software AUTO STATION se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto.

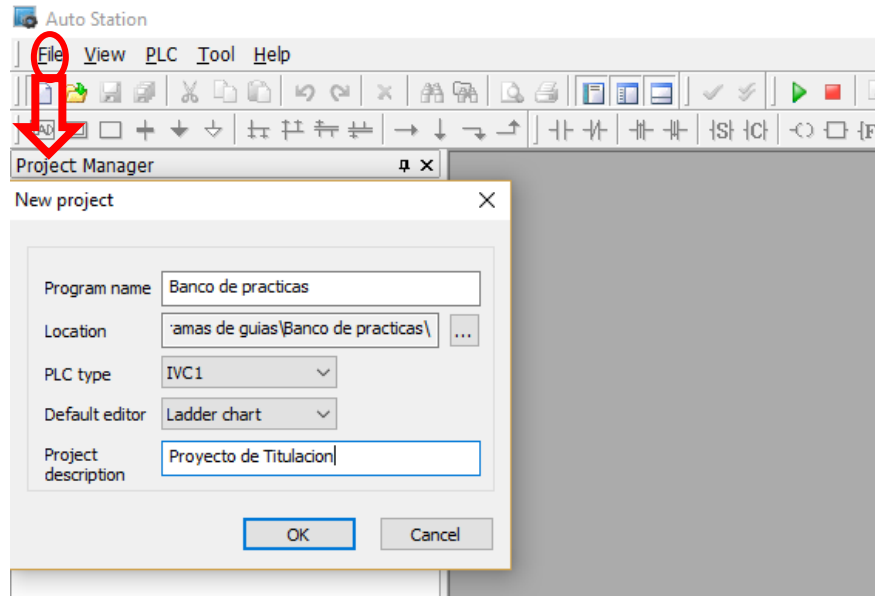


Figura 4. 64: Paso 3

Paso N° 4

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación para otros equipos dando click en System block del árbol de proyecto.

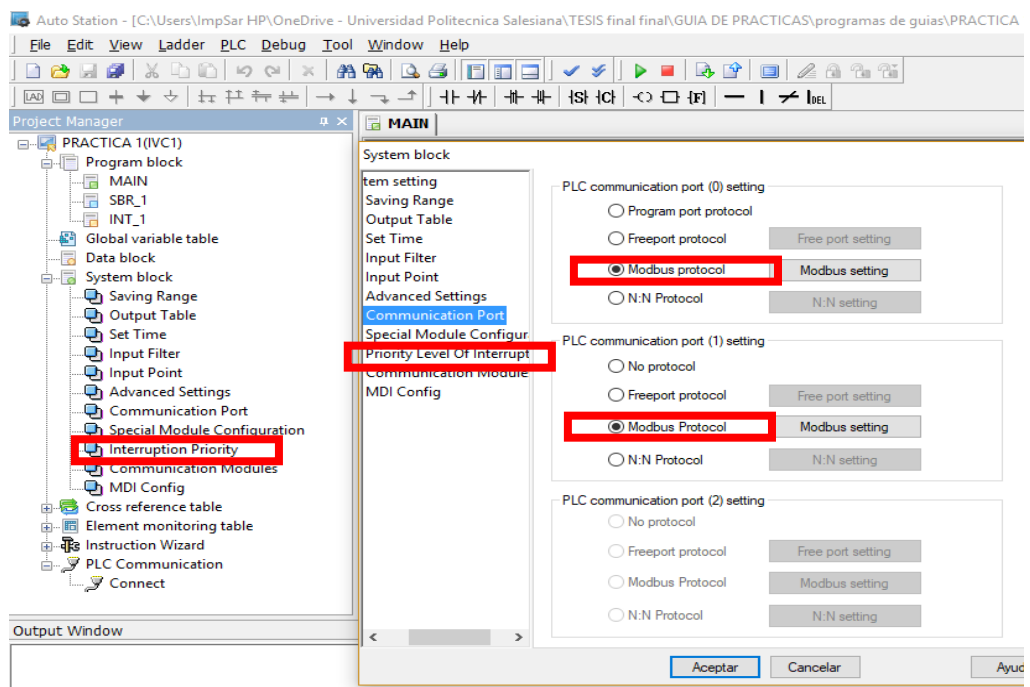


Figura 4. 65: Paso 4

Paso N° 5

En cada uno de los puertos se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

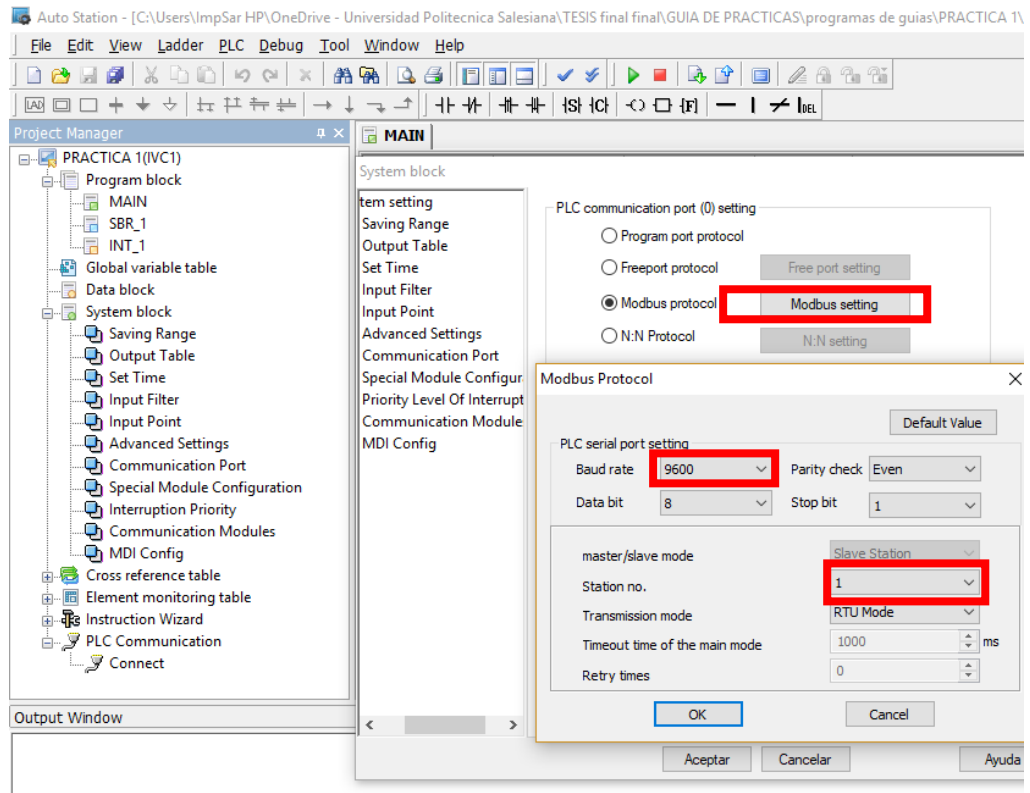


Figura 4. 66: paso 5

Paso N° 6

Se inicia la programación de la lógica de control en el software AUTO STATION.

Donde X0 es una entrada de contacto normalmente cerrado del pulsador de paro, así mismo X2 es una entrada de contacto normalmente abierto de pulsador de marcha, X4 es un contacto normalmente abierto de selector de dos posiciones, en cada uno tiene dos salidas de transistor rápidas Y0, Y1 y salidas de control Y3, Y4.

Una vez realizado el programa se procede a compilarlos para descartar errores.

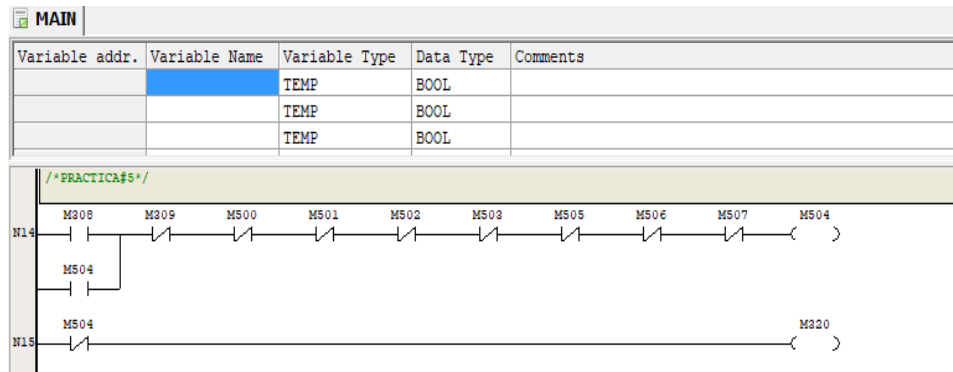


Figura 4. 67: Paso 6

Paso N° 7

Una vez que no presente error la lógica de programación se procede a cargar el programa al plc físico, conectando el cable conector DB8 con salida USB entre la computadora y el PLC.



Figura 4. 68: Paso 7

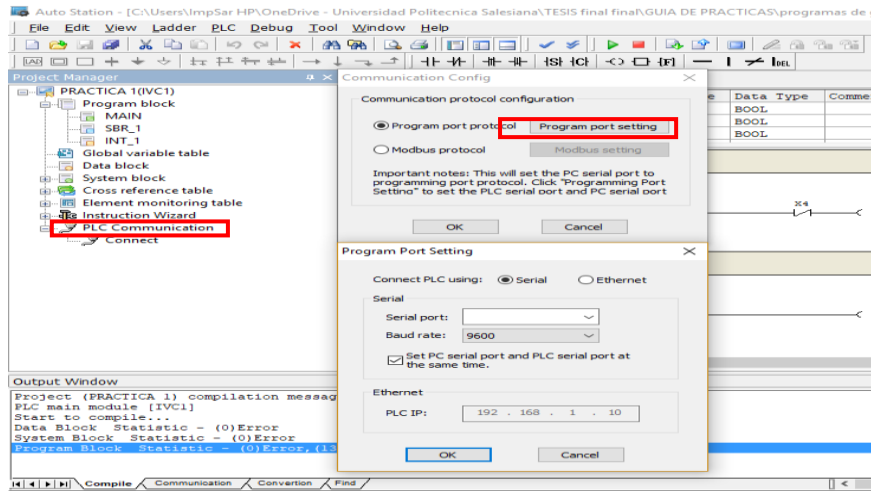


Figura 4. 69: paso 7.1

Se procede a cargar el programa al plc físico, dando click en el icono Download.

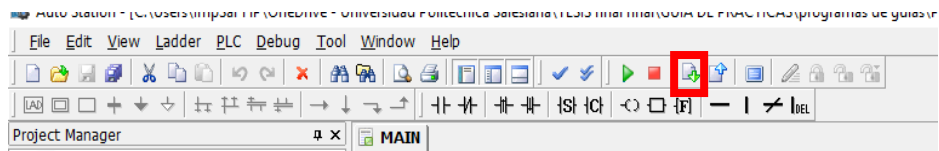


Figura 4. 70: Paso 7.2

Paso N° 8

Para configurar el servo motor se procede a utilizar un software denominado SERVO PLOLER.



Figura 4. 71: Paso 8

Paso N° 9

Iniciado sesión del software SERVO PLOLER, se configura los datos de la placa de servomotor.

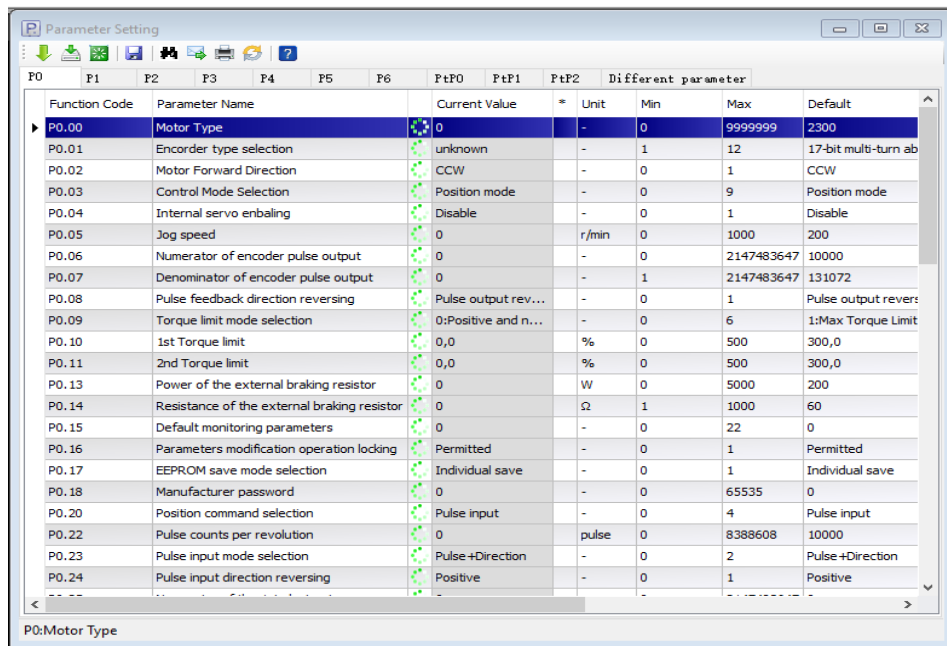


Figura 4. 72: Paso 8

Paso N° 10

Se configura los parámetros para control de velocidad, mediante software, luego se carga los mismos y se guarda en la memoria eeprom del drive.

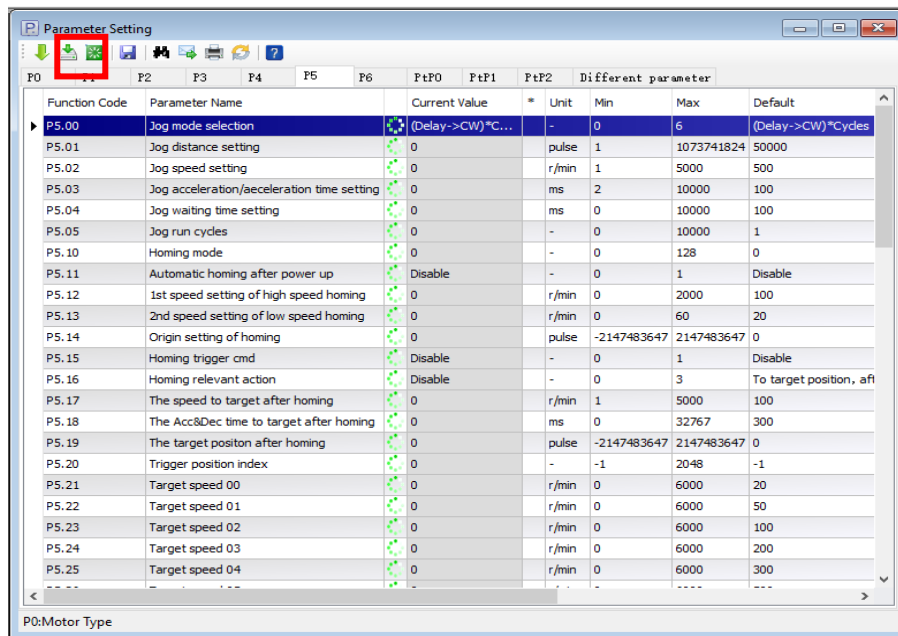


Figura 4. 73: Paso 9

P0.03 = 1 Select mode Speed control
P0.40 = 1 Select speed channel with analog 1 (AD1); **P0.40 = 0:** Speed selective speed (r / min) / V.
P1.02 = 0 Mechanical inertia factor
P1.02 = Mechanical inertia of load / mechanical inertia of motor shaft
P2.00 = 1000 Speed gain factor (KS)
P2.01 = 100 Time Integral speed (Ti)
P3.00 = 00010 ZRS foot switch (ON: Start; OFF: Stop)
P3.20 = 0.00 V Offset AD1 channel

Paso N° 11

Se configura los siguientes parámetros para el control de velocidad y modo de control mediante potenciómetro externo.

Una vez configurado se realiza la carga al servodrive y se guarda en la memoria eeprom del equipo.

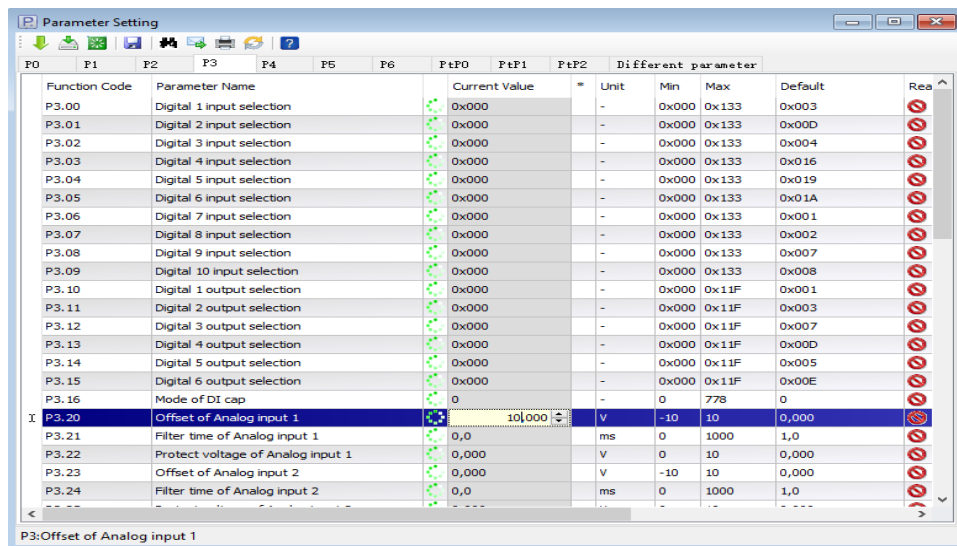


Figura 4. 74: Paso 11

P0.031 Mode selection en 1.

P0.40 Speed command selection en 1.

P0.42 Analog input 1 gain en 500.

P3.20 Analog speed command offset

5. Resultados obtenidos.

Se puede apreciar, una vez dado marcha, que al presionar el pulsador de inicio el servomotor gira a la velocidad configurada en un sentido de giro, luego, con el cambio de posición del selector, el servo motor gira con la misma velocidad configurada pero en sentido contrario. La velocidad se puede controlar mediante potenciómetro externo.

6. Conclusiones.

- Durante la práctica se concluyó que la diferencia de parámetros ingresados para el servo DA200 respecto al control externo, se refleja en el comportamiento del servomotor en los parámetros de velocidad y sentido de giro.
- Se comprobó la eficacia del funcionamiento de este servo motor con el servo drive DA200, en la práctica realizada se alcanzó un alto índice de efectividad y no se presentaron mayores errores.
- Se concluyó que la maleta didáctica pudo funcionar de manera correcta tanto con alimentación monofásica como trifásica, esto se realizó cambiando la configuración de alimentación antes de realizar la conexión de suministro eléctrico.

	GUÍA DE PRÁCTICAS	
DEPARTAMENTO:	TÉCNICO y COMERCIAL	PRACTICA N° 6
NOMBRE PRACTICA:	Marcha, paro control de velocidad del servo motor DA200 mediante comunicación Modbus RTU master HMI.	

4.6 PRÁCTICA 6

1. Objetivo.

Configurar los parámetros del servo motor y control mediante comunicación RS-485 Modbus RTU.

2. Objetivos específicos.

- Reconocer las principales interconexiones del módulo para control del servo motor.
- Programar el plc IVC1.
- Programar servodrive DA200 para establecer comunicación.

3. Instrucciones.

- Alimentar la maleta didáctica a 120 VAC.
- Verificar si dispone de todos los elementos necesarios para la práctica.
- Seguir paso a paso la guía de interconexión de los equipos y la respectiva programación.

4. Actividades a desarrollar.

Paso N° 1

Se verifica que todos los equipos a utilizar estén encendidos correctamente sin presentar ningún error o falla. Se enciende el variador de frecuencia Goodrive35, dando start al botón color rojo del guarda motor de protección del drive, así mismo check al motor asíncrono para controlar que esté correctamente conectado y configurado de acuerdo al voltaje. Para la programación del plc INVC1 el switch de control debe estar en modo TM y, posteriormente cargado el software, se coloca el

switch del plc en modo RUN. Previo inicio de la práctica revisamos todas las interconexiones en el panel de control, debe estar conforme al diagrama presente.

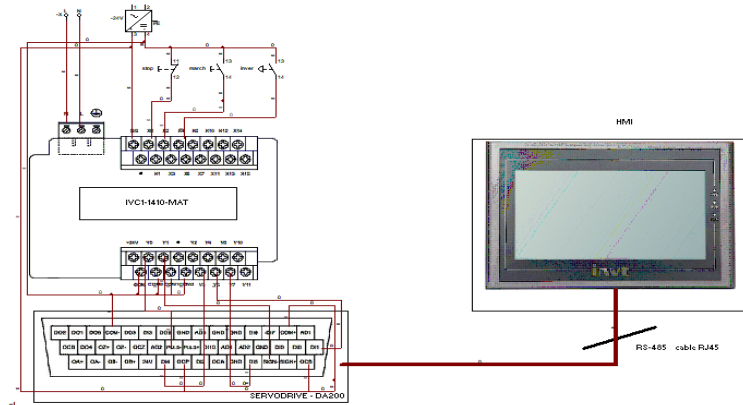


Figura 4. 75: Paso 1

Paso N° 2

Una vez realizado las respectivas conexiones se procede a abrir el software denominado AUTO STATION para programar PLC IVC1.

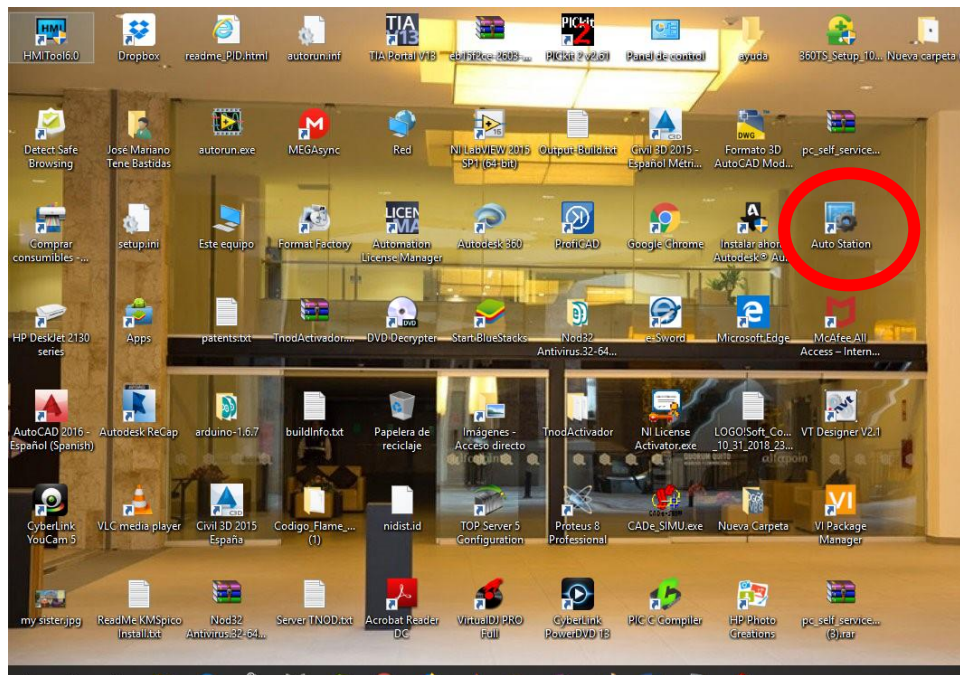


Figura 4. 76: Paso 2

Paso N° 3

Una vez iniciado el software AUTO STATION se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto.

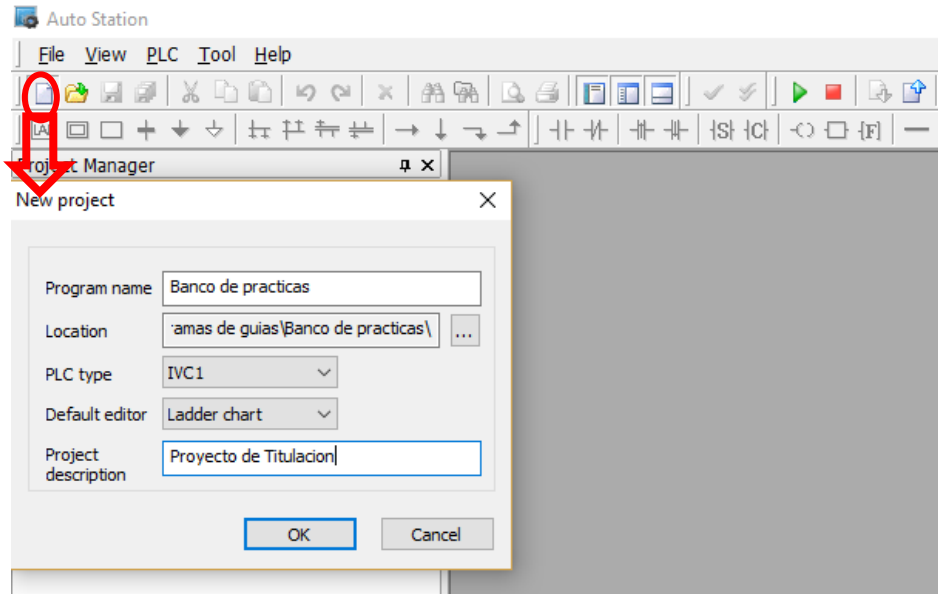


Figura 4. 77: Paso 3

Paso N° 4

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación para otros equipos dando click en System block del árbol de proyecto.

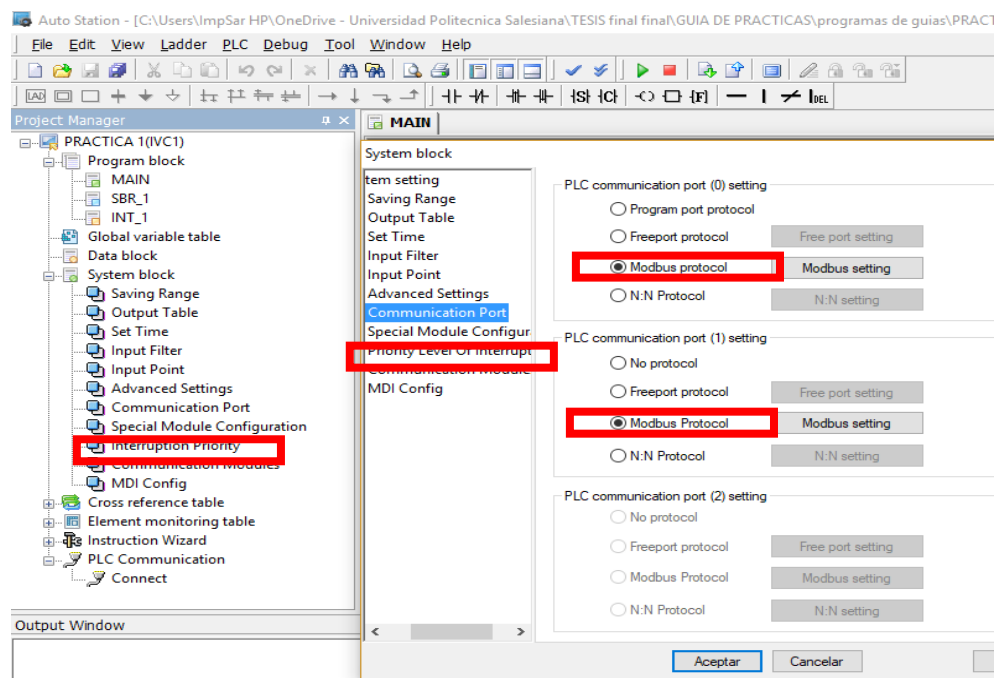


Figura 4. 78: paso 4

Paso N° 5

En cada uno de los puertos se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

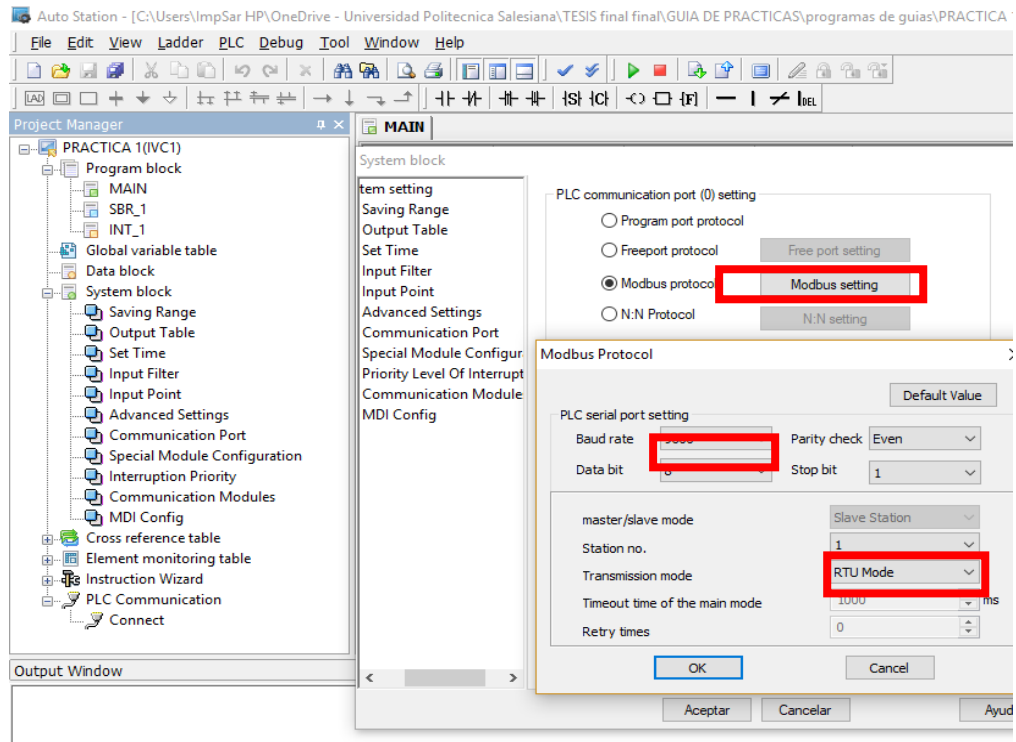


Figura 4. 79: paso 5

Paso N° 6

Se inicia la programación de la lógica de control en el software AUTO STATION.

Donde X0 es una entrada de contacto normalmente cerrado del pulsador de paro, así mismo X2 es una entrada de contacto normalmente abierto de pulsador de marcha, X4 es un contacto normalmente abierto de selector de dos posiciones, en cada uno tiene dos salidas de transistor rápidas Y0, Y1 y salidas de control Y3, Y4.

Una vez realizado el programa se procede a compilarlos para descartar errores.

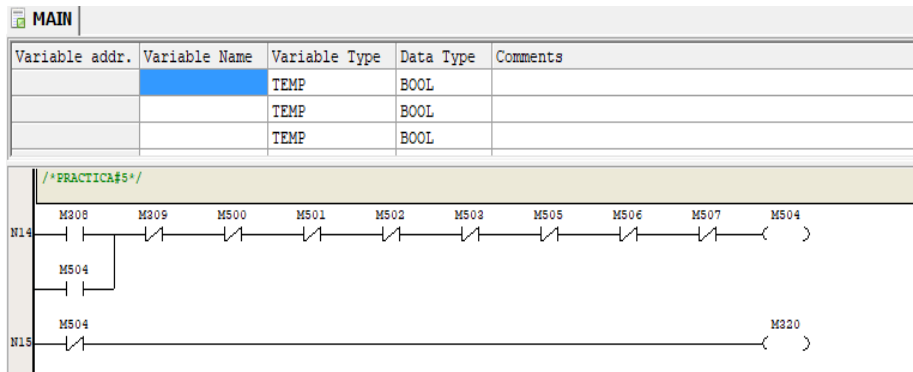


Figura 4. 80: paso 6

Paso N° 7

Una vez que no presente error la lógica de programación se procede a cargar el programa al plc físico, conectando el cable conector DB8 con salida USB entre la computadora y el PLC.



Figura 4. 81: Paso 7

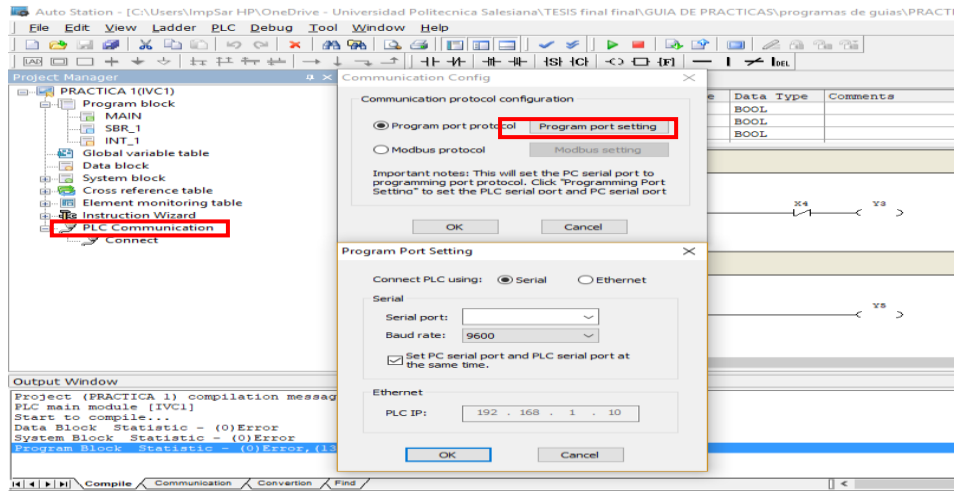


Figura 4. 82: Paso 7.1

Se procede a cargar el programa al plc físico, dando click en el icono Download.

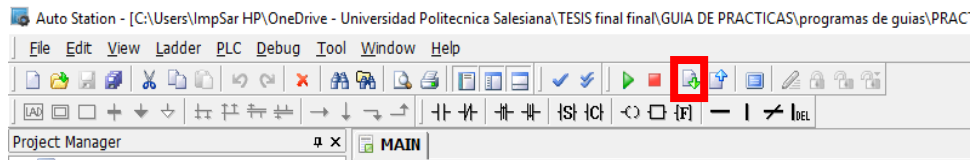


Figura 4. 83: Paso 7.2

Paso N° 8

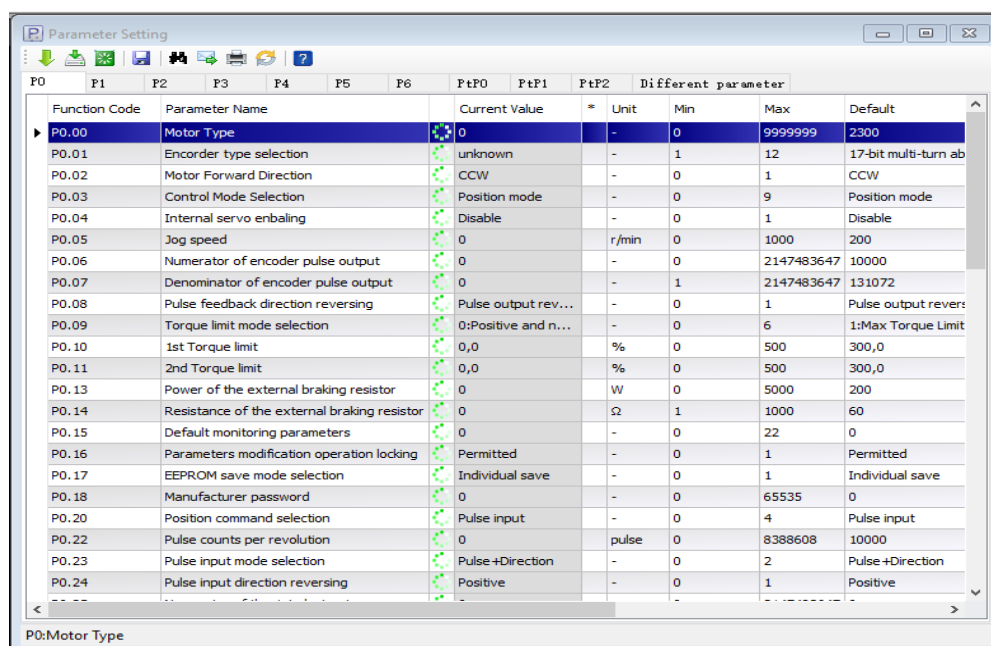
Para configurar el servo motor se procede a utilizar un software denominado SERVO PLOLER.



Figura 4. 84: Paso 8

Paso N° 9

Iniciado sesión del software se procede a configurar los datos de la placa de servomotor.



Function Code	Parameter Name	Current Value	*	Unit	Min	Max	Default
P0.00	Motor Type	0		-	0	9999999	2300
P0.01	Encoder type selection	unknown		-	1	12	17-bit multi-turn ab
P0.02	Motor Forward Direction	CCW		-	0	1	CCW
P0.03	Control Mode Selection	Position mode		-	0	9	Position mode
P0.04	Internal servo enabling	Disable		-	0	1	Disable
P0.05	Jog speed	0		r/min	0	1000	200
P0.06	Numerator of encoder pulse output	0		-	0	2147483647	10000
P0.07	Denominator of encoder pulse output	0		-	1	2147483647	131072
P0.08	Pulse feedback direction reversing	Pulse output rev...		-	0	1	Pulse output rever:
P0.09	Torque limit mode selection	0:Positive and n...		-	0	6	1:Max Torque Limit
P0.10	1st Torque limit	0,0		%	0	500	300,0
P0.11	2nd Torque limit	0,0		%	0	500	300,0
P0.13	Power of the external braking resistor	0		W	0	5000	200
P0.14	Resistance of the external braking resistor	0		Ω	1	1000	60
P0.15	Default monitoring parameters	0		-	0	22	0
P0.16	Parameters modification operation locking	Permitted		-	0	1	Permitted
P0.17	EEPROM save mode selection	Individual save		-	0	1	Individual save
P0.18	Manufacturer password	0		-	0	65535	0
P0.20	Position command selection	Pulse input		-	0	4	Pulse input
P0.22	Pulse counts per revolution	0		pulse	0	8388608	10000
P0.23	Pulse input mode selection	Pulse+Direction		-	0	2	Pulse+Direction
P0.24	Pulse input direction reversing	Positive		-	0	1	Positive

Figura 4. 85: Paso 9

Paso N° 10

Mediante el uso del software SERVO PLOERER, se configura los parámetros de comunicación RS 485 y control de velocidad del servomotor, los cambios se guarda en la memoria eeprom del drive.

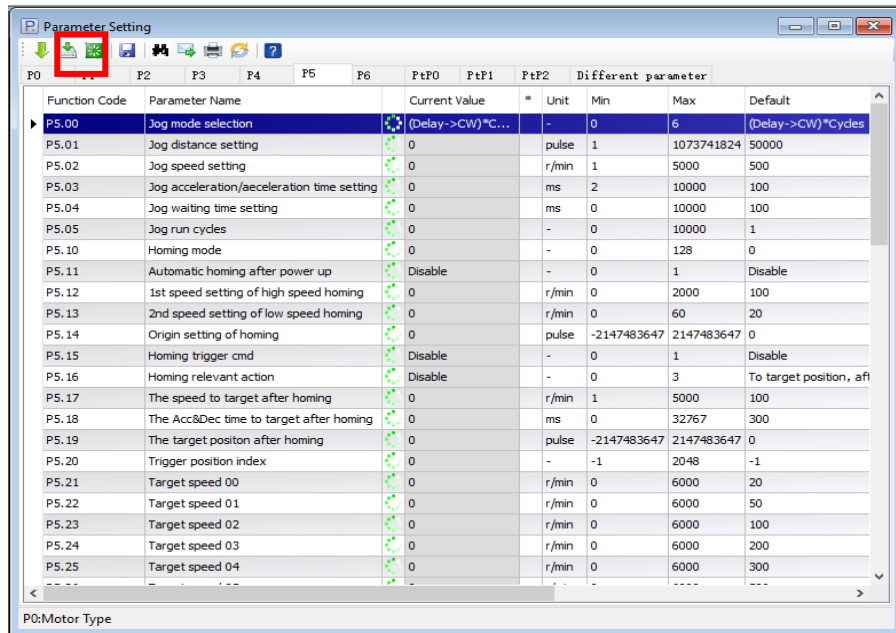


Figura 4. 86: Paso 10

P0.03 = 1 Select mode Speed control
P0.40 = 1 Select speed channel with analog 1 (AD1); **P0.40 = 0**: Speed selective speed (r / min) / V.
P1.02 = 0 Mechanical inertia factor
P1.02 = Mechanical inertia of load / mechanical inertia of motor shaft
P2.00 = 1000 Speed gain factor (KS)
P2.01 = 100 Time Integral speed (Ti)
P3.00 = 00010 ZRS foot switch (ON: Start; OFF: Stop)
P3.20 = 0.00 V Offset AD1 channel

Paso N° 11

Se configura los parámetros para el control de velocidad y el direccionamiento de comunicación RS 485 , mediante el uso del software SERVO PLOPER todos los cambios pertinentes se guardan en la memoria eeprom del equipo servodrive.

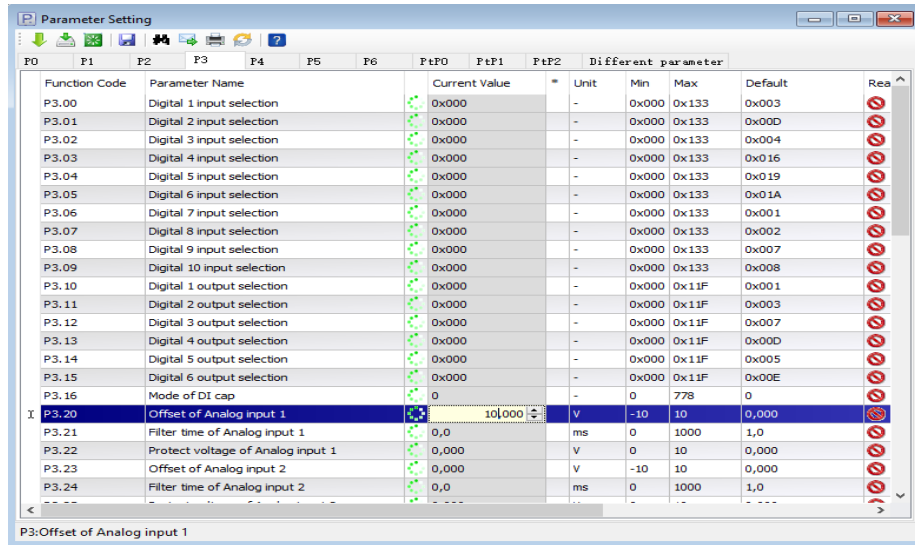


Figura 4. 87: Paso 11

Paso N° 11

Para establecer la comunicación modbus RS 485 ,la dirección modbus se encuentra en el manual técnico , debajo de cada uno de los parámetros, dicha dirección se configura en la pantalla HMI para establecer comunicación.

P0.05	Jog speed(JOG)	Setting range	Default	Unit	Available mode			
		0~1000	200	r/min	P	S	T	F
This parameter can be used to set the jog speed. For jogging, please refer to chapter 5.1.4. During jogging, the ACC/DEC time parameters (P0.54, P0.56, P0.55, and P0.57) are active. The motor will accelerate, decelerate, start and stop according to the settings.								
P0.05	Data size	16bit	Data format	DEC				
	Modbus address	1010,1011	CANopen address	0x2005, 0x00				

Figura 4. 88: Paso 11.1

Paso N° 12

Para la programación de la pantalla HMI, utiliza un software denominado HMITool6.0.

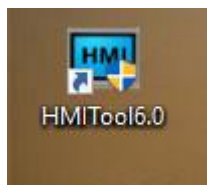


Figura 4. 89: Paso 12

Paso N° 13

Una vez iniciado el software HMITool6.0. , se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto, escogiendo el modelo de la pantalla HMI VS-070HS.

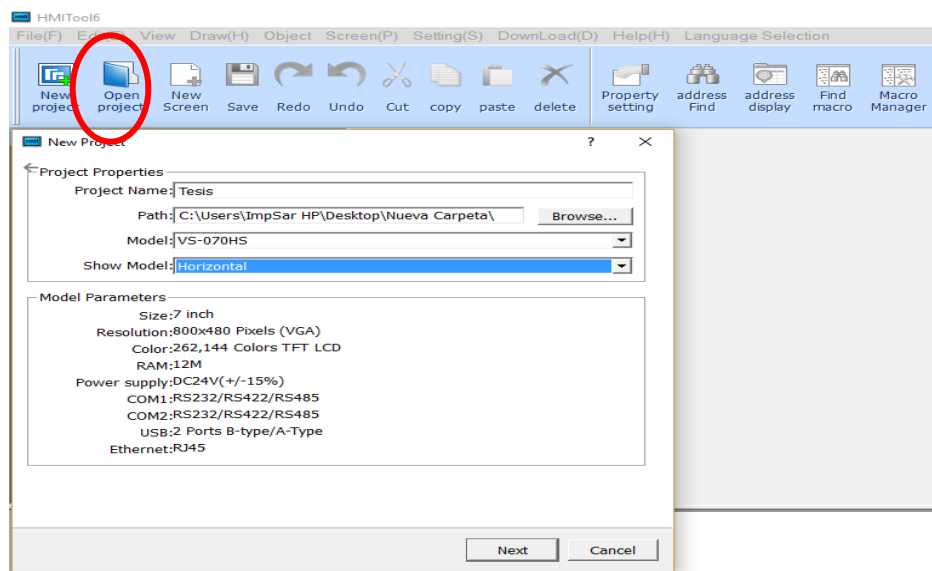


Figura 4. 90: Paso 13

Paso N° 14

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación modbus RS 485 master- esclavo, para otros equipos dando click en el icono LINK.

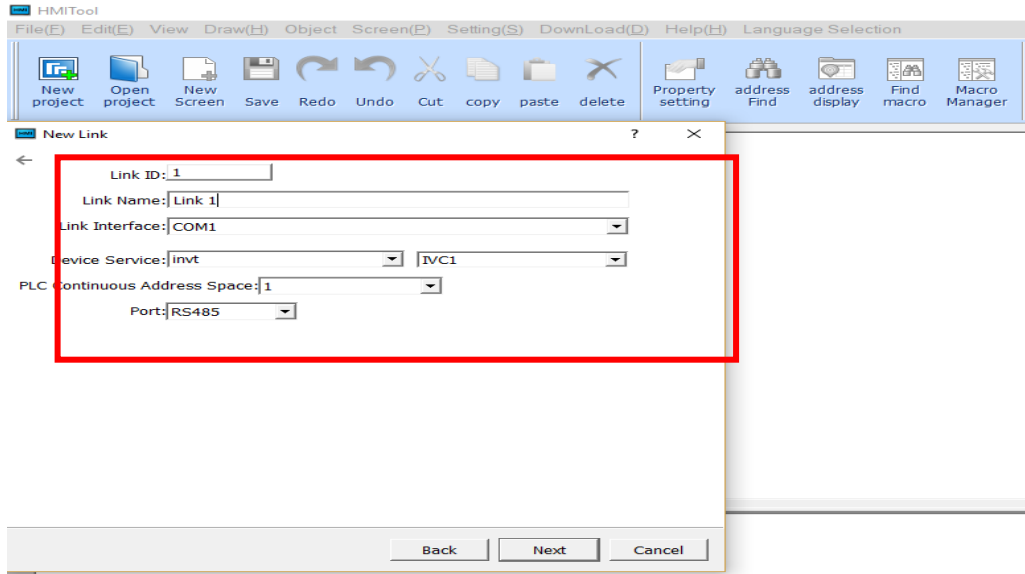


Figura 4. 91: Paso 14

Paso N° 15

En cada uno de los puertos Links se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

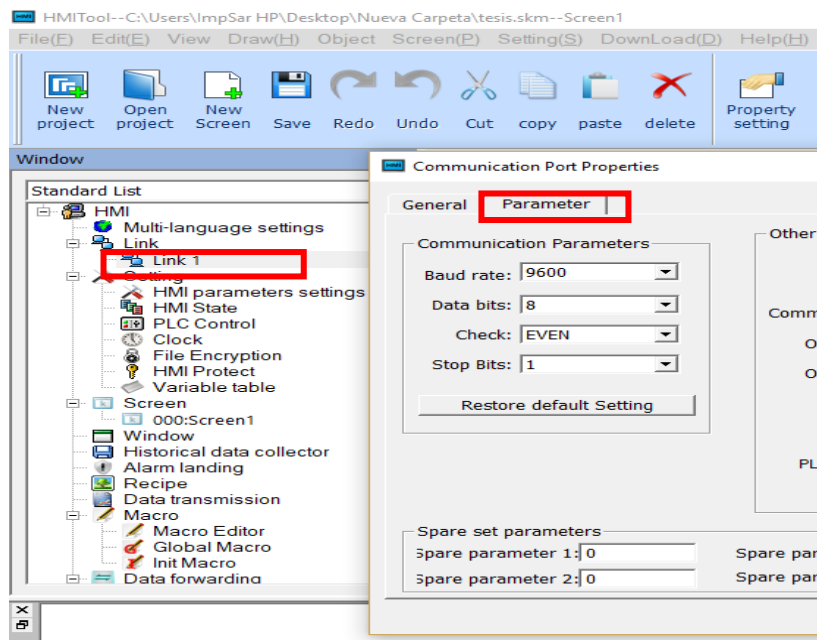


Figura 4. 92: Paso 15

Paso N° 16

Se diseña la pantalla de acuerdo a los elementos de control en el panel principal del software HMI Tools.

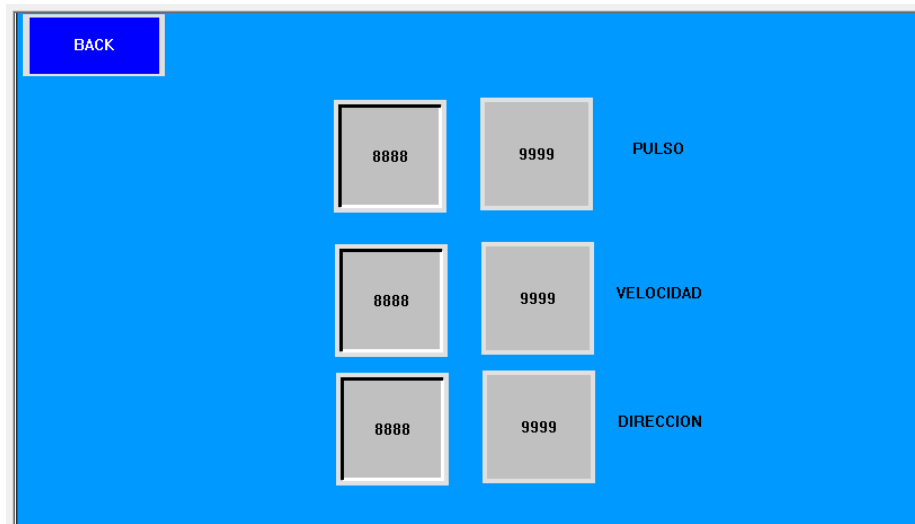


Figura 4. 93: Paso 16

Paso N° 17

Utilizando cable usb – serial DB9, se carga el programa desde la aplicación hacia el HMI físico dando click en el icono DOWNLOAD.

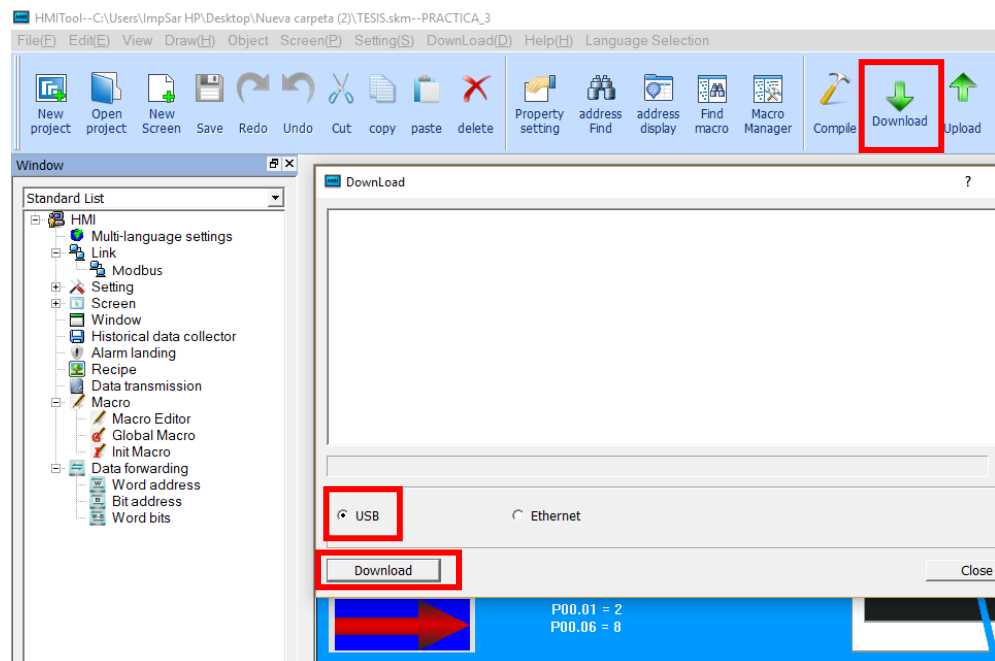


Figura 4. 94: Paso 17

5. Resultados obtenidos.

Se pudo apreciar una vez iniciada la práctica que estableciendo el número de pulsos y la frecuencia el eje del servomotor gira a la velocidad configurada, para el cambio de sentido de giro se realiza variando el número de pulsos y frecuencia a valores negativos.

6. Conclusiones.

- Durante la práctica se comprobó que la comunicación modbus RS 485 entre servodrive y la pantalla HMI puede ser establecida mediante parametrización PTP o por medio del plc IVC1.
- Se pudo comprobar durante la práctica que la potencia del servodrive debe ser igual que el servomotor.
- Durante la configuración del servomotor mediante el software, se concluye que el tipo de encoder interno del servomotor se configura automáticamente en el drive y es grabado en la memoria eeprom del equipo al realizar la conexión.

	GUÍA DE PRÁCTICAS	
DEPARTAMENTO:	TÉCNICO y COMERCIAL	PRÁCTICA N° 7
NOMBRE PRÁCTICA:	Simulación de planta aplicando variador de frecuencia y servo motor.	

4.7 PRÁCTICA 7

1. Objetivo.

Configurar y simular una planta de proceso industrial combinando equipos.

2. Objetivos específicos.

- Reconocer las principales interconexiones del módulo para el control del servo motor y variador de frecuencia en el panel de control.
- Programar el plc IVC1 para la combinación de los equipos.
- Programar el servodrive DA200 para establecer comunicación con HMI y variador de frecuencia.

3. Instrucciones.

- Alimentar la maleta didáctica a 120 VAC.
- Verificar si dispone de todos los elementos necesarios para la práctica.
- Seguir paso a paso la guía de interconexión de los equipos y la respectiva programación.

4. Actividades a desarrollar.

Paso N° 1

Se enciende el variador de frecuencia Goodrive35, con el botón start de color rojo del guarda motor de protección del drive, así mismo check al motor asíncrono para controlar que esté correctamente conectado y configurado de acuerdo al voltaje. Para la programación del plc INVC1 el switch de control debe estar en modo TM y, posteriormente cargado el software, se coloca el switch del plc en modo RUN.

Previo inicio de la práctica todas las interconexiones en el panel de control, con el diagrama eléctrico presente son conectados con los cables plugs.

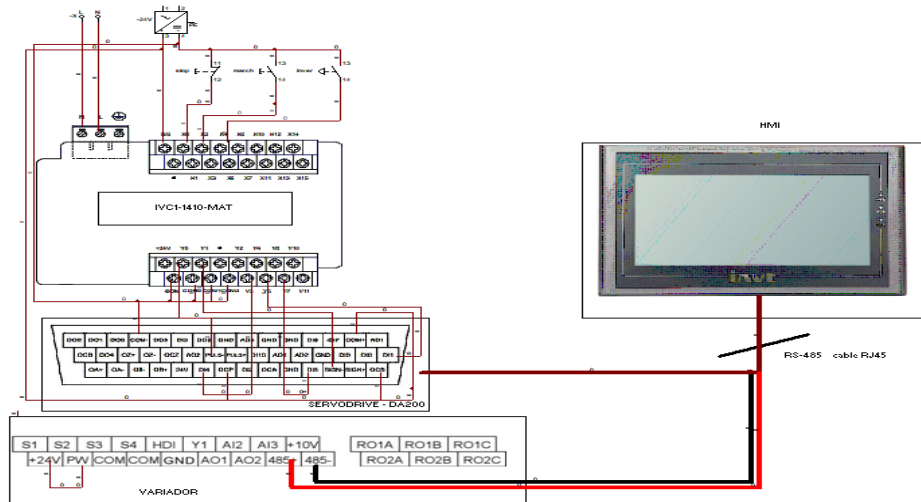


Figura 4. 95: Paso 1

Paso N° 2

Una vez realizado las respectivas conexiones se procede a abrir el software denominado AUTO STATION para programar PLC IVC1.

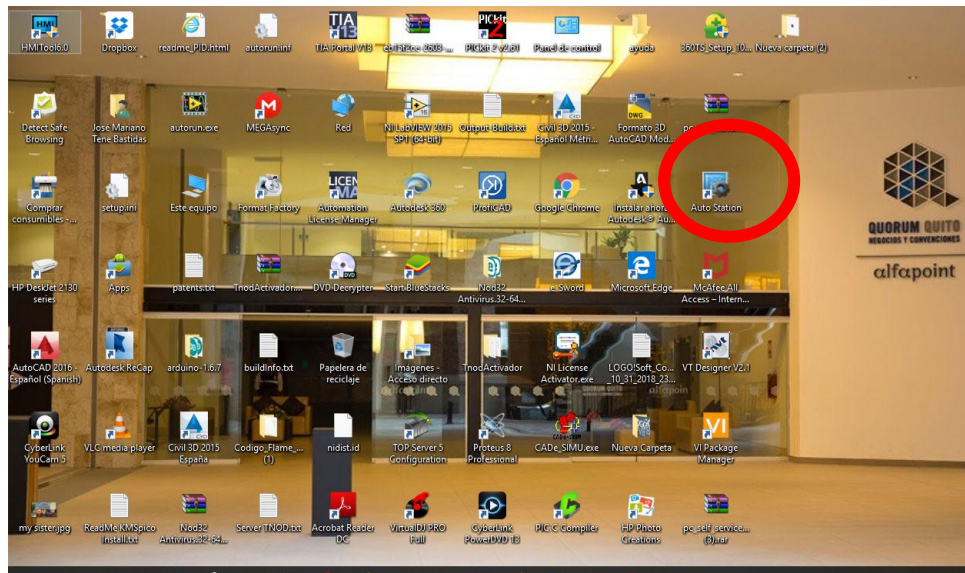


Figura 4. 96: Paso 2

Paso N° 3

Una vez iniciado el software AUTO STATION se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto.

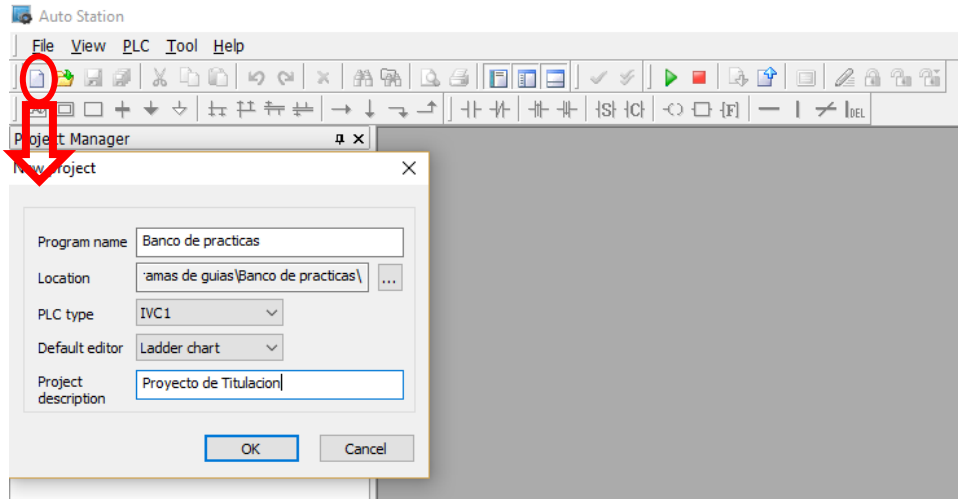


Figura 4. 97: Paso 3

Paso N° 4

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación para otros equipos dando click en System block del árbol de proyecto.

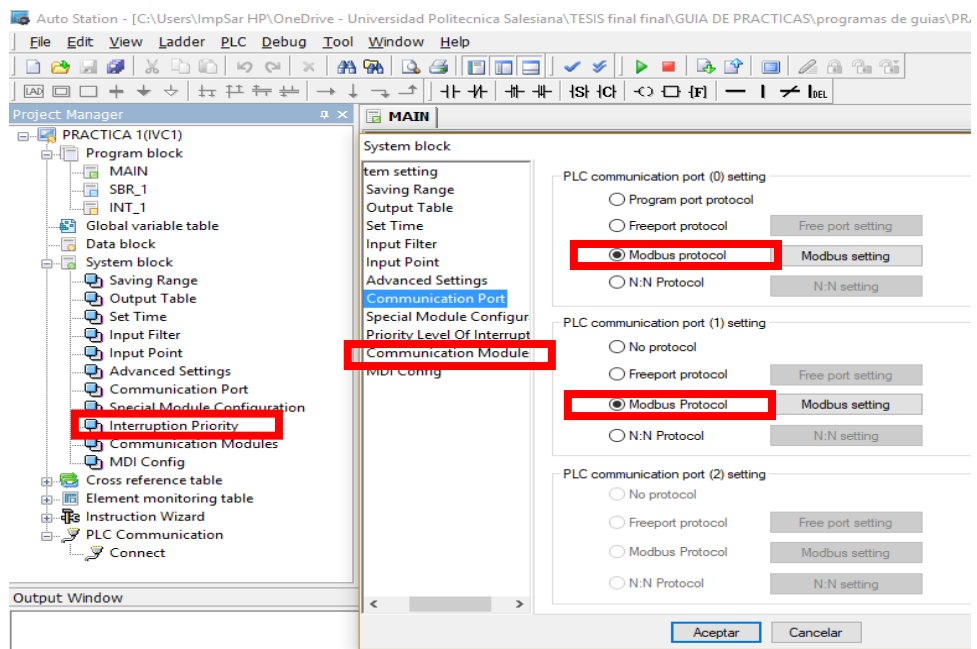


Figura 4. 98: Paso 4

Paso N° 5

En cada uno de los puertos se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

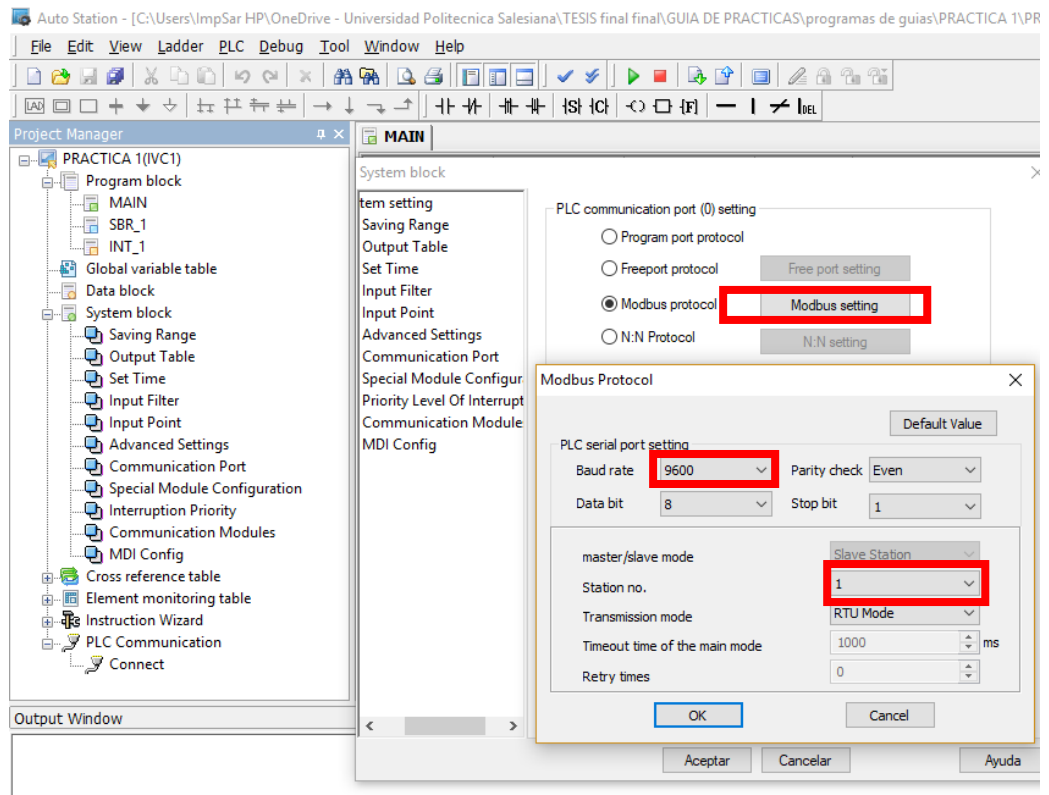


Figura 4. 99: Paso 5

Paso N° 6

Se inicia la programación de la lógica de control en el software AUTO STATION.

Donde X0 es una entrada de contacto normalmente cerrado del pulsador de paro, así mismo X2 es una entrada de contacto normalmente abierto de pulsador de marcha, X4 es un contacto normalmente abierto de selector de dos posiciones, en cada uno tiene dos salidas de transistor rápidas Y0, Y1 y salidas de control Y3, Y4.

Una vez realizado el programa se procede a compilarlos para descartar errores.

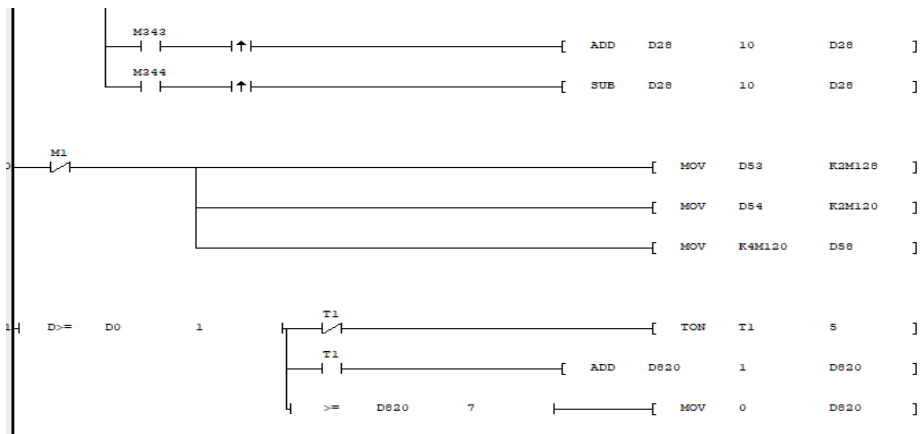


Figura 4. 100: Paso 6

Paso N° 7

Una vez que no presente error la lógica de programación se procede a cargar el programa al plc físico, conectando el cable conector DB8 con salida USB entre la computadora y el PLC.



Figura 4. 101: Paso 7

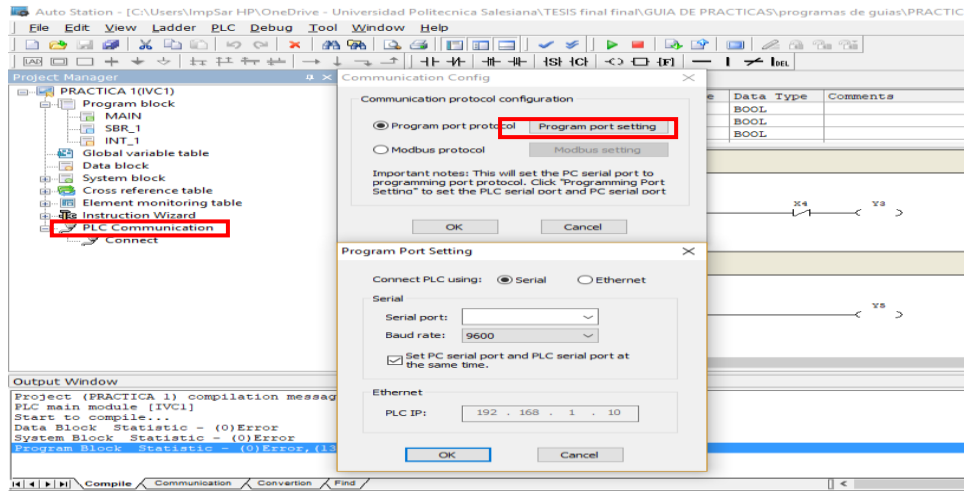


Figura 4. 102: Paso 7.1

Se procede a cargar el programa al plc físico, dando click en el icono Download.

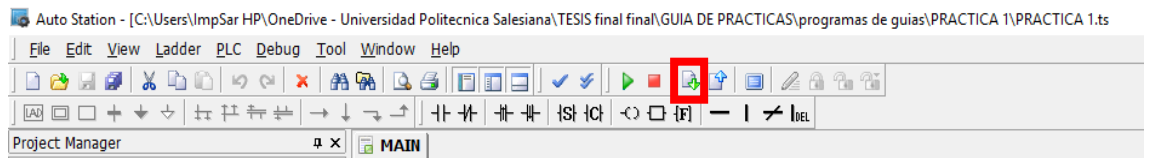


Figura 4. 103: Paso 7.2

Paso N° 8

Para configurar el servo motor se procede a utilizar un software denominado SERVO PLOLER.



Figura 4. 104: Paso 8

Paso N° 9

Iniciado sesión del software se procede a configurar los datos de la placa de servomotor.

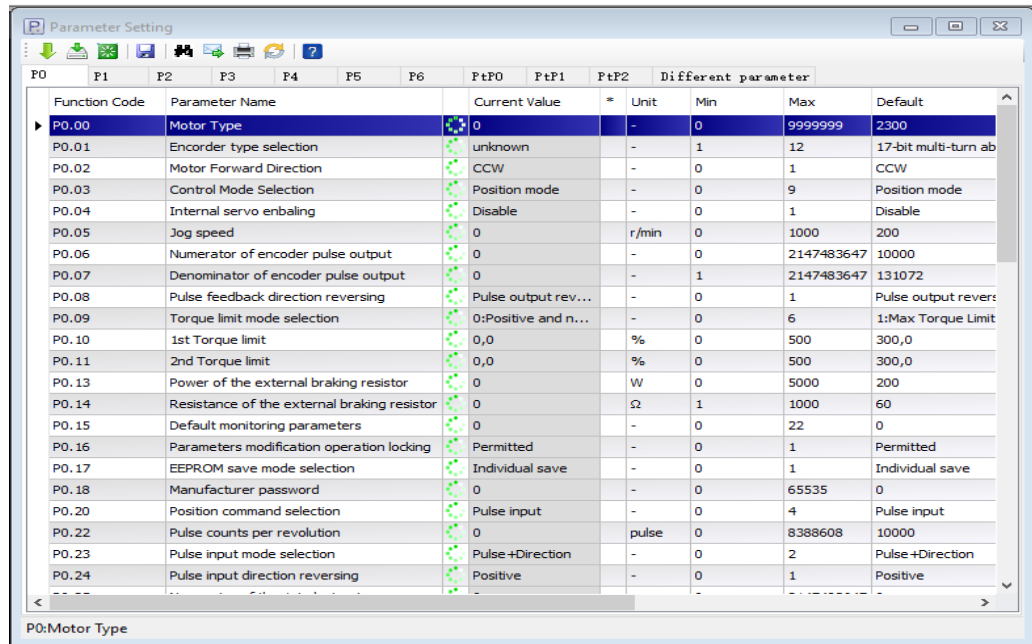


Figura 4. 105: Paso 9

Paso N° 10

Mediante el uso del software SERVO PLOERER, se configura los parámetros de comunicación RS 485 y control de velocidad del servomotor, los cambios se guarda en la memoria eeprom del drive.

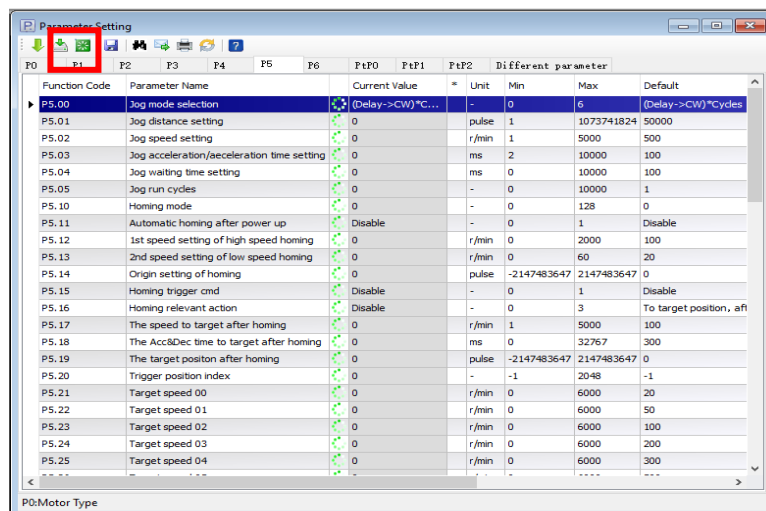


Figura 4. 106: Paso 10

P0.03 = 1 Select mode Speed control
P0.40 = 1 Select speed channel with analog 1 (AD1); **P0.40 = 0:** Speed selective speed (r / min) / V.
P1.02 = 0 Mechanical inertia factor
P1.02 = Mechanical inertia of load / mechanical inertia of motor shaft
P2.00 = 1000 Speed gain factor (KS)
P2.01 = 100 Time Integral speed (Ti)
P3.00 = 00010 ZRS foot switch (ON: Start; OFF: Stop)
P3.20 = 0.00 V Offset AD1 channel

Paso N° 11

Se configura los parámetros para el control de velocidad y el direccionamiento de comunicación RS 485 , mediante el uso del software SERVO PLOLER todos los cambios pertinentes se guardan en la memoria eeprom del equipo servodrive.

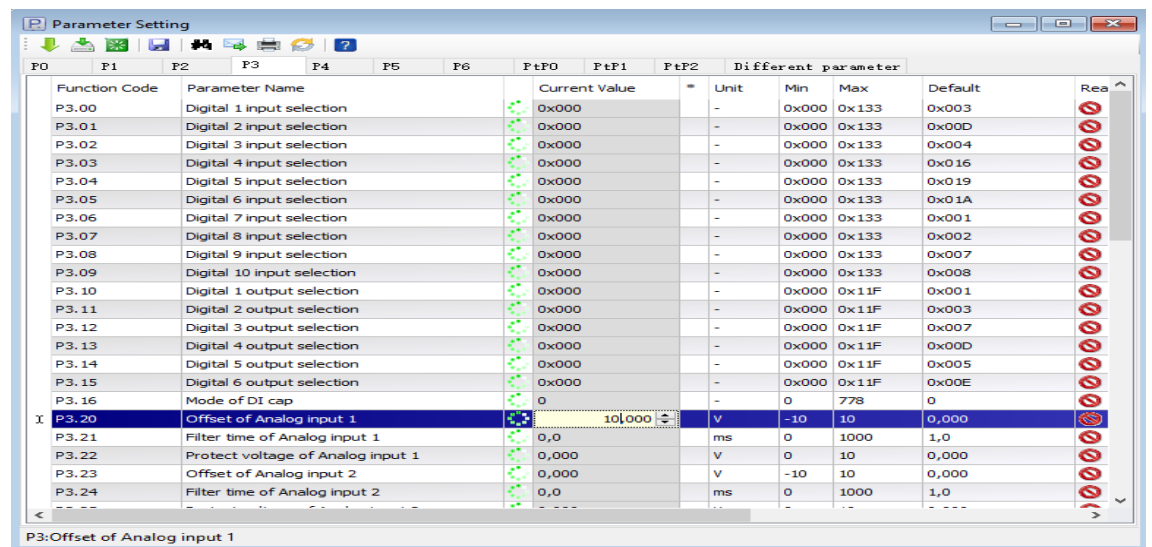


Figura 4. 107: Paso 10.1

Paso N° 11

Para establecer la comunicación modbus RS 485, la dirección modbus se encuentra en el manual técnico, debajo de cada uno de los parámetros, dicha dirección se configura en la pantalla HMI para establecer comunicación.

P0.05	Jog speed(JOG)	Setting range	Default	Unit	Available mode			
		0~1000	200	r/min	P	S	T	F
<p>This parameter can be used to set the jog speed. For jogging, please refer to chapter 5.1.4. During jogging, the ACC/DEC time parameters (P0.54, P0.56, P0.55, and P0.57) are active. The motor will accelerate, decelerate, start and stop according to the settings.</p>								
P0.05	Data size	16bit	Data format	DEC				
	Modbus address	1010,1011	CANopen address	0x2005, 0x00				

Figura 4. 108: Paso 11

Paso N° 12

Para la programación de la pantalla HMI, utiliza un software denominado HMITool6.0.

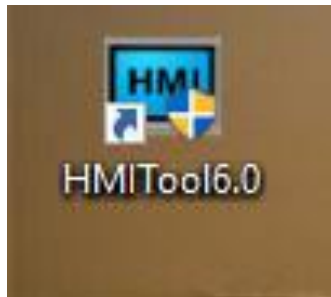


Figura 4. 109: Paso 12

Paso N° 13

Una vez iniciado el software HMITool6.0. , se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto, escogiendo el modelo de la pantalla HMI VS-070HS.

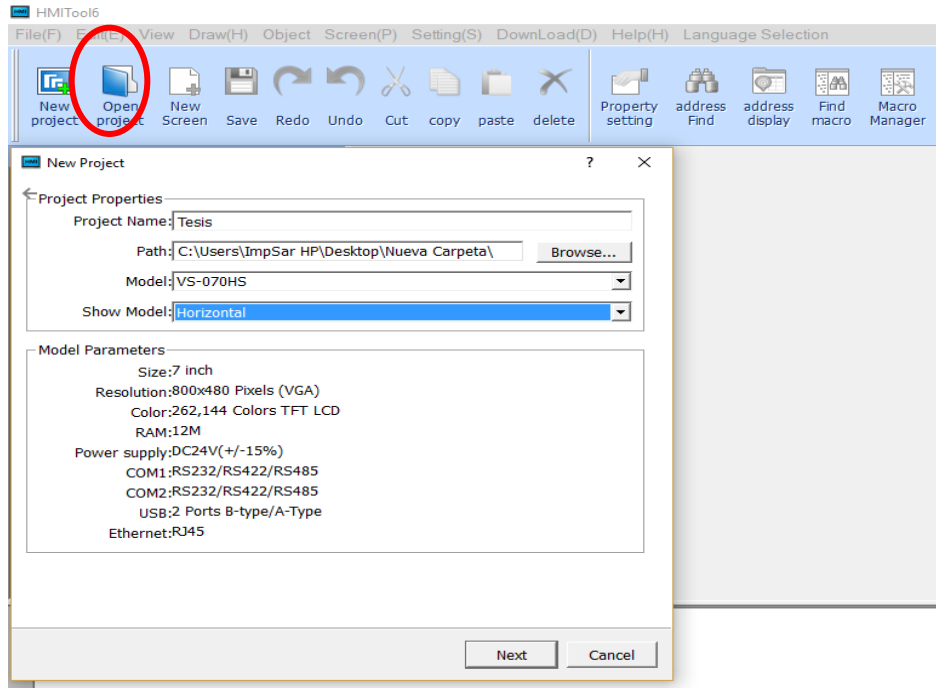


Figura 4. 110: Paso 13

Paso N° 14

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación modbus RS 485 master- esclavo, para otros equipos dando click en el icono LINK.

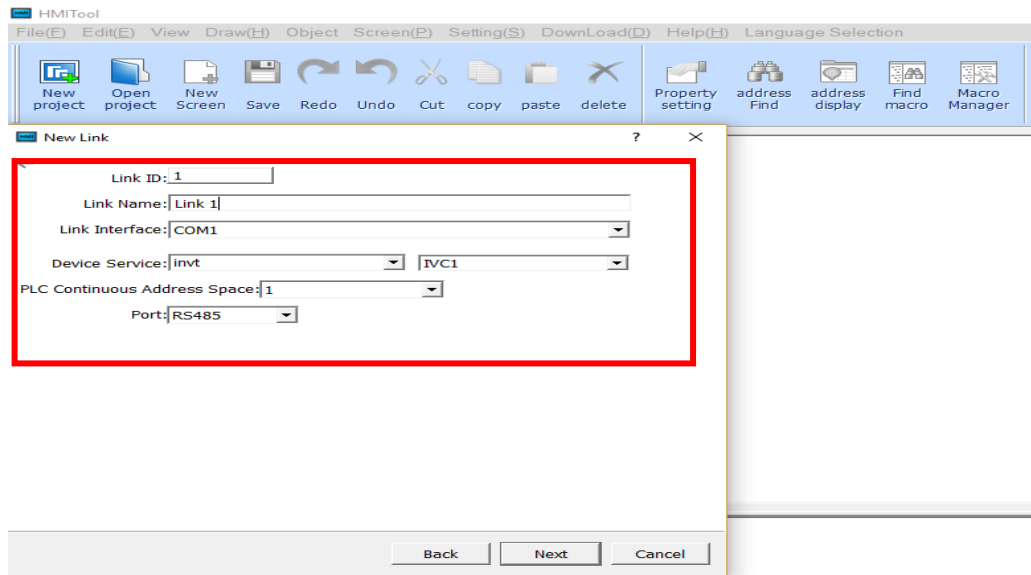


Figura 4. 111: Paso 14

Paso N° 15

En cada uno de los puertos Links se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

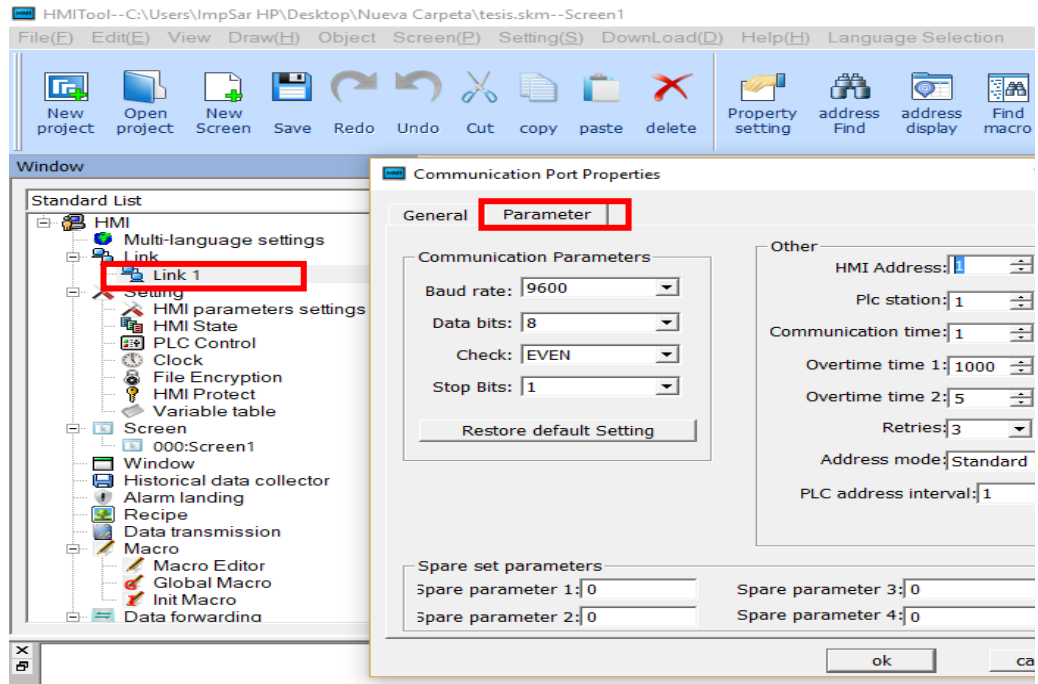


Figura 4. 112: paso 15

Paso N° 16

Se diseña la pantalla de un control proceso industrial, de acuerdo a los elementos de control en el panel principal del software HMI Tools.

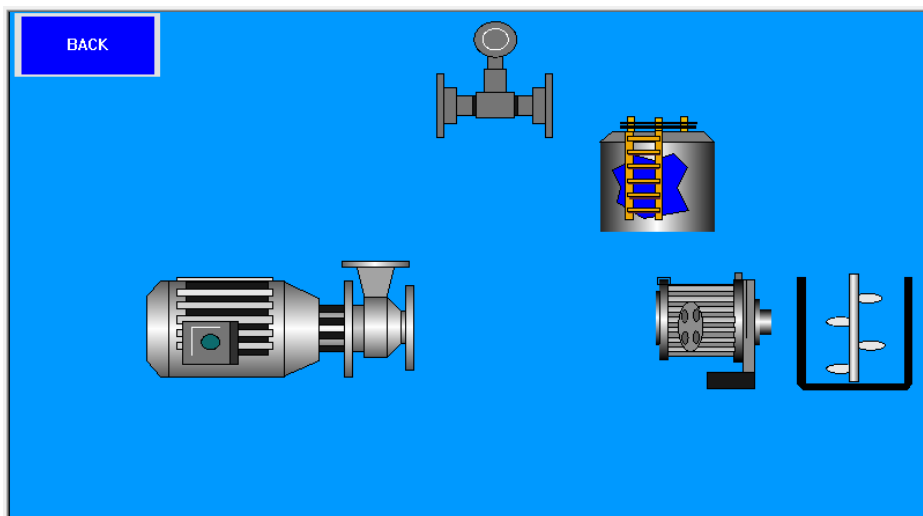


Figura 4. 113: paso 16

Paso N° 17

Utilizando cable usb – serial DB9, se carga el programa desde la aplicación hacia el HMI físico dando click en el icono DOWNLOAD.

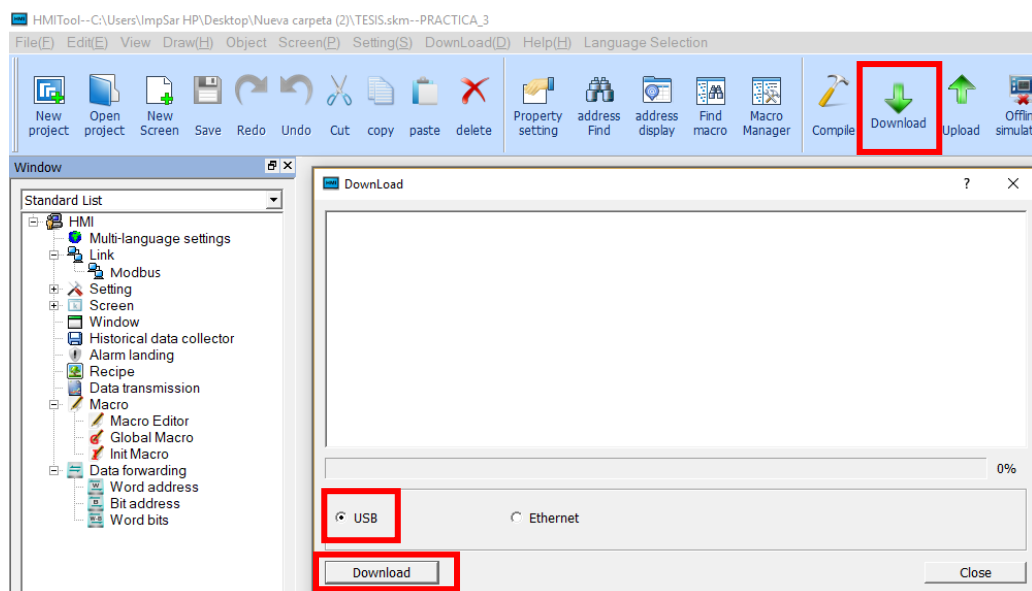


Figura 4. 114: Paso 17

Paso N° 18

Para la configuración del variador de frecuencia, es importante conocer los componentes del módulo de control.

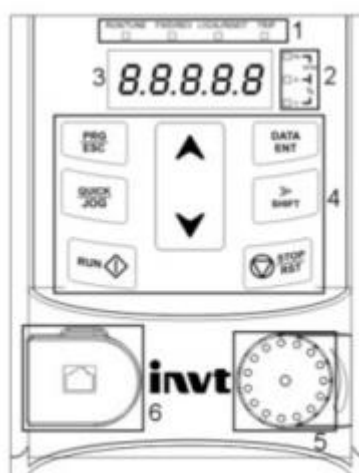


Figura 4. 115: Paso 18

1. LED de estado.
2. LED de unidad (HZ, RPM, A, %, V).
3. Display.
4. Botones.
5. Potenciómetro analógico.
6. Puerto para consola externa.

Paso N° 19

Para la configuración del variador de frecuencia, es importante conocer los componentes del módulo de control.



Figura 4. 116: Paso 19

Paso N° 20

Para la configuración del variador, ingresamos haciendo pulso sobre el botón tecla de programación y en el panel de parámetros se realiza los cambios pertinentes.

Realizando un pulso sobre la tecla intro, se guarda los cambios en la memoria eeprom del equipo.



Figura 4. 117: Paso 20

Grupo P00- Funciones básicas

P00.00 Modo de control de velocidad

en

2: Control SVPWM.

P00.01 Canal de comando de operación (modo RUN/STOP).

en

2: Canal de comando de operación mediante comunicación ("LOCAL/REMOT" encendido).

P00.03 Frecuencia Max. de salida en **60** HZ

P00.04 Límite superior de frecuencia en **60** HZ.

P00.05 Límite inferior de frecuencia, en **0** HZ.

P00.06 Modo de frecuencia A.

8: Ajuste mediante comunicación MODBUS.

P00.09 Ajuste del tipo de combinación para la obtención de la consigna de frecuencia.

En

0:A, la consigna de frecuencia es la A

P00.10 Consigna de frecuencia ajustada en consola en **60** HZ.

P00.11 Tiempo de Aceleración 1 en **10** segundos.

P00.12 Tiempo de Desaceleración 1 en **10** segundos.

Grupo P02 - Datos del motor

P02.01 Potencia nominal del motor en **0.12** KW.

P02.02 Frecuencia nominal del motor en **60** HZ.

P02.03 Velocidad nominal del motor en **1350** RPM.

P02.04 Tensión nominal del motor en **220** VAC.

P02.05 Intensidad nominal del motor en **0.89** A.

Grupo P05 - Terminales de entrada

P05.01 Selección de función del terminal S1

En

1: Rotación hacia adelante.

P05.02 Selección de función del terminal S2

En

2: Rotación en sentido inverso.

Grupo P14 – Comunicación serie

P14.00 Dirección local de comunicación.

Rango de ajuste: 1~247.

P14.01 Velocidad de transmisión.

3: 9600BPS.

P14.02 Ajuste de la comprobación de bit digital.

1: Comprobación par (E,8,1) para RTU.

P14.03 Retraso de la respuesta de comunicación.

0~200ms

5. Resultados obtenidos.



Se puede apreciar, una vez dado marcha y establecida la comunicación RS-485 Modbus RTU, que los valores ingresados por teclado son mostrados en la pantalla HMI al igual que en el display del variador de frecuencia y servodrive.

Dando inicio al sistema de control de llenado de líquido al presionar el pulsador START, se pudo apreciar que el variador de frecuencia regula la velocidad del motor asíncrono logrando así que circule el líquido.

Cuando el nivel del líquido llega al valor ingresado, se activa el servomotor con el mismo sentido de giro y con una velocidad regulada.

6. Conclusiones.

- Se pudo comprobar durante la práctica que la dirección de comunicación modbus se configura diferente para los dispositivos master y pantalla HMI con respecto a los dispositivos esclavo, servodrive y goodrive35, sin embargo la velocidad de comunicación es igual para todos los equipos.
- Durante la prueba se concluye que las salidas digitales del servodrive son compatibles con las entradas digitales del variador de frecuencia.
- Se concluye durante la programación del PLC IVC1, que Y0 y Y1 son las únicas salidas rápidas compatibles para entrada de pulso y frecuencia en el servo drive.

	GUÍA DE PRÁCTICAS	
DEPARTAMENTO:	TÉCNICO y COMERCIAL	PRÁCTICA N° 8
NOMBRE PRÁCTICA:	Sincronismo entre variador de frecuencia y servomotor utilizando control PID.	

4.8 PRÁCTICA 8

1. Objetivo.

Configurar y simular una planta de proceso combinando equipos mediante control PID.

2. Objetivos específicos.

- Reconocer las principales interconexiones del módulo para control servo motor y variador de frecuencia.
- Programar plc IVC1 para la combinación de los equipos.
- Programar servodrive DA200 para establecer comunicación con HMI y variador de frecuencia.

3. Instrucciones.

- Alimentar la maleta didáctica a 120 VAC.
- Verificar si dispone de todos los elementos necesarios para la práctica.
- Seguir paso a paso la guía de interconexión de los equipos y la respectiva programación.

4. Actividades a desarrollar.

Paso N° 1

Se enciende el variador de frecuencia Goodrive35, con el botón start de color rojo del guarda motor de protección del drive, así mismo check al motor asíncrono para controlar que esté correctamente conectado y configurado de acuerdo al voltaje. Para la programación del plc INVC1 el switch de control debe estar en modo TM y, posteriormente cargado el software, se coloca el switch del plc en modo RUN.

Previo inicio de la práctica todas las interconexiones en el panel de control, con el diagrama eléctrico presente son conectados con los cables plugs.

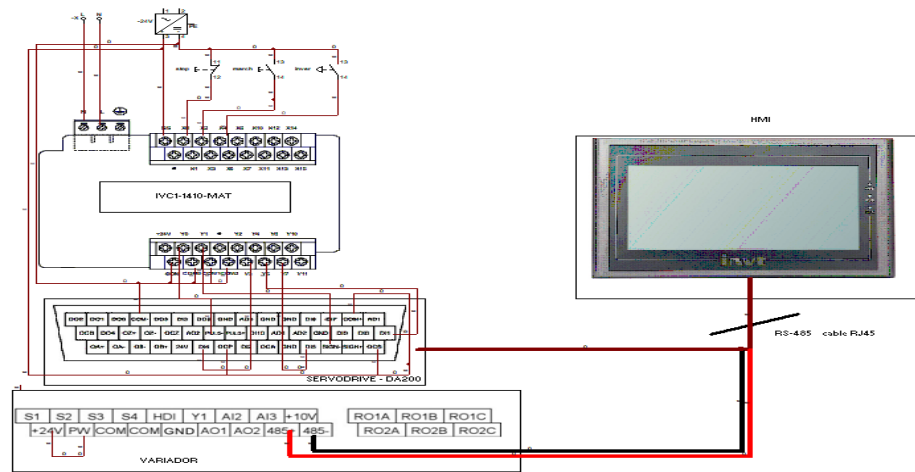


Figura 4. 118: Paso 1

Paso N° 2

Una vez realizado las respectivas conexiones se procede a abrir el software denominado AUTO STATION para programar PLC IVC1.

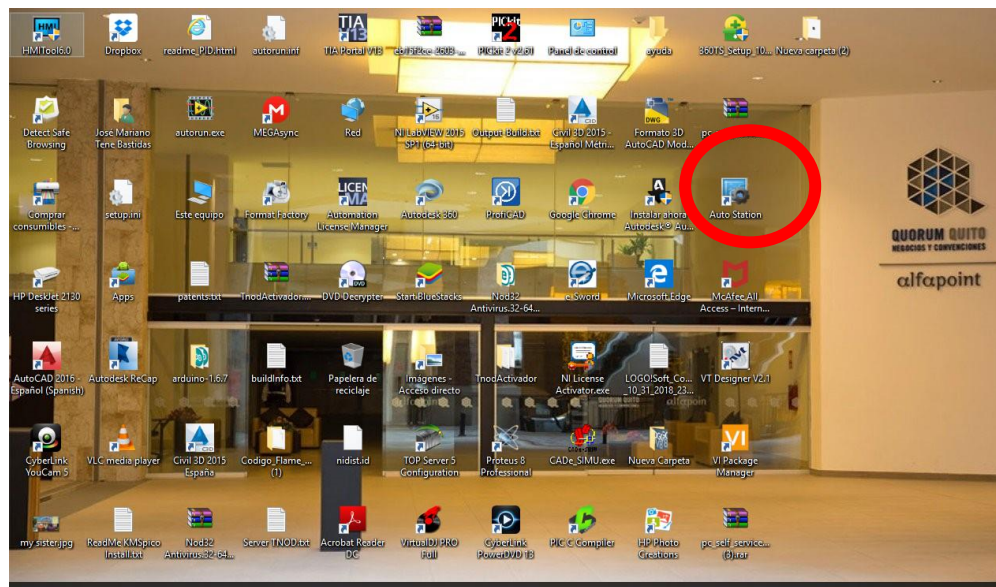


Figura 4. 119: Paso 2

Paso N° 3

Una vez iniciado el software AUTO STATION se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto.

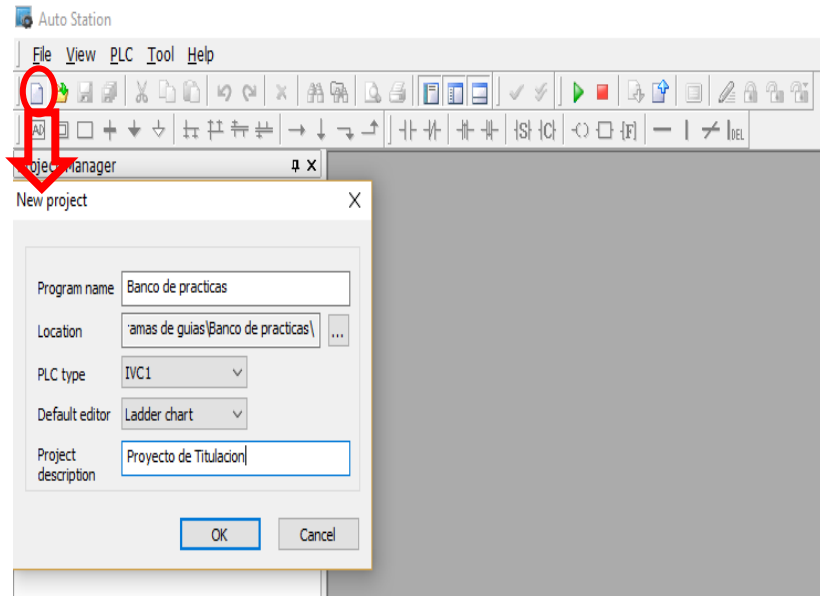


Figura 4. 120: Paso 3

Paso N° 4

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación para otros equipos dando click en System block del árbol de proyecto.

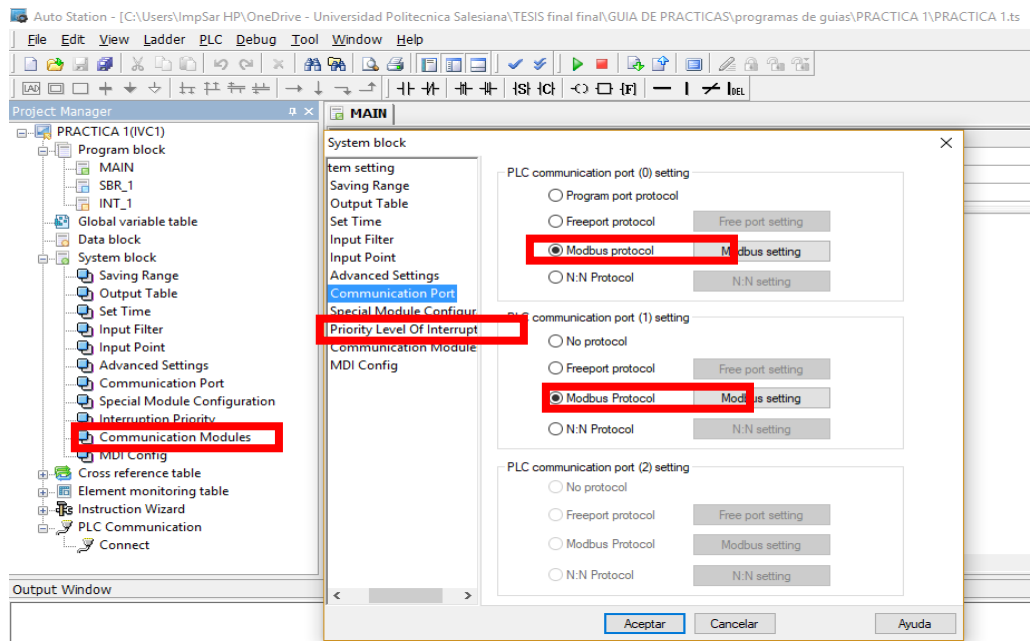


Figura 4. 121: Paso 4

Paso N° 5

En cada uno de los puertos se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

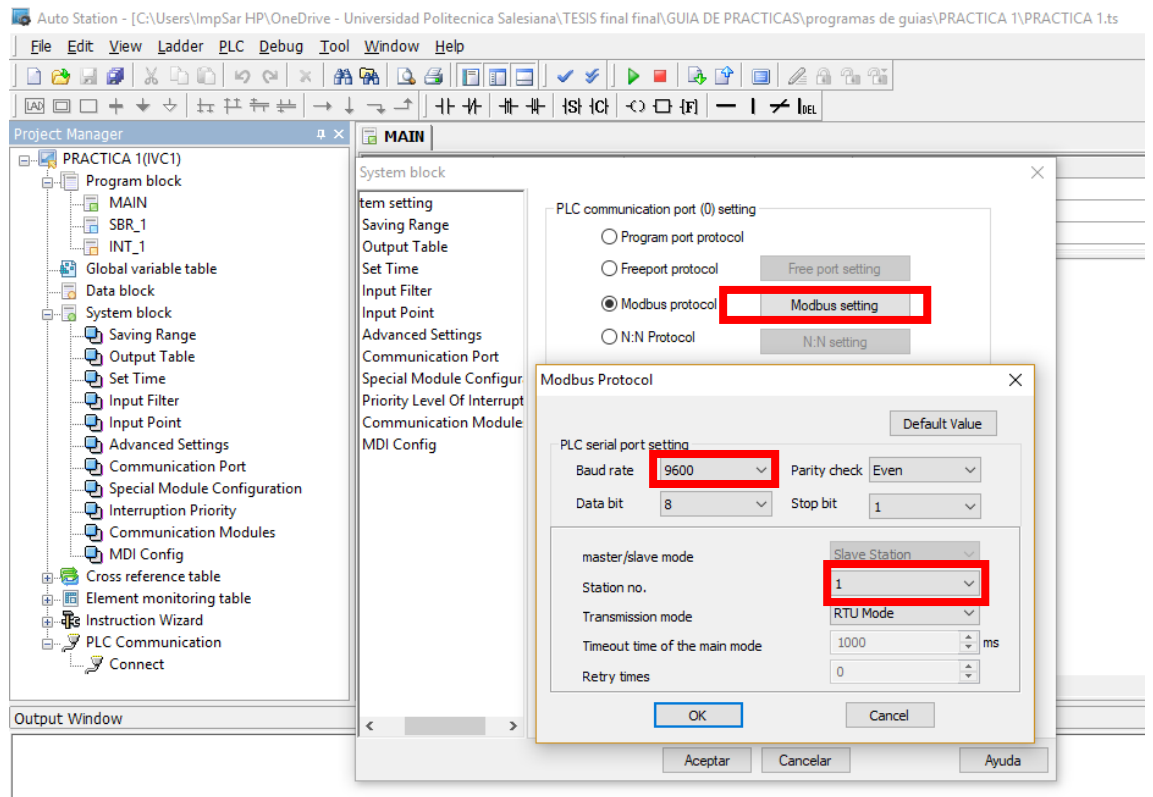


Figura 4. 122: Paso 5

Paso N° 6

Se inicia la programación de la lógica de control en el software AUTO STATION.

Donde X0 es una entrada de contacto normalmente cerrado del pulsador de paro, así mismo X2 es una entrada de contacto normalmente abierto de pulsador de marcha, X4 es un contacto normalmente abierto de selector de dos posiciones, en cada uno tiene dos salidas de transistor rápidas Y0, Y1 y salidas de control Y3, Y4. Una vez realizado el programa se procede a compilarlos para descartar errores.

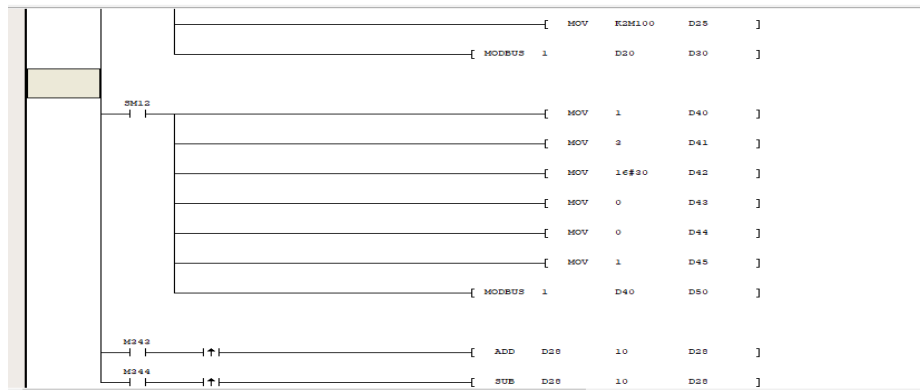


Figura 4. 123: Paso 6

Paso N° 7

Una vez que no presente error la lógica de programación se procede a cargar el programa al plc físico, conectando el cable conector DB8 con salida USB entre la computadora y el PLC.



Figura 4. 124: Paso 7.

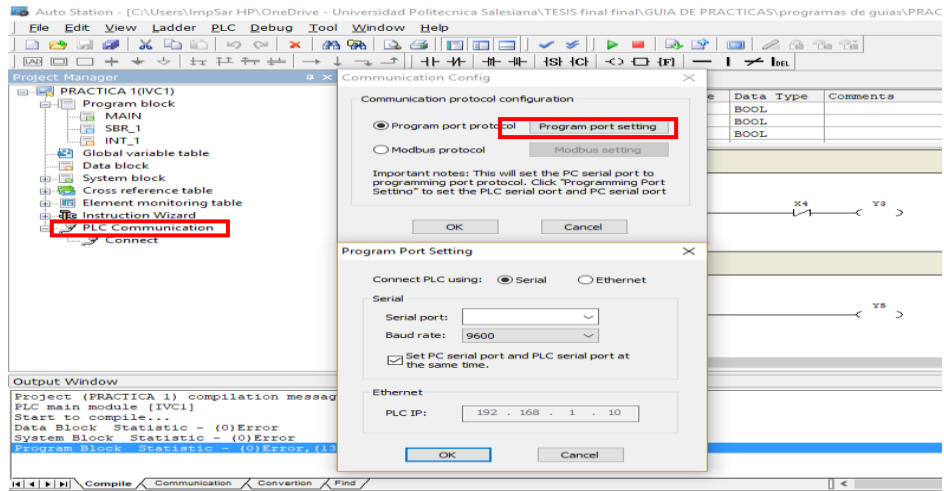


Figura 4. 125: Paso 7.1

Se procede a cargar el programa al plc físico, dando click en el icono Download.

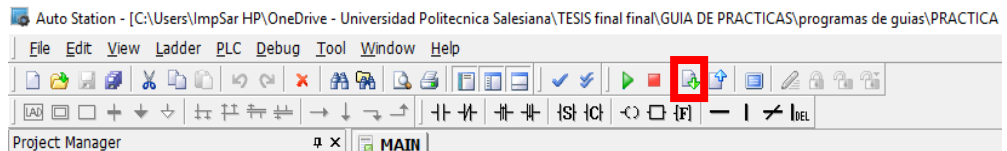


Figura 4. 126: Paso 7.2

Paso N° 8

Para configurar el servo motor se procede a utilizar un software denominado SERVO PLOLER.



Figura 4. 127: Paso 8

Paso N° 9

Iniciado sesión del software se procede a configurar los datos de la placa de servomotor.

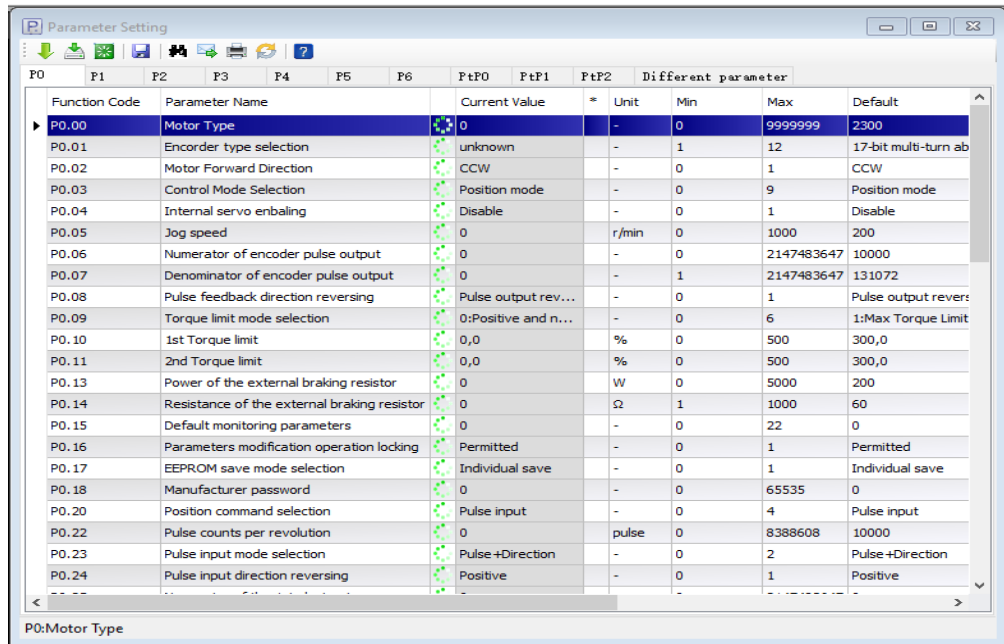


Figura 4. 128: Paso 9

Paso N° 10

Mediante el uso del software SERVO PLOTTER, se configura los parámetros de comunicación RS 485 y control de velocidad del servomotor, los cambios se guarda en la memoria eeprom del drive.

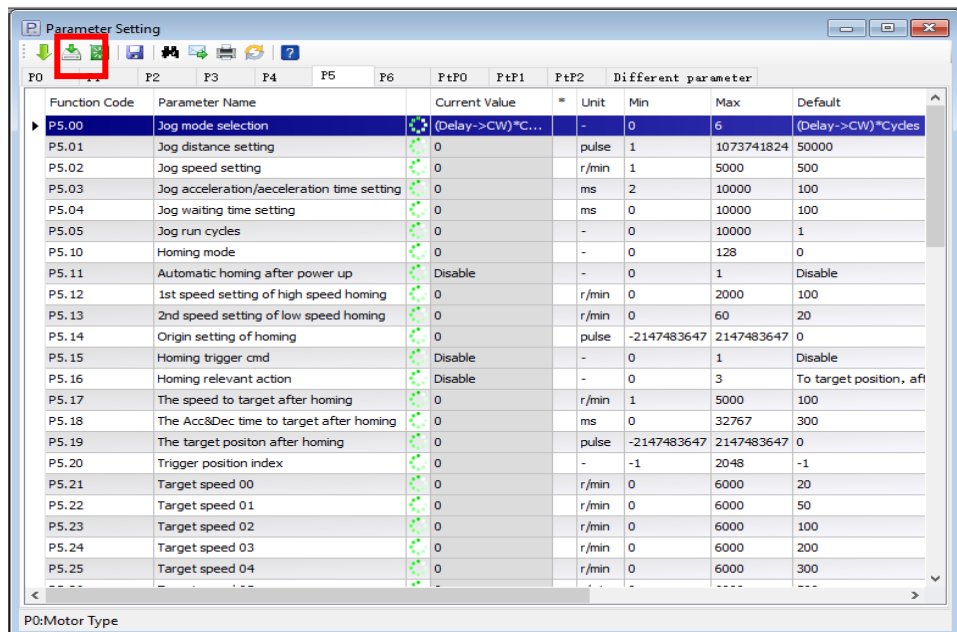


Figura 4. 129: Paso 10

P0.03 = 1 Select mode Speed control
P0.40 = 1 Select speed channel with analog 1 (AD1); **P0.40 = 0**: Speed selective speed (r / min) / V.
P1.02 = 0 Mechanical inertia factor
P1.02 = Mechanical inertia of load / mechanical inertia of motor shaft
P2.00 = 1000 Speed gain factor (KS)
P2.01 = 100 Time Integral speed (Ti)
P3.00 = 00010 ZRS foot switch (ON: Start; OFF: Stop)
P3.20 = 0.00 V Offset AD1 channel

Paso N° 11

Se configura los parámetros para el control de velocidad y el direccionamiento de comunicación RS 485 , mediante el uso del software SERVO PLOERER todos los cambios pertinentes se guardan en la memoria eeprom del equipo servodrive.

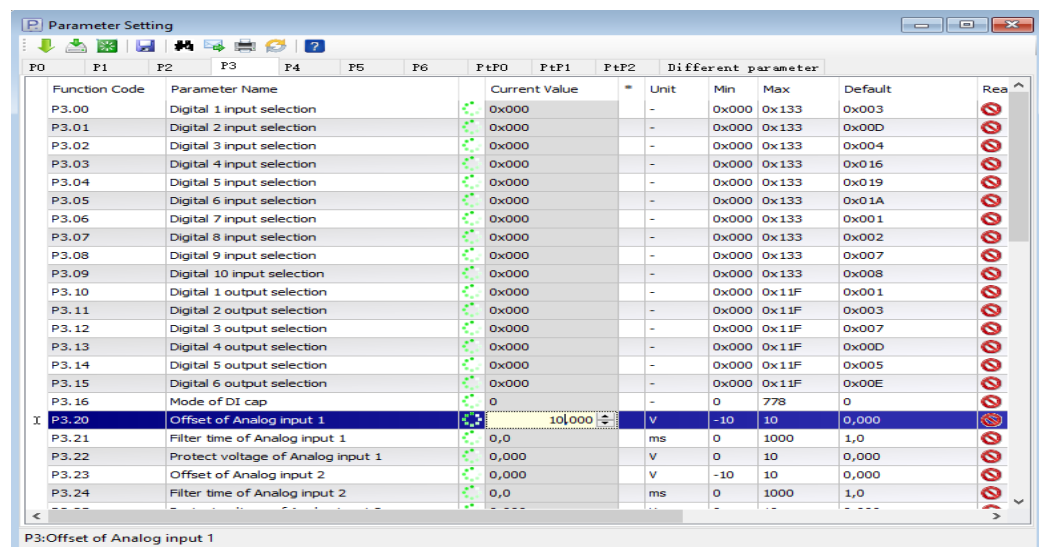


Figura 4. 130: Paso 10

Paso N° 11

Para establecer la comunicación modbus RS 485 ,la dirección modbus se encuentra en el manual técnico , debajo de cada uno de los parámetros, dicha dirección se configura en la pantalla HMI para establecer comunicación.

P0.05	Jog speed(JOG)	Setting range	Default	Unit	Available mode			
		0~1000	200	r/min	P	S	T	F
This parameter can be used to set the jog speed. For jogging, please refer to chapter 5.1.4. During jogging, the ACC/DEC time parameters (P0.54, P0.56, P0.55, and P0.57) are active. The motor will accelerate, decelerate, start and stop according to the settings.								
P0.05	Data size	16bit	Data format	DEC				
	Modbus address	1010,1011	CANopen address	0x2005, 0x00				

Figura 4. 131: Paso 11

Paso N° 12

Para la programación de la pantalla HMI, utiliza un software denominado HMITool6.0.

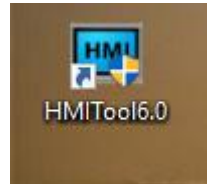


Figura 4. 132: Paso 12

Paso N° 13

Una vez iniciado el software HMITool6.0. , se procede a crear un nuevo proyecto para desarrollar la programación. Se crea una carpeta en la dirección conocida y se coloca el nombre del proyecto, escogiendo el modelo de la pantalla HMI VS-070HS.

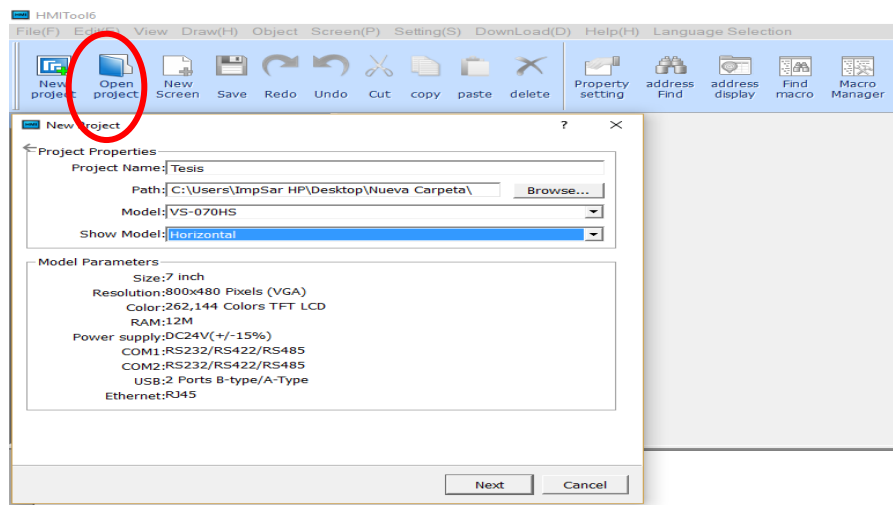


Figura 4. 133: Paso 13

Paso N° 14

Una vez creado un nuevo proyecto, se configura la comunicación modbus RS 485 master- esclavo, para otros equipos dando click en el icono LINK.

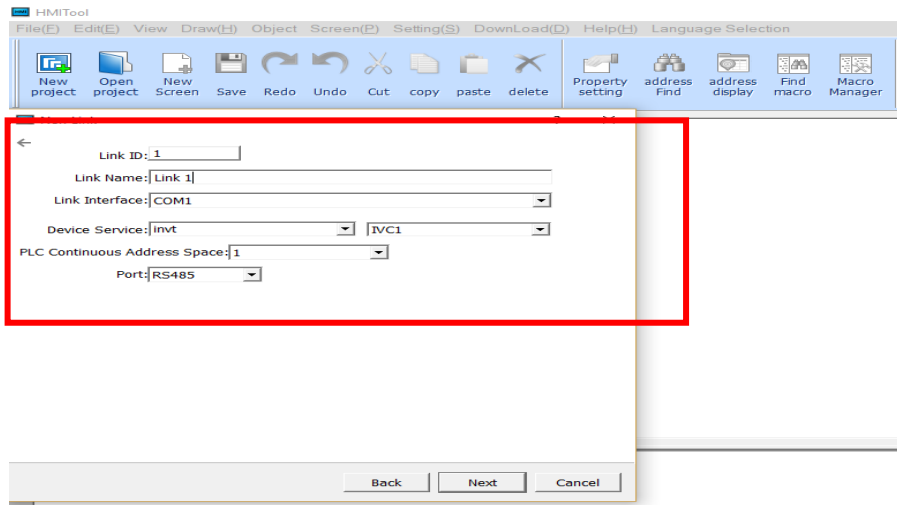


Figura 4. 134: Paso 14

Paso N° 15

En cada uno de los puertos Links se configura las velocidades de comunicación y las direcciones modbus.

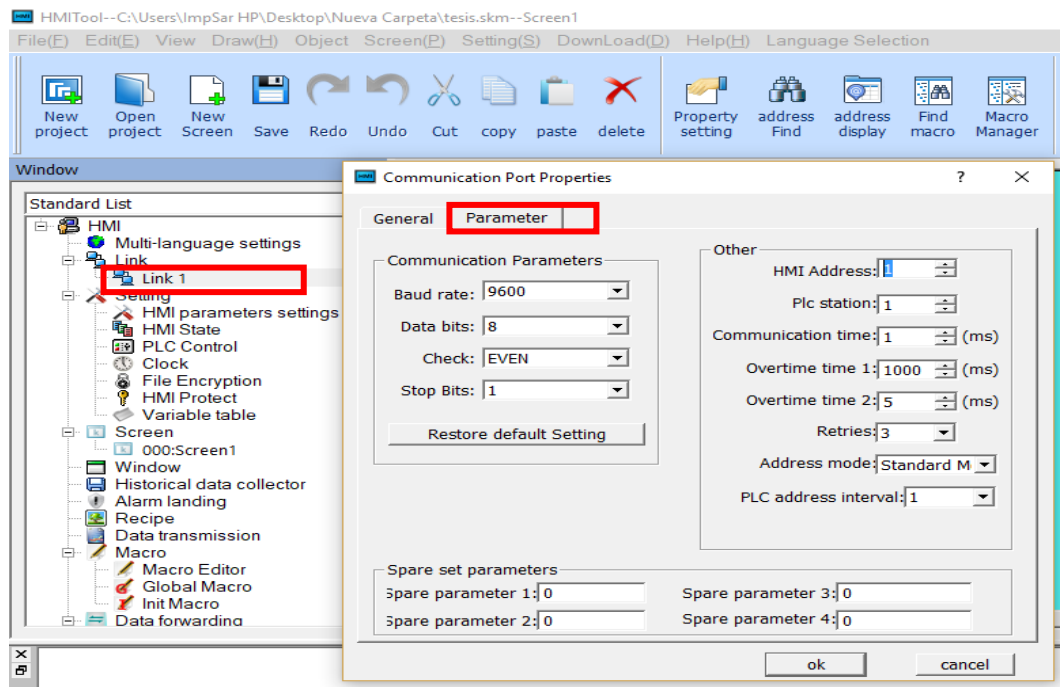


Figura 4. 135: Paso 15

Paso N° 16

Se diseña la pantalla de un control de proceso industrial, de acuerdo a los elementos de control en el panel principal del software HMI Tools.

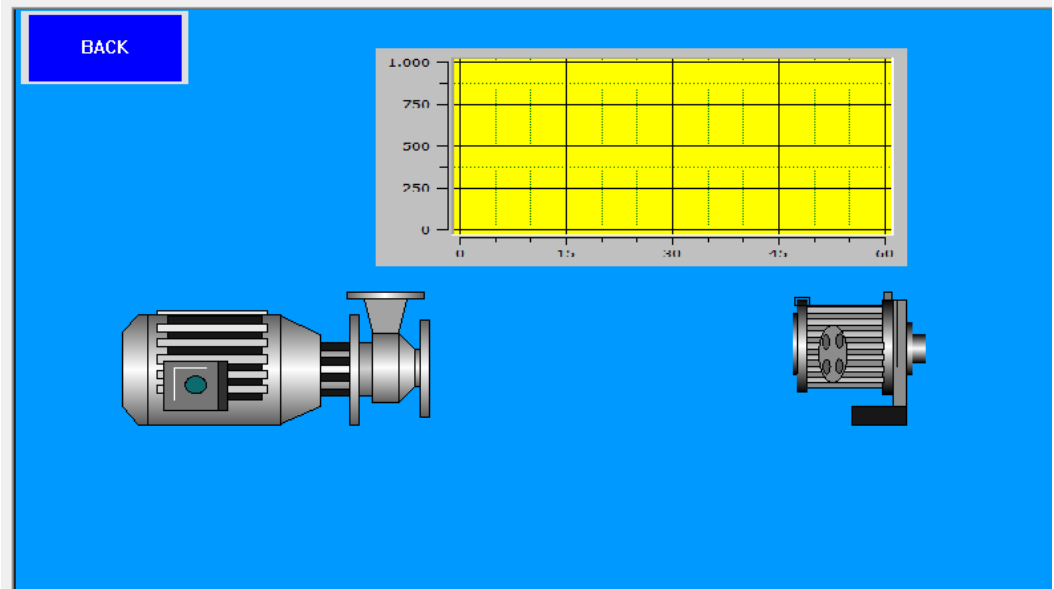


Figura 4. 136: Paso 16

Paso N° 17

Utilizando cable usb – serial DB9, se carga el programa desde la aplicación hacia el HMI físico dando click en el icono DOWNLOAD.

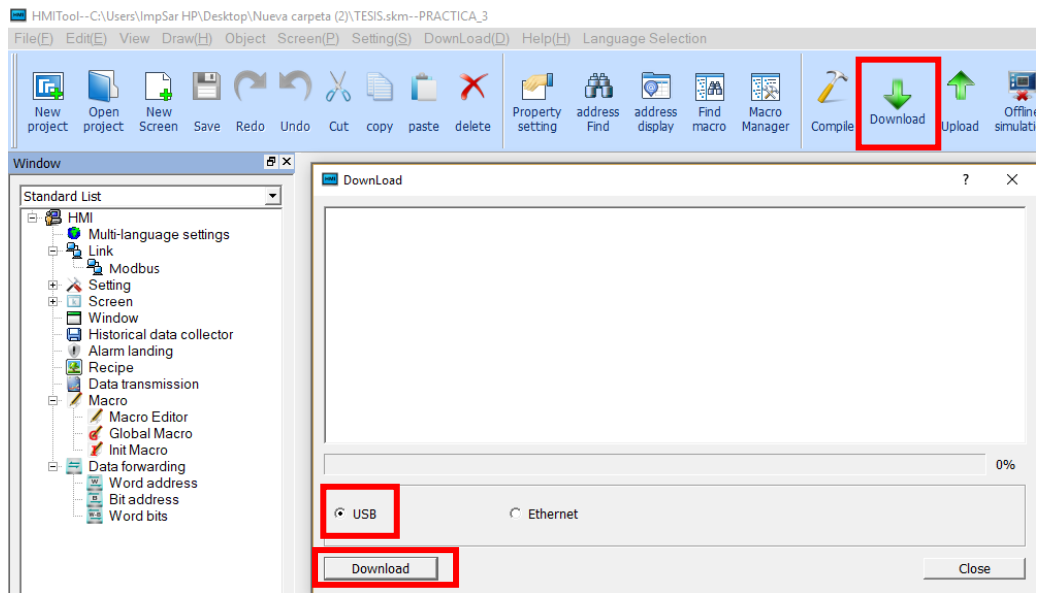


Figura 4. 137: Paso 17

Paso N° 18

Para la configuración del variador, ingresamos haciendo pulso sobre el botón tecla de programación y en el panel de parámetros lo realiza los cambios pertinentes.

Realizando un pulso sobre la tecla intro, se guarda los cambios en la memoria eeprom del equipo.

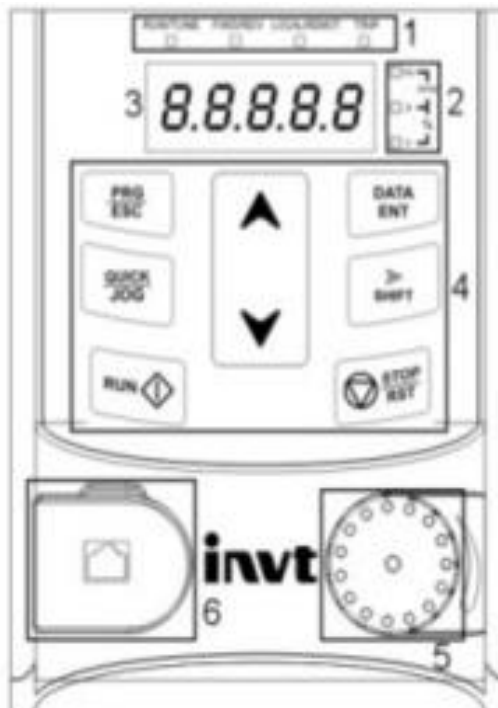


Figura 4. 138: Paso 18

1. LED de estado.
2. LED de unidad (HZ, RPM, A, %, V).
3. Display.
4. Botones.
5. Potenciómetro analógico.
6. Puerto para consola externa.

Paso N° 19

Para la configuración del variador de frecuencia, es importante conocer los componentes del módulo de control.



Figura 4. 139: Paso 19

Paso N° 20

Con un pulso sobre el botón tecla de programación y en el panel de parámetros se realiza los cambios pertinentes.

Realizando un pulso sobre la tecla intro, se guarda los cambios en la memoria eeprom del equipo.



Figura 4. 140: Paso 20

Grupo P00- Funciones básicas

P00.00 Modo de control de velocidad

en

2: Control SVPWM.

P00.01 Canal de comando de operación (modo RUN/STOP).

en

2: Canal de comando de operación mediante comunicación ("LOCAL/REMOT" encendido).

P00.03 Frecuencia Max. de salida en **60** HZ

P00.04 Límite superior de frecuencia en **60** HZ.

P00.05 Límite inferior de frecuencia, en **0** HZ.

P00.06 Modo de frecuencia A.

8: Ajuste mediante comunicación MODBUS.

P00.09 Ajuste del tipo de combinación para la obtención de la consigna de frecuencia.

En

0:A, la consigna de frecuencia es la A

P00.10 Consigna de frecuencia ajustada en consola en **60 HZ**.

P00.11 Tiempo de Aceleración 1 en **10** segundos.

P00.12 Tiempo de Desaceleración 1 en **10** segundos.

Grupo P02 - Datos del motor

P02.01 Potencia nominal del motor en **0.12 KW**.

P02.02 Frecuencia nominal del motor en **60 HZ**.

P02.03 Velocidad nominal del motor en **1350 RPM**.

P02.04 Tensión nominal del motor en **220 VAC**.

P02.05 Intensidad nominal del motor en **0.89 A**.

Grupo P05 - Terminales de entrada

P05.01 Selección de función del terminal S1

En

1: Rotación hacia adelante.

P05.02 Selección de función del terminal S2

En

2: Rotación en sentido inverso.

Grupo P14 – Comunicación serie

P14.00 Dirección local de comunicación.

Rango de ajuste: 1~247.

P14.01 Velocidad de transmisión.

3: 9600BPS.

P14.02 Ajuste de la comprobación de bit digital.

1: Comprobación par (E,8,1) para RTU.

P14.03 Retraso de la respuesta de comunicación.

0~200ms

Grupo P09 - Control PID

P09.00 Canal de referencia del control PID.

6: Referencia definida por comunicación MODBUS.

P09.01 Consigna del PID ajustada en consola (setpoint).

4: Realimentación mediante la comunicación MODBUS.

P09.03 Característica de salida PID.

0: Salida PID positiva.

P09.04 Ganancia proporcional (K_p).

Rango de ajuste: 0.00~100.00.

P09.05 Tiempo Integral (T_i).

Rango de ajuste: 0.01~10.00 s.

P09.06 Tiempo diferencial (T_d).

Rango de ajuste: 0.00~10.00 s.

P09.07 Periodo de muestreo (T).

Rango de ajuste: 0.00~10.000 s.

Paso N° 21

Para obtener los valores para el control PID ,se utiliza el software Matlab, para obtener además de la función de transferencia.



Figura 4. 141: Paso 21

Paso N° 22

Se introduce los valores de los diferentes valores en el icono workspace, así mismo en la opción comand Windows accedemos a la configuración mediante comando ident.

PID	
Frecuencia	Velocidad
0	0
1	22,5
2	45
3	67,5
4	90
5	112,5
6	135
7	157,5
8	180
9	202,5
10	225
11	247,5
12	270
13	292,5
14	315
15	337,5
16	360
17	382,5
18	405
19	427,5
20	450
21	472,5
22	495
23	517,5
24	540
25	562,5
26	585
27	607,5
28	630
29	652,5
30	675
31	697,5
32	720
33	742,5

34	765
35	787,5
36	810
37	832,5
38	855
39	877,5
40	900
41	922,5
42	945
43	967,5
44	990
45	1012,5
46	1035
47	1057,5
48	1080
49	1102,5
50	1125
51	1147,5
52	1170
53	1192,5
54	1215
55	1237,5
56	1260
57	1282,5
58	1305
59	1327,5
60	1350
60	1350
60	1350
60	1350

Tabla 6: PID

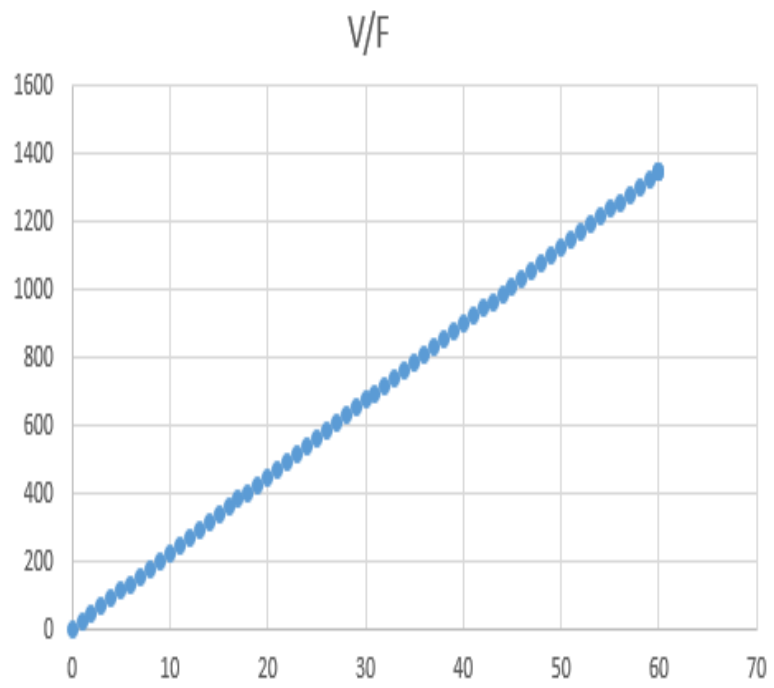


Figura 4. 142: Grafica Estadística

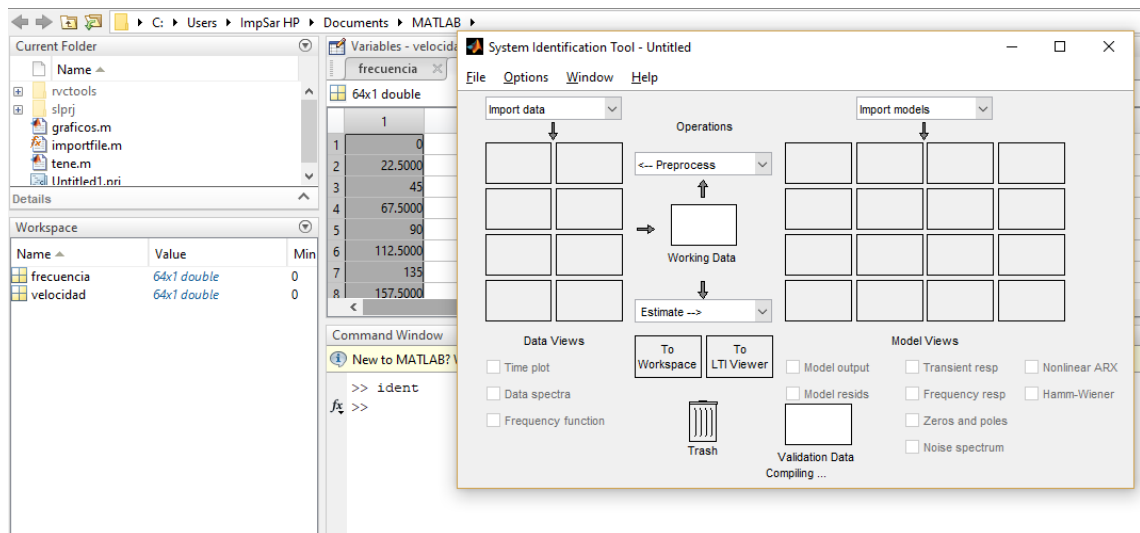


Figura 4. 143: Paso 22

Paso N° 23

Una vez ingresado en la función `ident` y comparado con la gráfica original con más de 75% se obtiene la función de transferencia.

$G =$

From input "u1" to output "y1":

23.07

0.003612 s + 1

Paso N° 24

Luego con el soporte del comando `pidtool`, obtenemos los valores de las ganancias para el sistema de control.

Controller Parameters	
	Tuned
Kp	0.11068
Ki	53.0241
Kd	0
Tf	

Figura 4. 144: Paso 24

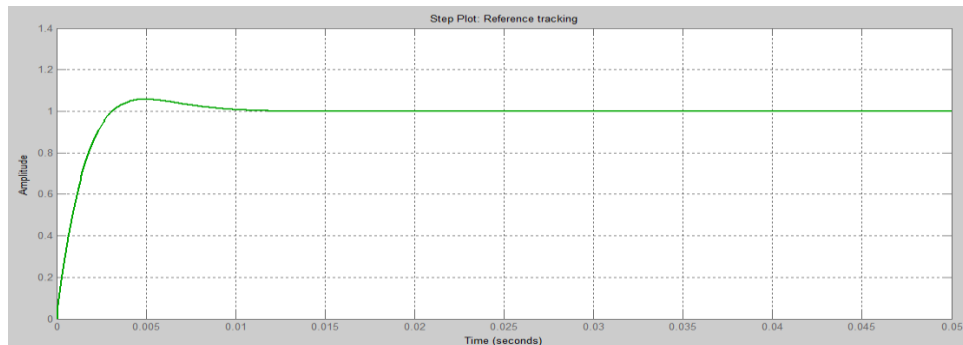


Figura 4. 145: Paso 24

7. Resultados obtenidos.

Se pudo apreciar, una vez dado marcha a la práctica, que el tiempo de respuesta se vuelve más eficaz durante el funcionamiento, al igual que la productividad con el uso de control PID en el sistema de control entre servo motor y variador de frecuencia, brindando resultados eficientes.

8. Conclusiones.

- Se pudo comprobar durante la práctica que el sistema de control y el sincronismo del variador de frecuencia respecto al servomotor, presentaron un tiempo de respuesta poco eficiente al no trabajar con control PID.
- Se concluyó que para una aplicación de sincronismo, con diferentes equipos industriales, un control PID brinda un resultado eficiente en el tiempo de respuesta.
- Se concluyó durante la programación del variador de frecuencia que la opción del parámetro de control PID permite enlazar automáticamente la opción de ingresar los nuevos valores de ganancia K_P , K_I , K_D y el tiempo de respuesta.

RECOMENDACIONES

- Mantener un constante cuidado en cuanto a los requisitos de mantenimiento se refiere, esto para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y el cumplimiento de su vida útil.
- Asegurarse de la compatibilidad de los equipos con las distintas versiones de software de cada desarrollador con el fin de evitar problemas al momento de realizar configuraciones.
- Establecer un sistema de registro de usuarios que realicen prácticas en la maleta didáctica.
- Tener en cuenta la compatibilidad de los equipos, protocolos de comunicación y conectividad en general si se desea en algún momento realizar el cambio de algún elemento o implementar uno nuevo.
- Mantenerse al día respecto a actualizaciones de hardware o software que las marcas desarrolladoras de los elementos puedan publicar en el futuro, esto con el fin de aprovechar constantemente los recursos que esta maleta didáctica ofrece o de evitar errores.
- Tener constantemente precaución al momento de la ejecución de cada práctica, siempre siguiendo las indicaciones de seguridad industrial y los manuales de funcionamiento.
- Se observa la importancia de establecer un cronograma correctamente planteado de acuerdo a los tiempos reales y posibles retrasos que cada una de las etapas pueda tener.

CONCLUSIONES

- Durante la construcción de esta maleta didáctica se comprobaron en campo real muchos de los conocimientos adquiridos durante el período estudiantil en la Universidad Politécnica Salesiana con respecto a las áreas de formación eléctrica, electrónica, informática, potencia y diseño, las cuales fueron la base para el correcto desarrollo de este proyecto.
- Se pudo apreciar que para programar con facilidad el servo drive, es mejor usar el software SERVO PLOER, ya que contiene todos los parámetros en una sola pantalla.
- Se concluye que previo a dar marcha por primera vez al servomotor, se debe realizar un autotuning a través del software, de esta manera quedan guardados los datos de tensión, amperaje, encoder, resistencia interna y resistencia de freno del motor
- Se comprobó que una vez establecida la comunicación entre el servomotor y el servodrive, se configuran automáticamente en el servodrive los parámetros de voltaje, corriente, potencia y tipo de encoder del servomotor.
- Para la salida de pulso y dirección hacia el servodrive se concluyó que las salidas del plc deben ser de transitor. El autómata IVC1 se comprobó las salidas únicas de alta frecuencia corresponden Y0 y Y1.
- Se comprobó que en la comunicación modbus rtu la velocidad de transmisión entre equipos deben ser las mismas, la que varía son las direcciones en cada equipos.

BIBLIOGRAFÍA

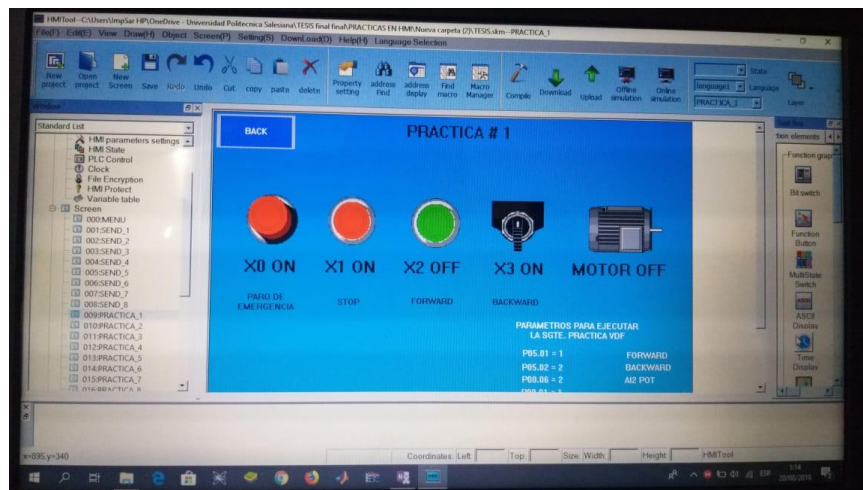
- Aadeca. (04 de 04 de 2017). *Aadeca* . Obtenido de Aadeca : https://www.editores-srl.com.ar/revistas/aa/4/micro_servomotores
- Areatecnologia. (02 de 07 de 2016). *Areatecnologia*. Obtenido de Areatecnologia: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/servomotor.html>
- CLR. (29 de 12 de 2016). *CLR*. Obtenido de CLR: <https://clr.es/blog/es/diferencias-motores-con-escobillas-brushless/>
- Control, M. (04 de 08 de 2010). *Motion Control*. Obtenido de Motion Control: <http://www.infopl.net/blog4/2010/08/04/elementos-de-un-servo-drive/>
- Gonzalez, A. G. (02 de 12 de 2016). *Antony Garcia Gonzalez*. Obtenido de Antony Garcia Gonzalez: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Gonzalez, V. (03 de 2002). *Victor Gonzalez*. Obtenido de Victor Gonzalez: http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/sensores.htm
- Infogram. (2019). *Infogram*. Obtenido de Infogram: <https://infogram.com/sistema-de-control-de-bucle-abierto-y-cerrado-1g957prkv8w8m01>
- Maps, G. (02 de 2018). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com/maps/place/SIMALEC/@-2.1329079,9.9359997,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x902d72964ec38f67:0xf385cbcb20a0eea!8m2!3d-2.132901!4d-79.933811?hl=es>

ANEXOS

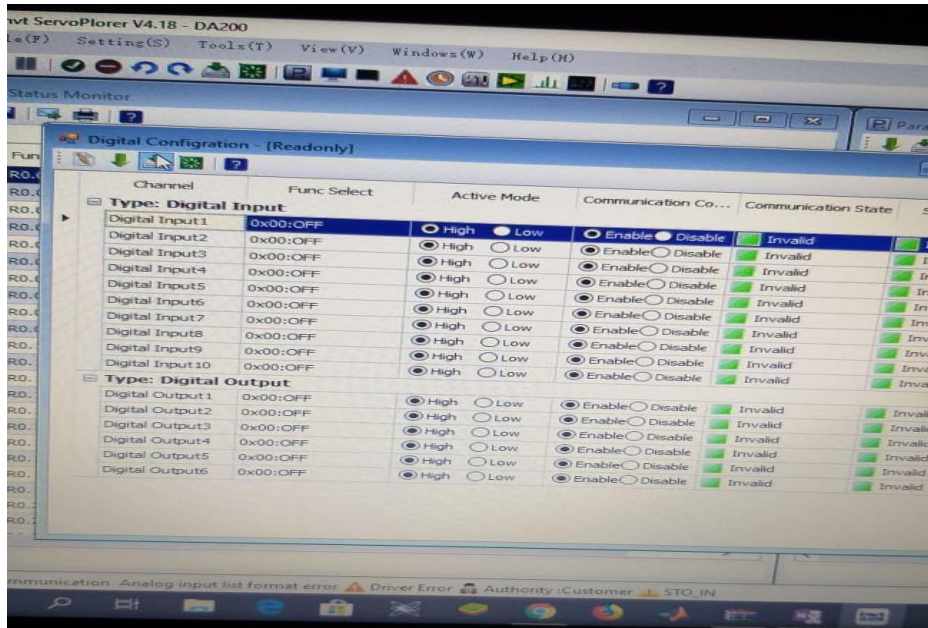
ANEXO A.- PRUEBAS DE LABORATORIO



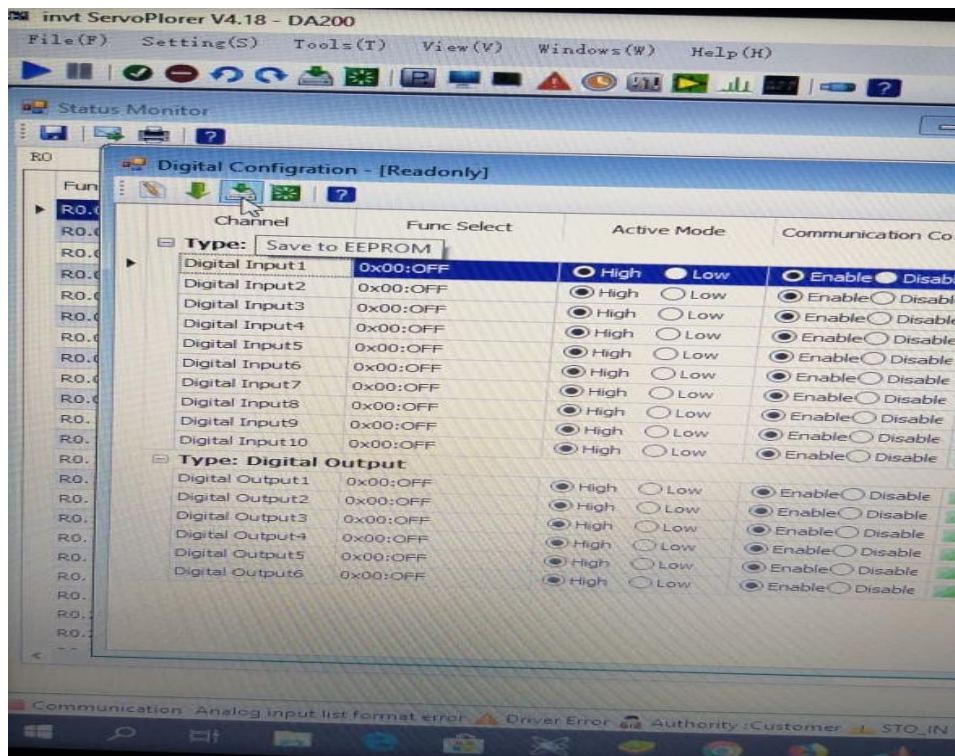
Anexo A 1: Capacitación Técnica



Anexo A 2: Práctica #3



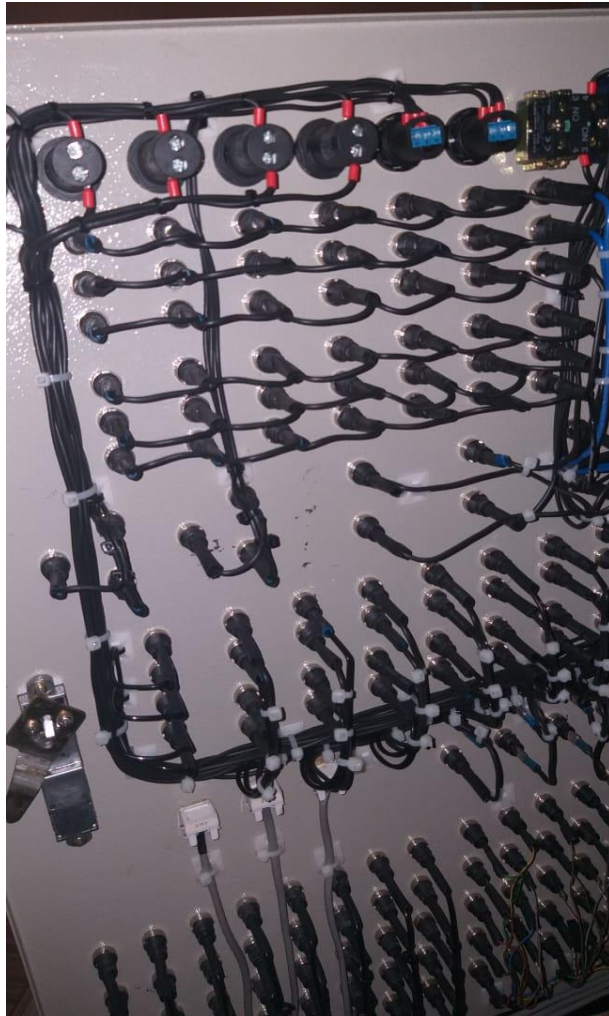
Anexo A 3: ServoPloer



Anexo A 4: Servo Ploer



Anexo A 5: Conector servo drive



Anexo A6: Conexiones internas tipo banana



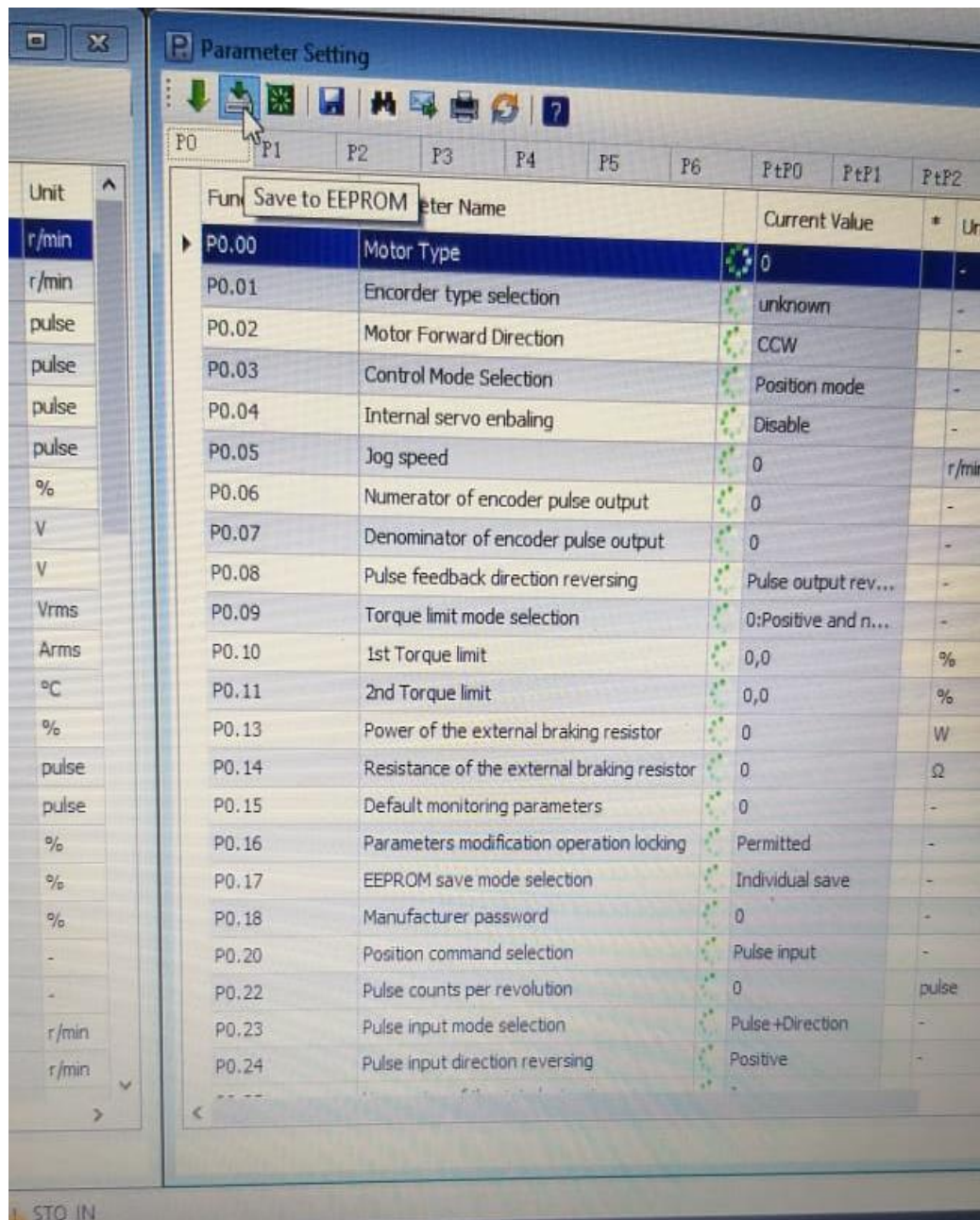
Anexo A 7: Ruedas maleta didáctica lado lateral



Anexo A 8: Panel de control



Anexo A 9: Maleta didáctica trabajando



Anexo A 10: Parámetro de Herramientas