

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA SIMULACIÓN DE APLICACIONES CON SERVOMOTOR, PLC Y HMI INVT"

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Electrónico

AUTOR(ES): Allison Samantha Guailacela Mesías Diego Andrés Pérez Maldonado

TUTOR: Ing. Byron Lima Cedillo, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Allison Samantha Guailacela Mesías con documento de identificacion N°0926070244 y Diego Andrés Pérez Maldonado con documento de identificacion N° 0919408740, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 30 de octubre de 2021

Atentamente,

Miso Guzilaceto M

Allison Samantha Guailacela Mesías C.I. 0926070244

Diego Andrés Pérez Maldonado C.I. 0919408740

CERTIFICADO DE ESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Allison Samantha Guailacela Mesías, con documento de identificación N°0926070244 y Diego Andrés Pérez Maldonado con documento de identificación N°0919408740, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del trabajo de grado intitulado: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA SIMULACIÓN DE APLICACIONES CON SERVOMOTOR, PLC Y HMI INVT"**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO ELECTRÓNICO**, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de octubre de 2021

Atentamente,

Miso-Guailactom

Allison Samantha Guailacela Mesías C.I. 0926070244

Diego Andres Pérez Maldonado C.I. 0919408740

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, MSc. Byron Xavier Lima Cedillo con documento de identificación N°0000000, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA SIMULACIÓN DE APLICACIONES CON SERVOMOTOR, PLC Y HMI INVT", realizado por Allison Samantha Guailacela Mesías con documento de identificación N°0926070244 y por Diego Andrés Pérez Maldonado con documento de identificación N°0919408740, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de octubre de 2021.

Atentamente,

MSc. Byron Xavier Lima Cedillo C.I. 0921971768

DEDICATORIA

A mi papi, Roque Mesías, que con su ejemplo y apoyo constante me inspiró a estudiar esta carrera, y es por quien a lo largo de estos años me he esforzado por enorgullecer.

A mi mamá, Lcda. Gloria Mesías, quien cultivó en mí desde pequeña a alcanzar mis metas y mis sueños, quien con su amor me incentivó a cosechar éxitos y sobre todo a aprender siempre de mis errores, que en la vida tendré tropiezos pero que siempre debo creer en mí.

A mi papá, José Guailacela, quien me dio su apoyo para alcanzar esta meta, y me alentó a no renunciar y continuar por este difícil pero lindo camino.

A Rodi, mi consejero y compañero durante la carrera, quien con sus consejos y apoyo me motivó a seguir adelante, sostuvo mi mano y me dio su hombro cuando los días se me hicieron difíciles.

Al Ing. Richard Nieto, quien estuvo presente con sus consejos y cariño de padre, para encaminarme y enseñarme que el cielo no es el límite.

A mi hermana, Lcda. Kimberlyn Guailacela y mi novio, César Alcívar, por su amor y apoyo constante en esta etapa de mi vida, sin duda alguna sus palabras han sido de vital importancia para mí.

Por ustedes y para ustedes, espero llenar sus corazones de orgullo ya que este logro es nuestro.

Allison Samantha Guailacela Mesías

DEDICATORIA

A Dios, a mi mamá, María Maldonado quien estuvo apoyándome y dándome ánimos para seguir y continuar esforzándome para dar todo de mí en la carrera.

A mi papá, por inspirarme a seguir la carrera que escogí desde el inicio y ayudarme con mis anhelos más deseados.

A mis hermanos, Luis y Kevin Pérez que me ayudaron siempre que lo necesité para poder continuar con mis estudios.

A mi abuela materna, Elma Asanza, que lamentablemente ya no se encuentra con nosotros pero que siempre estuvo conmigo cuando más lo necesité y me enseñó que con cada derrota que se tiene en la vida se debe aprender de ella para no volver a cometerlo.

Por todos ustedes y para ustedes, es este primero de tantos logros en mi vida y seguiré dando todo mi esfuerzo como lo he venido dando hasta ahora.

Diego Andrés Pérez Maldonado

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a Dios, por la fortaleza y las bendiciones que me ha otorgado, por ser mi mejor compañero de aula, por permitirme cumplir esta meta a pesar de lo difícil que fue el camino.

A mis profesores, quienes día a día me impartieron sus conocimientos y el día de hoy me llevo un poco de cada uno de ellos, esperando llegar a ser una excelente profesional tal y como ellos me enseñaron.

A mis compañeros, Connie, Gabriel, Ricardo, Josué, quienes estuvieron presentes a lo largo de este camino y sin duda alguna, fueron un apoyo importante durante esta etapa.

A mi compañero de tesis y mejor amigo, Diego Pérez, por su paciencia y por nunca dejarme sola cuando más lo necesité.

Allison Samantha Guailacela Mesías

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y a mis abuelos que han sido parte fundamental en mi vida y que me han enseñado todo lo que sé hasta ahora, dándome una educación excelente, logrando un buen criterio y a vencer cualquier obstáculo que se atraviese en mis metas.

A todos mis compañeros que me brindaron su apoyo y su amistad a lo largo de mi carrera, sobre todo a mi compañera de tesis y también mi mejor amiga, ya que juntos pudimos superar los problemas que se presentaron que desde que iniciamos la carrera y fue quien me ayudó a alcanzar algunas metas. Sin dudarlo, puedo decir que, sin mi compañera, mi mejor amiga no habría podido llegar hasta donde estoy ahora.

También quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, directivos y docentes, por la enseñanza brindada, y por los consejos que me ayudaron a saber cuál es el camino correcto para mi futuro.

Diego Andrés Pérez Maldonado

RESUMEN

Año	Alumnos	Director de proyecto	Tema de proyecto de titulación
2021	Allison Samantha Guailacela Mesías Diego Andrés Pérez Maldonado	Ing. Byron Lima Cedillo, MSc.	"Diseño e implementación de un módulo didáctico para la simulación de aplicaciones con servomotor, PLC y HMI INVT."

En la actualidad el desarrollo de la tecnología en los procesos industriales tiene un gran impacto en las empresas, en las mismas se han ido realizando actualizaciones de diferente índole tanto en el proceso como en los elementos electrónicos como son los PLCs, sensores, HMI, mejorando así la productividad, tiempos de respuesta, mejora en la calidad de los productos.

Las empresas que han decidido mejorar sus procesos se encuentran con la dificultad de adquirir las soluciones de marcas reconocidas internacionalmente por los costos ya que al inicio fue implementado con esas referencias comerciales y esto implican tanto en el desarrollo como en su implementación que en la actualidad es una inversión bastante alta.

Existen proveedores de productos y servicios que en las últimas dos décadas han salido al mercado y hacen una buena competencia a marcas reconocidas en el campo de la automatización, generando así una brecha en el conocimiento para la implementación de estas nuevas marcas y sus diferentes configuraciones.

Los estudiantes al graduarse se limitan al conocer las mismas marcas reconocidas y cuando se integran al ámbito laboral se encuentran con una diversidad de proveedores y con esto se puede dificultar su incorporación en la *industria*.

Este proyecto de titulación tiene como finalidad realizar un módulo didáctico con una nueva marca que va tomando auge en el mercado nacional por lo cual permite a los estudiantes de la carrera realizar prácticas con los conocimientos adquiridos en las aulas y poder llevarlo al diseño, implementación y funcionamiento de las diferentes áreas de la automatización.

El módulo consta de elementos como son el Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en ingles), la interfaz humano-máquina (HMI), un controlador para el servomotor y el servomotor, que en la unión de todos estos dispositivos se puede realizar pruebas simuladas de diferentes índoles.

ABSTRACT

Year	Students	Technical Project manager	Item of Project of Titulation
2021	Allison Samantha Guailacela Mesías Diego Andrés Pérez Maldonado	Eng. Byron Lima Cedillo, MSc.	"Design and implementation of a didatic module for the simulation of applications with servomotor, PLC and HMI INVT."

Currently the development of technology in industrial processes has a great impact on companies, they have been making updates of different kinds both in the process and in electronic elements such as PLCs, sensors, HMI, improving thus productivity, response times, improvement in the quality of the products.

Companies that have decided to improve their processes find it difficult to acquire solutions from internationally recognized brands due to costs, since at the beginning it was implemented with those commercial references and this implies both in the development and in its implementation, which is currently quite a high investment.

There are product and service providers that have come onto the market in the last two decades and compete well with recognized brands in the field of automation, thus generating a gap in knowledge for the implementation of these new brands and their different configurations.

Upon graduation, students are limited to knowing the same recognized brands and when they enter the workplace they find a diversity of suppliers and this can make it difficult to incorporate into industry.

The purpose of this degree project is to carry out a didactic module with a new brand that is gaining momentum in national market, which allows students of the degree to carry out practices with the knowledge acquired in classrooms and to be able to take it to design, implementation and operation of the different areas of automation.

The module consists of elements such as the Programmable Logic Controller (PLC, for its acronym in English), the human-machine interface (HMI), a controller for the servomotor and the servomotor, which in the union of all these devices can be carried out simulated tests of different kinds.

ÍNDICE GENERAL

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN II
CERTIFICADO DE ESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANAIII
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓNIV
DEDICATORIAV
AGRADECIMIENTO
RESUMENIX
ABSTRACTX
INTRODUCCIÓN
1. PROBLEMA
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA. 2
1.2. IMPORTANCIA Y ALCANCES
1.3. DELIMITACIÓN
1.3.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL
1.3.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL
1.3.3. DELIMITACIÓN ACADÉMICA
1.4. OBJETIVOS
1.4.1. OBJETIVO GENERAL
1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 3
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS 4
2.1. ANTECEDENTES 4
2.2. REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL 4
2.3. TIPOLOGÍA DE REDES INDUSTRIALES 5
2.4. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
2.5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE AUTOMATIZACIÓN
2.5.1. INVT
2.5.2. SERVOMOTORES
2.5.3. SERVOMOTOR INVT SV-ML06-0R4G-2-1A2-300010
2.5.4. PLC INVT Modelo IVC1-141010
2.5.5. HMI
2.5.6. SENSORES Y ACTUADORES13
2.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN
2.6.1. VENTAJAS15
2.6.2. DESVENTAJAS15
2.7. AUTODESK INVENTOR16
2.8. MODBUS RTU17
3. MARCO METODOLÓGICO

	3.1	DISEÑO DEL MÓDULO DIDÁCTICO	18
	3.2	CUERPO DEL MÓDULO DIDÁCTICO	19
	3.3	DISEÑO ELÉCTRICO DEL MÓDULO	20
	3.4	AUTÓMATA PROGRAMABLE PLC IVC1L-1410MAT	21
	3.5	SELECTORES	23
	3.6	SERVOMOTOR	23
	3.7	SERVODRIVE	23
	3.8	PULSADORES	24
	3.9	LUCES PILOTO	24
	3.10	RELES DE INTERFAZ	25
	3.11	FUENTE DE ALIMENTACION	25
	3.12	BREAKER	26
	3.13	INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA	26
	3.14	SOFTWARE DE PROGRAMACION	27
	3.15	PARAMETROS INICIALES PARA EL SERVODRIVE	28
	3.16	COMUNICACIÓN MODBUS DE LOS EQUIPOS	30
4.	PRÁ	CTICAS DE LABORATORIO	32
	4.1	PRÁCTICA # 1	32
	4.2.	PRÁCTICA # 2	33
	4.3.	PRÁCTICA # 3	34
	4.4.	PRÁCTICA # 4	35
	4.5.	PRÁCTICA # 5	36
	4.6.	PRÁCTICA # 6	37
	4.7.	PRÁCTICA # 7	38
	4.8.	PRÁCTICA # 8	39
	4.9.	PRÁCTICA # 9	40
	4.10.	PRÁCTICA # 10	41
5.	RES	ULTADOS	42
	5.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
С	ONCLU	SIONES	62
R	ECOME	NDACIONES	63
AI	NEXOS		64
Aı	nexo 1:	Creación de proyecto	64
Aı	nexo 2.	Configuración del servo drive	70
Aı	nexo 3.	Práctica uno	83
Aı	nexo 4.	Práctica dos	84
Aı	nexo 5.	Práctica tres	85
Âı	nexo 6. _	Práctica cuatro	86
Â	nexo 7.		87
Αı	nexo 8.	Practica seis	88

92
94
101
105
106
108
109
111
113

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Pirámide de automatización	. 5
Figura 2. Tipología de redes industriales	. 6
Figura 3. Esquema de un Sistema de automatización básico	. 8
Figura 4. Servomotor INVT	. 9
Figura 5. PLC IVC1-1410	.12
Figura 6. Pantalla de HMI de la marca INVT	.13
Figura 7. Sensores industriales	.14
Figura 8. Actuadores Industriales	.14
Figura 9. Diseño en 2D del módulo	18
Figura 10 Diseño en 3D del módulo	18
Figura 11. Caja metálica a usarse para el módulo	19
Figura 17. Diseño en 20 para ubicación de luces niloto, nulsadores y HMI	10
Figura 12. Diseño en 20 para abicación de laces piloto, pulsadores y mini.	20
Figura 14. Posqueio de distribución de equipes	20
Figura 14. Dosquejo de distribución de equipos	20
Figure 16. Discreme de fuerze	21
Figure 17. Diagrama de lueiza	21
Figura 17. PLC INVI usado en el proyecto	22
Figura 18. Selectores ubicados en el modulo.	23
Figura 19. Servomotor usado para el desarrollo del modulo.	23
Figura 20. Servo Drive usado en el desarrollo del módulo.	.24
Figura 21. Pulsadores y paro de emergencia	.24
Figura 22. Luces piloto	.25
Figura 23. Relés de interfaz usados en el módulo.	.25
Figura 24. Fuente de alimentación	.26
Figura 25. Breakers de protección.	.26
Figura 26. HMI VT 070 INVT	27
Figura 27. Vista principal de inicio del software Auto Station.	27
Figura 28. Vista principal de inicio del software VT Designer	.28
Figura 29. Vista principal de inicio del software del Servo Drive.	.28
Figura 30. Parámetro modificable	.29
Figura 31. Pasos para realización del cambio en el parámetro.	.29
Figura 32. Cambio de modo en el parámetro P0.03	.30
Figura 33. Bloque de sistemas.	.30
Figura 34 Protocolo Modbus	31
Figura 35. Configuración del PI C para la ejecución de las prácticas	42
Figura 36. Instalación de los equipos y cableado	43
Figura 37 Papel de control	13
Figura 38. Culminación del módulo	11
Figure 20. Luz de marche del conversetor	44
Figure 40. Luz de perede del cervemeter	40
Figure 44. Luz de parada del servornolor	40
Figura 41. Luz de Inicio en posición Inicial.	40
Figura 42. Luz de posicion dos.	40
Figura 43. Luz indicando operación de posicionamiento	47
Figura 44. Luz indicando que el eje esta desmagnetizado	.47
Figura 45. Luz de primera posición.	.48
Figura 46. Luz de segunda posición.	.48
Figura 47. Luz de tercera posición.	49
Figura 48. Pantalla HMI práctica 5	.49
Figura 49. Resultados de la práctica 5	50
Figura 50. Resultado de la práctica 5	50
Figura 51. Pantalla HMI de la práctica 6	51
Figura 52. Luz piloto de avance 1/2 vuelta práctica 6	52
Figura 53. Pantalla HMI de la práctica 7	53

Figura 54.	Salidas digitales práctica 7	.54
Figura 55.	Pantalla HMI de la práctica 8.	.55
Figura 56.	Salida digital de color rojo	.56
Figura 57.	Salida digital de la opción llenado práctica 8	.56
Figura 58.	Pantalla de HMI de la práctica 9.	.57
Figura 59.	Movimiento de cajas de la práctica 9.	.57
Figura 60.	Pantalla con error de la práctica 9	.58
Figura 61.	Encendido de las salidas digitales de la práctica 9	.59
Figura 62.	Pantalla HMI de la práctica 10.	.60
Figura 63.	Llenado de botella de la práctica 10	.60
Figura 64.	Indicadores de la práctica 10.	.61
Figura 65.	Encendido de las salidas digitales.	.61
Figura 66.	Pasos para la creación de un provecto.	.64
Figura 67.	Insertar nombre al nuevo provecto.	.64
Figura 68	Selección de modelo del PI C y puerto de conexión	65
Figura 69	Parámetros de conexión	66
Figura 70	Creación de nuevo provecto en Auto Station	66
Figura 71	Selección de modelo y nombre del provecto	67
Figura 72	Configuración de los puertos	67
Figura 73	Configuración de los puertos 1 y 2	88
Figura 74	Configuración específica del puerto 1	.00 88
Figura 75	Configuración específica del puerto 2	69
Figura 76	Configuración del servo drive parte 1	70
Figura 70.	Configuración del servo drive parte 2	71
Figura 78	Configuración del servo drive parte 3	72
Figura 70.	Configuración del servo drive parte 3	72
Figura 79.	Configuración del servo drive parte 5	73
Figura 80.	Configuración del serve drive parte 6	75
Figura 01.	Configuración del serve drive parte 7	.70
Figura 02.	Configuración del serve drive parte ?	.70
Figura 03.	Configuración del serve drive parte 0	.//
Figura 04.	Configuración del serve drive parte 10	.10
Figura 65.	Configuración del serve drive parte 11	00
Figura 00.	Configuración del serve drive parte 12	.00
Figura 67.	Configuración del servo drive parte 12.	01
Figura 88.	Conliguración del servo drive parte 13.	.82
Figura 89.	Bioque 1 y 2 de programación de practica 1.	.83
Figura 90.	Bioque 2 y 3 de la programación de la práctica 1	.83
Figura 91.	Bioque 1 y 2 de la programación de la practica 2	.84
Figura 92.	Bioque 3 y 4 de la programación de la práctica 2	.84
Figura 93.	Bioque 4 de la programación de la practica 2.	.84
Figura 94.	Bioque 1 y 2 de la programación de la practica 3	.85
Figura 95.	Bloque 3, 4 y 5 de la programación de la practica 3	.85
Figura 96.	Bloque 1 y 2 de la programación de la práctica 4	.86
Figura 97.	Bloque 3, 4 y 5 de la programación de la practica 4	.86
Figura 98.	Bloque 1 y 2 de la programación de la práctica 5	.87
Figura 99.	Bloque 3 y 4 de la programación de la práctica 5	.87
Figura 100). Bloque 5 y 6 de la programación de la práctica 5	.88
Figura 101	I. Bloque 1, 2 y 3 de la programación de la práctica 6	.88
Figura 102	2. Bloque 4 de la programación de la práctica 6	.89
Figura 103	3. Bloque 5 de la programación de la práctica 6	.89
Figura 104	I. Bloque 5 de la programación de la práctica 6.	.90
Figura 105	5. Bloque 6 de la programación de la práctica 6	.90
Figura 106	6. Bloque 7 de la programación de la práctica 6	.91
Figura 107	7. Bloque 8 de la programación de la práctica 6	.91
Figura 108	3. Bloque 1 y 2 de la programación de la práctica 7	.92

Figura 109. Bloque 3 y 4 de la programación de la práctica 7	92
Figura 110. Bloque 5 y 6 de la programación de la práctica 7	93
Figura 111. Bloque 7 de la programación de la práctica 7	93
Figura 112. Bloque 8 de la programación de la práctica 7	93
Figura 113. Bloque 1, 2 y 3 de la programación de la práctica 8	94
Figura 114. Bloque 4 y 5 de la programación de la práctica 8	94
Figura 115. Bloque 6, 7, 8 y 9 de la programación de la práctica 8	95
Figura 116. Bloque 10 de la programación de la práctica 8	95
Figura 117. Bloque 11 de la programación de la práctica 8	96
Figura 118. Bloque 12 de la programación de la práctica 8	96
Figura 119. Bloque 13 de la programación de la práctica 8	97
Figura 120. Bloque 14 de la programación de la práctica 8	97
Figura 121. Bloque 1 de la programación de la práctica 9	98
Figura 122. Bloque 2 de la programación de la práctica 9	98
Figura 123. Bloque 3 y 4 de la programación de la práctica 9	99
Figura 124. Bloque 5, 6 y 7 de la programación de la práctica 9	99
Figura 125. Bloque 8 y 9 de la programación de la práctica 9	100
Figura 126. Bloque 10 y 11 de la programación de la práctica 9	100
Figura 127. Bloque 1 de la programación de la práctica 10	101
Figura 128. Bloque 1.1 de la programación de la práctica 10	101
Figura 129. Bloque 2, 3 y 4 de la programación de la práctica 10	102
Figura 130. Bloque 5, 6 y 7 de la programación de la práctica 10	102
Figura 131. Bloque 8, 9 y 10 de la programación de la práctica 10	103
Figura 132. Bloque 11 y 12 de la programación de la práctica 10	103
Figura 133. Bloque 13, 14 y 15 de la programación de la práctica 10	104
Figura 134. Datasheet servomotor 1	105
Figura 135. Datasheet del servomotor 2	105
Figura 136. Datasheet del PLC 1	106
Figura 137. Datasheet del PLC 2	107
Figura 138. Datasheet del HMI	108
Figura 139. Datasheet del Servo Drive 1	109
Figura 140. Datasheet del Servo Drive 2	110
Figura 141. Diagrama de control	111
Figura 142. Diagrama de fuerza.	112

ÍNDICE DE TABLAS

22
22
29
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
51
52
52
53
54
55
55
58
58
59

INTRODUCCIÓN

Las empresas ecuatorianas en su afán de mejorar los procesos de producción y optimizar recursos han visto la necesidad de actualizar los equipos técnicos que ya han cumplido su tiempo de vida útil. Debido a esto, realizan la búsqueda de la mejor opción en cuanto a economía y facilidad, en el mercado actualmente existen marcas que son reconocidas porque han sido las pioneras en cuanto a la automatización de procesos y actualmente sus costos han incrementado.

Sin embargo, a lo largo de los años y con el avance de la tecnología, salieron al mercado nuevas marcas con costos accesibles. Esto requiere que los técnicos, empleados y empleadores se capaciten para el correcto uso de esta nueva tecnología. Por consiguiente, los estudiantes de la carrera al salir al mercado laboral conocen nuevas marcas y una programación diferente a la impartida dentro del aula de clases.

Con este proyecto, lo que se desea lograr es introducir a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana en marcas procedentes de diferentes proveedores para así ampliar sus conocimientos en cuanto a equipos para los procesos de automatización y así brindar a las industrias a un profesional altamente capacitado para poder reconocer y programar procesos de automatización en variedad de marcas.

En el capítulo I, contiene el planteamiento del problema, antecedentes, importancia, delimitaciones, el objetivo general y los objetivos específicos.

En el capítulo II, contempla el marco teórico del proyecto, se enfoca en los conceptos aplicados, herramientas usadas, sensores, HMI, controladores, entre otros.

En el capítulo III, se detalla el método experimental y como fue utilizado para el desarrollo del módulo, el diseño, implementación, así como las conexiones usadas, el diseño eléctrico entre otros.

En el capítulo IV, se enfoca en las prácticas, en detallar lo que se obtuvo luego de la implementación del módulo didáctico, en exponer cómo se cumplieron los objetivos planteados.

En el capítulo V, se detalla el análisis de resultados, se expone de manera ordenada los resultados y datos obtenidos en las pruebas de funcionamiento luego de la implementación.

1. PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Las industrias ecuatorianas automatizaron sus procesos con tecnología que en su momento estaba en auge con marcas reconocidas a nivel mundial como por ejemplo Siemens, que ayudo a mejorar la producción y calidad de los productos elaborados compitiendo así con empresas extranjeras.

Con el pasar del tiempo, la demanda de los diferentes productos fue aumentado debido al crecimiento sea económico o poblacional por lo cual se debe reconsiderar una ampliación, mejora de los niveles y tiempos de producción, para asegurar la continuidad de las industrias y el trabajo para las personas que trabajan en las mismas.

Muchas empresas en el afán de continuidad, evalúan propuestas de implementaciones con nuevas marcas para los procesos de automatización de diferente índole, debido a que el costo de actualización de equipos, procesos, software con las marcas iniciales se vuelve sumamente costosa y el retorno de la inversión se realizaría en un periodo largo, lo cual no es conveniente para los accionistas.

En las implementaciones con nuevas marcas y la relación de precios y/o servicios de las marcas reconocidas o instaladas inicialmente es de la mitad y/o menos de la mitad, lo cual se vuelve muy atractivo para los socios de las industrias el tomar el riesgo de cambio.

En este proceso de diseño, implementación y mantenimiento de las nuevas marcas que van ganando mercado en el proceso de automatización comienza a existir una demanda de personal calificado y capacitado para poder mantener en funcionamiento, realizar cambios necesarios en los procesos existentes o nuevos procesos que exige la competencia entre industrias.

El personal capacitado por los socios estratégicos de la marca y que a nivel internacional en otros países tienen buena acogida, tienen la capacidad de resolver cambios, novedades operativas sea a través de la instrumentación o de cambios en los procesos en el controlador lógico programable, esta capacitación en sitio en cada empresa hace que la demanda sobre personal capacitado crezca y más que todo el conocimiento sea trasladado a el siguiente personal que monitoreará el mismo.

Los estudiantes recién graduados o egresados de la Universidad Politécnica Salesiana tienen el conocimiento teórico sobre los diferentes procesos de automatización y la parte práctica la han ejecutado en marcas reconocidas mundialmente, pero la dificultad surge cuando los estudiantes al ingresar al mercado laboral encuentran nuevas marcas con diferente interfaz gráfica, diferente forma de programación, diferente forma de implementación a lo aprendido en las aulas universitarias. Estas diferencias disminuyen la capacidad de los graduados, egresados y estudiantes en poder tener un puesto de trabajo en estas empresas que tienen nuevas marcas en este caso como INVT.

1.2. IMPORTANCIA Y ALCANCES

El diseño e implementación de un módulo didáctico para la simulación de aplicaciones con servomotor, PLC y HMI de la marca INVT, brindará innovación en las aulas de clase ya que el estudiante pude manipular, poner en práctica los conocimientos teóricos aprendidos en un equipo de programación diferente al que existe en las aulas, teniendo la capacidad de poder diferenciar las diferentes formas de configuración y adquirir experiencia sobre el equipo, este impacto en el estudiante generará confianza y logrará tener un elemento diferenciador en el momento de conseguir un lugar de trabajo en el ámbito industrial.

1.3. DELIMITACIÓN.

1.3.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL.

El periodo para la realización de este proyecto fue desde noviembre 2020 hasta septiembre 2021, tiempo requerido para la recopilación de información para el correcto funcionamiento de sus equipos.

1.3.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL.

Por motivos de seguridad dada la situación mundial por la pandemia (COVID-19), el diseño y la implementación del prototipo se realizará desde los domicilios, luego del desarrollo del proyecto quedará establecido en el Laboratorio de Automatización Industrial de la carrera Ingeniería Electrónica.

1.3.3. DELIMITACIÓN ACADÉMICA.

Este proyecto de titulación reforzará los conocimientos técnicos adquiridos en las materias de Automatización Industrial I y II, Redes Industriales, y seminarios profesionales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un módulo didáctico utilizando un servomotor, PLC e interfaz HMI INVT que permitan al estudiante un mejor manejo en la parte automatización industrial.

1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Diseñar y elaborar un módulo didáctico que permita realizar las configuraciones necesarias para las prácticas a realizar.
- Programar y configurar el PLC junto con la interfaz HMI utilizando el servomotor para realizar las prácticas.
- Realizar un manual de 10 prácticas mediante la ejecución de los procesos, utilizando la mayoría de elementos que proporciona el módulo didáctico.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. ANTECEDENTES

Con el desarrollo del campo industrial y el avance de la tecnología del día a día, existe una necesidad creciente de obtener más información sobre la productividad y el funcionamiento de cada proceso automatizado. Desde la década de 1980 se han desarrollado buses de campo con diferentes funciones de comunicación. En todas las empresas con economía de mayor crecimiento en el país, han desarrollado aplicaciones de control para mejorar las funciones de su empresa o industria en diferentes áreas, incluyendo textiles, alimentos, automóviles, construcción, petroleras, etc.

Además de la nueva tecnología de comunicación de datos, debido a la necesidad de control distribuido, una de estas tecnologías avanzadas es el bus de campo. De acuerdo con la aplicación de su tecnología en diferentes campos de la industria, su propósito de operación es reducir el cableado, transmitir datos en el menor tiempo posible y ahorrar dinero debido a parada obligatoria (Bohorquez, 2020). La avería de estos elementos y el retraso en su identificación proporcionan una herramienta que puede mejorar la respuesta del área de mantenimiento ante problemas. Según su desarrollo, la información generada se utilizará en otras áreas involucradas en la gestión y producción de la fábrica.

El principal desafío de la industria moderna es integrar las necesidades del cliente con las diferentes tecnologías de automatización utilizadas en los procesos industriales. Estas tecnologías pueden proporcionar sistemas eficaces, potentes y autónomos para las tareas realizadas en los procesos internos de la industria. Las principales características del ciclo productivo actual son su ejecución efectiva, el crecimiento exponencial de la producción y la competencia que generan estas competencias en la organización (Hernandez, 2021). Esta situación ayuda a determinar la importancia de los procesos implementados en la industria y cómo responden a las necesidades del mercado y la efectividad del entorno, el equilibrio costo-beneficio de la solución en el entorno de la industria es siempre el principal requisito previo al proyecto.

En el campo de la automatización, algunos ejemplos de diseño de sistemas de control de procesos son los sistemas de fabricación reconfigurables o RMS (Reconfigurable Manufacturing System, su abreviatura en inglés) son esos ejemplos para agregar nuevas funciones. Reconfiguración, pero los cambios y beneficios del nuevo sistema dependen de las características de cada dispositivo; y sistema de fabricación flexible o FMS (sistema de fabricación flexible, abreviatura en inglés), este paradigma proporciona al sistema un cierto grado de diferencia entre varios equipos integrados, por lo que se puede configurar, permitiendo la configuración sin agregar funcionalidad. Se debe reconfigurar todo el sistema a nivel de dispositivo (Mejia, Jabba, Carrillo, & Caicedo, 2019).

2.2. REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

La red de comunicación industrial se originó en la Fundación FIELDBUS (Field Network). La Fundación FIELDBUS ha creado un protocolo de comunicación

innovador para la medición y el control, los instrumentos pueden comunicarse en la misma red (Calero & Romero, 2020).

La comunicación entre la instrumentación de procesos y el sistema de control se basa básicamente en señales analógicas. Sin embargo, ya existen algunos instrumentos digitales capaces de procesar grandes cantidades de datos y almacenamiento histórico. Su precisión es diez veces mayor que la de la señal clásica de 4-20 mA. Transfieren variables en secuencia a través de un cable de comunicación llamado bus (Miranda, 2017).



Figura 1. Pirámide de automatización Fuente: SMC International Training https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/311

2.3. TIPOLOGÍA DE REDES INDUSTRIALES

La topología de la red representa la forma en que se interconectan varios dispositivos de la red. Muchas topologías son diferentes a través de los siguientes tres criterios: disponibilidad, redundancia o escalabilidad, los más básicos son los arreglos en estrella, anillo y bus.

Estructura en estrella: la información se recibe a través de un nodo central. Cada dispositivo se utiliza para conectarse correctamente. Su mayor ventaja es que si una de las líneas está ligada a interferencia, solo afectará al equipo conectado a ella (Chaupis, 2018, pág. 22).

Estructura de la red en anillo: la información se transmite de un dispositivo a otro, no existe un control central en la red en anillo y cada dispositivo actúa como controlador dentro del intervalo de tiempo autorizado (Chaupis, 2018, pág. 25).

Estructura del bus: cada dispositivo en cada dispositivo está conectado a una línea de datos universal, llamada bus, a través de la cual se transmite información. Al contrario de la estructura del anillo, la información finalmente llega al receptor sin ningún otro equipo (Chaupis, 2018, pág. 26).



2.4. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Las industrias de hoy se ven obligadas a utilizar nuevos sistemas que apoyan la dinámica que enfrentan las organizaciones. Sin embargo, los sistemas comerciales actuales carecen de dicha dinámica. Debido a la insuficiente flexibilidad y agilidad de respuesta, esto a menudo hace que sea imposible implementar nuevas funciones en los procesos. Adáptese a los cambios dinámicos en los estilos de producción que se experimentan hoy (Catalán, 2017). El desarrollo de las tecnologías de la información ha incrementado la posibilidad de tener una nueva visión del proceso de fabricación en el campo de la automatización industrial, y sus desafíos se centran en su flexibilidad y reconfiguración.

Actualmente, existen algunos paradigmas que pueden ayudar con los desafíos que puedan surgir en el campo de la automatización industrial; uno de estos paradigmas es el sistema de fabricación holónica, cuyas características permiten modelar los componentes de la fábrica como holones, que son entidades autónomas que cooperan con entre sí, lo que permite el desarrollo de un sistema de producción más eficaz y tiene una mayor capacidad anti interferente. Fácil de adaptarse a los cambios y, lo más importante, más potente (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010).

La automatización industrial se define como la tecnología utilizada para controlar y monitorear procesos industriales, equipos, máquinas, robots e incluso software. Por lo general, maneja funciones repetitivas, con poca o ninguna intervención humana en estas tareas, por lo que se realizan de forma automática.

Podemos discutir dos entornos diferentes para la aplicación de la automatización industrial: entorno OT o entorno operativo, en el que se realizan las tareas tradicionales de fabricación; y entorno TI o entorno de información, con un alto grado de atención a los ordenadores y su software (Mahecha, 2020).

El sistema de automatización se puede dividir en dos partes: la parte operativa, que incluye los elementos que permiten al robot o máquina realizar tareas, como sensores, actuadores, motores, cilindros, sistemas de visión, unidades o compresores neumáticos. La segunda parte se centra en el control de estos elementos mediante autómatas programables, API, PLC o estación de automatización.

• Funcionamiento de la automatización industrial

La estructura de un sistema de automatización industrial sirve para explicar los diferentes niveles de su funcionamiento. Hay varias maneras de describir los niveles de un proceso de automatización industrial, pero la más simple de todas y la más común para que se entienda es el siguiente triángulo jerárquico de representación de tres niveles de un sistema de automatización industrial típico.

• Nivel de proceso de automatización

A continuación, describiré los tres niveles de triángulos jerárquicos que representan aplicaciones típicas de automatización industrial.

Supervisor:

Según las necesidades de la empresa, el nivel de supervisor incluye una computadora o computadora industrial, PC de escritorio, panel de control o formato rack. La computadora central utiliza un sistema operativo estándar con software especial, generalmente proporcionado por un proveedor para controlar los procesos industriales.

El principal objetivo del software es la visualización y parametrización del proceso. El protocolo Industrial Ethernet se utiliza para la comunicación y puede ser una LAN gigabit o cualquier topología inalámbrica (WLAN) (Salazar & Crespo, 2020).

Nivel de control:

El nivel de control es el nivel medio en la jerarquía y es el nivel en el que se ejecutan todos los programas relacionados con la automatización. Con este fin, generalmente se utiliza un controlador lógico programable o PLC que proporciona capacidades de computación en tiempo real (Sánchez, 2020).

Los PLC generalmente se implementan utilizando microcontroladores de 16 o 32 bits y se ejecutan en un sistema operativo propietario para cumplir con los requisitos en tiempo real. El PLC también se puede interconectar con varios dispositivos de E / S y se puede comunicar a través de varios protocolos de comunicación industrial.

Nivel de campo:

El equipo terminal de datos (como sensores y actuadores) es un factor que constituye el nivel de campo. Sensores y actuadores de temperatura, ópticos, de presión y otros, como motores, válvulas, interruptores, etc. Están conectados al PLC a través de un bus de campo, y la comunicación entre los dispositivos de nivel de campo y sus PLC correspondientes generalmente se basa en conexiones punto a punto (De la Vega, 2019).

Para la comunicación se utilizan tanto redes cableadas como inalámbricas, mediante esta comunicación, el PLC también puede diagnosticar y parametrizar varios componentes. Además de estos tres niveles, los sistemas de automatización

de procesos industriales también requieren dos sistemas principales, como fuentes de alimentación industriales y protocolos de seguridad y protección.



Figura 3. Esquema de un Sistema de automatización básico Fuente: <u>https://bit.ly/3sJ9mDh</u>

2.5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE AUTOMATIZACIÓN

2.5.1. INVT

INVT es una empresa que se ha concentrado en la automatización de la industria y la energía desde su fundación en el 2002 y se compromete en proporcionar el mejor producto y servicio para permitir a los clientes una mayor competitividad. En la actualidad, INVT posee 15 subsidiarias, 30 oficinas a nivel nacional y centro de garantías y 4 sucursales en el extranjero, formando una red de ventas que cubre más de 90 países. Cuenta con más de 1300 patentes en el demonio de tecnología clave en electrónica de potencia, control automático, tecnologías de la información, los negocios que cubren la automatización de la industria, vehículos eléctricos, energía de red y transito ferroviario.

Dentro de los productos que ofrece INVT tenemos productos accionamientos de frecuencia variable, control de movimientos, UPS y energía renovable.

El variador de frecuencia de INVT cubre el variador de frecuencia de bajo voltaje y el de medio voltaje y proporciona varios variadores de frecuencia general y

especial. El estado de trabajo puede ser controlado remotamente por el software de la computadora maestra. Y la unidad de vfd también admite tarjetas de expansión con una variedad de funciones y se usa ampliamente en el campo de la automatización industrial.

Los productos de control industrial de INVT incluyen PLC, HMI, productos de control de movimiento, servo sistemas, sistemas de control electrónico, motores, etc. Y están diseñados para brindar a los clientes productos y soluciones de control industrial más eficientes, precisos, confiables y convenientes.

2.5.2. SERVOMOTORES

Los servomotores, o también conocidos como servomotores, son motores equipados con un sistema de engranajes cuya característica principal es que pueden controlar con precisión la posición en un radio de 180 ° o 360 ° según el modelo (Tene & Bravo, 2019).

"Un servomotor es un tipo especial de motor que le permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse un cierto grado de ángulo y luego permanecer fijo en una posición" (Garcia, Fuentes, & Mejía, 2020).

Los servomotores más utilizados en la industria hoy en día son los motores de CA sin escobillas. La diferencia entre estos motores está determinada por su funcionamiento y estructura.

Están formados básicamente por estatores segmentados, el espacio de llenado de cobre en el estator es casi el doble que el de los motores tradicionales, que pueden generar más potencia en un volumen menor.



Figura 4. Servomotor INVT Fuente: INVT - https://www.invt.com/es/products/80-servo-motors-55

Para compensar el aumento del número de hilos en la ranura y la mayor generación de calor, el espacio libre del devanado se rellena con resina termo conductora. El rotor está equipado con una serie de imanes permanentes hechos de neodimio, hierro boro, que puede proporcionar una mayor densidad de flujo magnético,

proporcionando así un mejor rendimiento y un par más alto en un tamaño más pequeño (Cruz, Sarmiento, Martínez, & Hernández, 2018).

La reducción del tiempo de posicionamiento se atribuye a la reducción de la inercia del rotor, que puede alcanzar una mayor velocidad en un menor tiempo, por otro lado, también puede hacer que la velocidad del motor sea superior a la nominal. Las principales características de este motor son:

- ✓ Alto par.
- ✓ Fiabilidad de funcionamiento.
- ✓ Bajos costos de mantenimiento.
- ✓ Alta precisión de control de velocidad y posición.
- ✓ Capacidad de velocidad ultra alta.
- ✓ Pérdida de rotor muy baja.
- ✓ Rotor con inercia muy pequeña.
- ✓ Estructura cerrada, apta para trabajar en ambientes sucios.
- ✓ Amplio rango de potencia (de 100 W a 300 KW). (Rodríguez, 2020, pág. 29).

2.5.3. SERVOMOTOR INVT SV-ML06-0R4G-2-1A2-3000

El servomotor de imán permanente de CA de la serie 60-base es un servomotor universal de CA desarrollado por INVT. El ámbito de potencia es de 200W ~ 15kW, que puede satisfacer completamente las demandas de funciones de los robots de la industria general. Se aplica ampliamente en dispositivos electrónica, dispositivos de control digital, maquinaria de embalaje, maquinaria de impresión, maquinaria textil, maquinaria de plástico, dispositivo de vidrio y dispositivo de prueba, etc. (*Servomotores de 60mm | INVT*, 2021)

Características:

- 1. Instalación conveniente y universalidad fuerte.
- 2. No hace falta la depuración, solo con instalación se puede usar.
- 3. Relación de velocidad amplia y fuerte adaptabilidad.
- 4. Precisión de identificación alta y baja, bien adaptada ampliamente.
- 5. Nivel de protección IP65, muy estable (la temperatura ambiente es -10~40°C).
- 6. Pequeña inercia, interfaz universal y fácil mantenimiento.
- 7. La velocidad máxima puede alcanzar hasta 5,000 rpm / min.
- 8. Par máximo instantáneo (relación nominal 300%).
- 9. Categorías integrales, con freno.

2.5.4. PLC INVT Modelo IVC1-1410

La definición de PLC "controlador lógico programable", que se traduce como controlador lógico programable, se utiliza actualmente en la industria tanto en procesos pequeños como grandes. Este es un dispositivo electrónico con cableado interno que contiene memoria programable, cada uno de los cuales guarda

instrucciones de "hardware", lo cual nada tiene que ver con el proceso a controlar. Se puede adaptar a cualquier proceso industrial ingresando un programa, en el cual se pueden desarrollar funciones específicas, como operaciones aritméticas y lógicas, control de tiempo, conteo y transmisión de datos" (Mellado, 2020). El software "está destinado a realizar una serie de operaciones que activan o desactivan entradas y salidas según el proceso. La corriente (4 a 20 mA) o voltaje (0 a 10 voltios) de estas señales variables analógicas pueden ser digitales u on-off conectado directamente a nuestro en el PLC.

INVT PLC puede ser ampliamente utilizado en la industria de fabricación de maquinaria, industria de fabricación de maquinaria de construcción, aire acondicionado, ascensores, impresión y otras industrias de fibra química y textil, cables, alimentos y bebidas.

Según el desarrollo tecnológico, actualmente existen muchos modelos, además de controlar nuestro proceso, estos modelos también nos permiten comunicar datos a través de un protocolo de comunicación, y el protocolo de comunicación será determinado por los usuarios según sus necesidades.

Como ejemplo de aplicación del PLC desde la punzonadora hasta el control de tres niveles de variables de proceso, la temperatura y la presión del intercambiador de calor, se necesitan los datos de diferentes variables en tiempo real para mejorar el nivel de producción.

Las ventajas de usar PLC incluyen:

- ✓ Menos tendido de cables significa menos inversión en mano de obra.
- ✓ Reducir el tiempo de mantenimiento y desarrollo o expansión de nuevos procesos.
- ✓ El software del PLC proporciona muchas herramientas para el desarrollo de procesos.
- ✓ Dado que los contactos mecánicos móviles no se utilizarán ampliamente, el proceso de desarrollo es confiable.
- ✓ El PLC nunca estará desactualizado, porque si una máquina deja de funcionar, se puede utilizar en otras aplicaciones (Vélasquez, 2018, pág. 51).
- Desventajas:

El personal asignado para realizar estos proyectos debe estar previamente capacitado en programación y selección de PLC; como tener una amplia gama de productos en el mercado y la importancia de este método, seleccionar el producto más adecuado e indicar que es apto para la aplicación del producto.

Cada PLC contiene las siguientes partes, las cuales son:

✓ La unidad central de procesamiento: Es una forma de recolectar información de la secuencia de entradas y memoria del programa para enviar comandos a la salida del proceso. También es responsable de actualizar Contadores y cronometraje Información del dispositivo.

- Memoria interna: esta memoria se encarga de almacenar datos en el estado final que no se pueden interpretar como operaciones aritméticas en la salida o leer desde la entrada y salida (Piñeros, 2019, pág. 29).
- Memoria de programa: En ella se almacena el programa a ejecutar, y nuestra secuencia de operaciones se ejecutará paso a paso (Piñeros, 2019, pág. 31)
- ✓ Con respecto a los componentes electrónicos, la mayoría de los fabricantes están eligiendo tipos de memoria, la más comúnmente utilizada es RAM + memoria de batería para el desarrollo y depuración de programas, mientras que la memoria EPROM o EEPROM se usa para ahorrar memoria. Se ha completado la fase de diseño. Lo presentaré en detalle a continuación para que comprenda mejor cómo funciona (Piñeros, 2019, pág. 33).



Figura 5. PLC IVC1-1410 Fuente: INVT - <u>https://www.invt.com/es/products/ivc1-micro-plc-73</u>

2.5.5. HMI

La interfaz hombre-máquina (HMI) es la interfaz entre el proceso y el operador; es básicamente el tablero del operador. Es la principal herramienta utilizada por los operadores y supervisores de la línea de producción para coordinar y controlar los procesos industriales y de fabricación. HMI convierte variables de proceso complejas en información útil y operable (Angulo, 2019, pág. 46).

La función de HMI es mostrar información operativa en tiempo real y casi en tiempo real. Proporcionan un diagrama de flujo visual que agrega significado y contexto al estado del motor y la válvula, el nivel del tanque de combustible y otros parámetros del proceso. Proporcionan información operativa para el proceso, se controlan y optimizan ajustando los objetivos de producción y proceso (Arenas, 2018).

INVT HMI tiene muchas ventajas, como una pantalla rica, una gran memoria y una potente función de configuración, y el uso de una interfaz hombre-máquina simple puede realizar fácilmente la función de interacción persona-computadora en varios campos de automatización industrial.



Figura 6. Pantalla de HMI de la marca INVT Fuente: INVT - https://www.invt.com/es/products/vs-series-hmi-70

2.5.6. SENSORES Y ACTUADORES

Los sensores convierten las variables físicas del proceso (como flujo, presión, temperatura, etc.) en variables eléctricas o neumáticas. Las señales de estos sensores se utilizan para procesar, analizar y tomar decisiones para producir una salida de control (Torres, 2019).

Comparando la variable de proceso detectada actualmente con el valor establecido, se pueden implementar varias técnicas de control para generar la salida deseada. Finalmente, el controlador genera la salida calculada y la aplica al actuador como una entrada de señal eléctrica o neumática (Aguagallo, 2019).

El actuador convierte señales eléctricas o neumáticas en variables físicas del proceso. Ejemplos de actuadores son válvulas de control, relés, motores, etc. Comparando la variable de proceso detectada por la corriente con el valor establecido, se pueden implementar varias técnicas de control para producir la salida deseada.



Figura 7. Sensores industriales Fuente: MEKIPA - http://www.mekipa.com/product/sensores-industriales/



Figura 8. Actuadores Industriales Fuente: Swissesor - https://www.swissesor.com/actuadores%20industriales.html

2.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN

2.6.1. VENTAJAS

Incrementar la productividad laboral: La automatización aumenta la velocidad de producción al producir más y mejores productos. La nueva tecnología puede funcionar durante mucho tiempo sin pérdida de precisión. Por tanto, se mejora la productividad y la eficiencia del trabajo por horas.

Mejora de la calidad del producto: Una de las principales ventajas de la automatización es reducir la tasa de puntuación de unidades defectuosas. Las operaciones realizadas por el sistema de automatización son más consistentes y uniformes con las especificaciones de calidad. Por lo tanto, el proceso industrial se controla y monitorea en todas las etapas para producir productos finales de alta calidad (Touriñan, 2020).

Reducir los costos laborales o de producción: Los sistemas automatizados reducen los costos unitarios de producción al reemplazar la mano de obra con maquinaria automatizada, lo que puede ayudar a la industria a ahorrar muchos costos a largo plazo. Los equipos automatizados funcionan de manera fluida o continua (24 horas x 7 días), lo que no solo puede aumentar la productividad, sino también obtener un excelente retorno de la inversión al ahorrar salarios, costos laborales y ausentismo de los empleados.

Reducir las tareas manuales diarias: En muchas aplicaciones industriales, variables de proceso como temperatura, nivel de líquido, presión, etc. Deben ser monitoreados de manera regular para mantener el nivel establecido. Por lo tanto, el sistema de automatización crea condiciones de trabajo automáticas mediante la adopción de un sistema de control de circuito cerrado.

Seguridad mejorada: Al implementar un sistema automatizado, el trabajo se puede hacer más seguro moviendo a los trabajadores de una posición que participa activamente en el proceso a una función de supervisión. Las máquinas automatizadas pueden trabajar en entornos peligrosos y otros entornos extremos.

Ayudar a la monitorización remota: Para facilitar la supervisión y el control remotos de las variables del proceso, la mayoría de las operaciones industriales deben controlarse de forma remota. Para estas situaciones, el sistema de automatización proporciona un enlace de comunicación (monitoreo y control) entre el área de proceso y el área de supervisión, lo que permite al operador controlar y monitorear el proceso industrial desde una ubicación remota. El mejor ejemplo de este tipo de control remoto es el control automático de la red eléctrica (Eugenio, Caguana, & González, 2019).

2.6.2. DESVENTAJAS

Desempleo: Dado que la mayor parte del trabajo se realiza con máquinas, la demanda de mano de obra se reduce considerablemente.

Más contaminación: Los diferentes tipos de máquinas funcionan y funcionan con motores que pueden requerir el uso de gases o productos químicos contaminantes para funcionar.

Poca versatilidad: Al tener máquinas que pueden realizar tareas específicas, la flexibilidad y variedad de tareas que los empleados pueden realizar es limitada. La tecnología actual no puede automatizar todas las tareas necesarias. Por ejemplo, es mejor dejar los productos con formas y tamaños irregulares para el montaje manual. (Con computadoras y algoritmos avanzados, esta tendencia parece estar cambiando).

La automatización no es aplicable en todas las situaciones, pero sí en ciertos procesos, a saber, producción en masa, productos repetibles y consistentes.

Alto costo: El costo inicial de implementar un sistema automatizado es muy alto. El costo de investigación y desarrollo de la automatización de procesos, el costo del mantenimiento preventivo y el costo de capacitar a los empleados para operar máquinas automatizadas son factores adicionales que deben considerarse y agregarse al costo inicial. Y, por su mantenimiento y servicio (Mejía, 2015).

Aunque la automatización industrial en la fabricación no está exenta de deficiencias (por ejemplo, afirmaciones infundadas de que provocará un desempleo masivo), su futuro parece muy prometedor. Los robots industriales del futuro tendrán versatilidad, por lo que la misma máquina se puede utilizar para muchos propósitos diferentes. Tendrán muchas funciones relacionadas, como la capacidad de toma de decisiones y la capacidad de trabajo autónomo.

Gracias a la automatización de la producción industrial, las fábricas del futuro serán más eficientes en el uso de energía, materias primas y recursos humanos. Además, contrariamente a la creencia popular, la experiencia hasta ahora muestra que la automatización no conducirá a un desempleo masivo. Por el contrario, el uso masivo de robots creará más oportunidades laborales. Los seres humanos y los robots trabajarán juntos para crear un espacio de trabajo más eficiente y eficiente.

2.7. AUTODESK INVENTOR

El software CAD Inventor proporciona herramientas de calidad profesional para diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos. Trabaja de manera eficiente con una combinación potente de capacidades de diseño paramétrico, directo, de formas libres y basado en reglas. (*Software Inventor | Inventor 2022 Oficial*, 2021)

Al utilizar Inventor se satisface la demanda de procesos automatizados y productos personalizados.

- Diseñar con eficiencia mediante herramientas especializadas para chapas de metal, diseño de estructuras, y tubos y tuberías.
- Permite la automatización del diseño, de la documentación y de los procesos con la tecnología de iLogic.
- Acceder a la API de Inventor para crear tus propios complementos.

2.8. MODBUS RTU

Modbus RTU es un protocolo de comunicación que permite el intercambio de datos entre PLC (controladores lógicos programables) y computadoras. Los dispositivos electrónicos pueden intercambiar la información por medio de líneas en serie utilizando el protocolo Modbus.

El mismo que ha sido ampliamente aceptado y se utiliza en la construcción de Sistemas de Gestión de Edificios (BMS) y Sistemas de Automatización Industrial (IAS). Su uso se ha impulsado debido a su facilidad de uso, confiabilidad y debido a que se puede usar sin costos adicionales en cualquier dispositivo o aplicación.

El protocolo Modbus RTU fue desarrollado y publicado por Modicon en 1979 para su uso en controladores lógicos programables. Utiliza la estructura maestro/esclavo y admite dispositivos serie que utilizan los protocolos RS232/RS485/RS422. El protocolo se usa en escenarios donde múltiples instrumentos y dispositivos de control transmiten señales a un controlador o sistema central para recopilar y analizar datos. Los sistemas de automatización industrial, control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) a menudo emplean el protocolo Modbus.

¿Cómo funciona Modbus RTU?

El protocolo Modbus es un sistema que gestiona solicitudes y respuestas de dispositivos electrónicos. La arquitectura maestro/esclavo usa el maestro realizando solicitudes que son respondidas por el Modbus esclavo.

¿Qué es un maestro Modbus RTU?

Un maestro Modbus RTU es el dispositivo central que hace las peticiones de información a los dispositivos esclavos conectados. Un controlador central en un sistema de producción automatizado puede ejecutar el papel de maestro Modbus RTU. Los dispositivos maestros obtienen información de los esclavos y también pueden escribir en los registros de los dispositivos esclavos.

¿Qué es un esclavo Modbus RTU?

El esclavo Modbus RTU es el dispositivo que responde a la petición realizada por el dispositivo maestro. No puede iniciar traspaso de información y está en un patrón de espera hasta que responda a una petición solicitada por el maestro. En una implementación Modbus RTU hay un dispositivo maestro y puede haber hasta 247 dispositivos esclavos. Cada dispositivo esclavo se identifica por una dirección esclava de 1 a 247.

"En el modo de transmisión Modbus RTU, se envuelve información adicional alrededor de la PDU para crear la Unidad de Datos de Aplicación (ADU) completa. En el flujo de señal y antes del código de función, en modo Modbus RTU se envía una ID de esclavo de 1 byte para identificar el dispositivo esclavo que debe satisfacer la solicitud. Adjunto a la PDU hay un CRC de 2 bytes que asegura que se envió y recibió la cantidad correcta de bytes." (*Todo Sobre Modbus RTU: Guía Avanzada de Comunicación Modbus RTU*, 2019)

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 DISEÑO DEL MÓDULO DIDÁCTICO

Para el desarrollo del proyecto se realizó el diseño mediante el uso del software Inventor que permite el bosquejo preliminar de la elaboración del módulo.

En el interior, el módulo cuenta con un autómata programable **IVC1L-1410MAT**, una interfaz humano-máquina **VT070-H1ET-N**, Servo Drive **SV-DA200-0R4-2** y Servomotor SV-ML06-0R4G-2-1A2-3000 de la marca INVT, relés de tipo bornera, selectores, pulsadores, luces piloto, breaker, fuente de alimentación 24 VDC Autonics.



Figura 9. Diseño en 2D del módulo. Fuente: Los autores.

En la figura 9, se puede observar el plano elaborado en 2D, en donde constan las medidas del módulo, su ancho, alto y profundidad así como también la ubicación de cada uno los componentes.



Figura 10. Diseño en 3D del módulo. Fuente: Los autores.

3.2 CUERPO DEL MÓDULO DIDÁCTICO

Para el cuerpo del módulo se han considerado las medidas y tamaños de cada uno de los equipos, uno de ellos es el Servo Drive ya que debido a su estructura requiere de un amplio espacio para que así se pueda cerrar. Es por ello, que el módulo tiene 60 cm de alto, 45 cm de largo y 22 cm de profundidad, esto se elaboró previamente en Inventor para poder diseñar el módulo adecuado acorde a las necesidades.



Figura 11. Caja metálica a usarse para el módulo. Fuente: Los autores.

Para la parte de la puerta se realiza el diseño, previo a la perforación del módulo para ubicar las luces piloto, pulsadores y HMI, ver figura 12. Adicional, se procedió a la perforación de la puerta para ubicar los componentes y además se realizaron dos ventanas, una en el lado inferior frontal y la segunda inferior derecho para mejor visualización del funcionamiento del servomotor, tal y como se evidencia en la figura 13.



Figura 12. Diseño en 2D para ubicación de luces piloto, pulsadores y HMI. Fuente: Los autores.


Figura 13. Perforación y ventanas ubicadas en el módulo. Fuente: Los autores.

3.3 DISEÑO ELÉCTRICO DEL MÓDULO

Para el diseño y ubicación de cada uno de los componentes se ha usado la siguiente distribución; en la parte superior se ubicaron los equipos de protección eléctrica, en la parte central se encuentran los de accionamiento y en la parte inferior tenemos las borneras de conexión, todo esto ubicado de acuerdo a sus tamaños y separados por 9cm entre ellas de acuerdo al eje de las x. En la parte baja se ubicó el servomotor en conjunto con una polea para que se pueda apreciar cada una de sus posiciones y velocidad.



Figura 14. Bosquejo de distribución de equipos. Fuente: Los autores

En la figura 14, se puede observar un diseño en 2D elaborado para realizar una vista previa del diseño final para la ubicación de los componentes, es por esto que en la figura 15 se muestra como se realizó la conexión y la vista final del módulo.



Figura 15. Distribución interna de los equipos. Fuente: Los autores.

En la figura 16, se detalla el diagrama de fuerza implementado en el módulo, el cual permite visualizar la conexión de los equipos.



Figura 16. Diagrama de fuerza Fuente: Los autores.

3.4 AUTÓMATA PROGRAMABLE PLC IVC1L-1410MAT

El proyecto cuenta con un autómata programable de la marca INVT, se situó en la parte superior del módulo. Este PLC es versión mini, admite 14 entradas y 10 salidas, es de tipo básico, su modo de entrada y salida de energía es de 24VDC de tipo transistor. Se ubicó el puerto RS 232 para conectarse al computador para así cargar y descargar el programa. Consta de otros puertos que son para comunicarse vía Modbus RTU con el driver del Servomotor y el HMI.



Figura 17. PLC INVT usado en el proyecto. Fuente: Los autores.

ENTRADAS

Tabla 1. Entradas digitales

VARIABLE	NOMBRE
X0	PULSADOR 1 ROJO
X1	PULSADOR 2 ROJO
X2	PULSADOR 3 VERDE
X3	PULSADOR 4 ROJO
X4	SELECTOR 1
X5	SELECTOR 2
X6	SELECTOR 3

SALIDAS

Tabla 2. Salidas digitales

VARIABLE	NOMBRE
Y0	LUZ PILOTO 1 ROJA 220VAC
Y1	LUZ PILOTO 2 ROJA 220VAC
Y2	LUZ PILOTO 3 ROJA 220VAC
Y3	LUZ PILOTO 4 ROJA 220VAC
Y4	LUZ PILOTO 5 ROJA 220VAC
Y5	LUZ PILOTO 6 VERDE 220VAC
Y6	LUZ PILOTO 7 VERDE 220VAC
Y7	LUZ PILOTO 8 VERDE 220VAC
Y10	LUZ PILOTO 9 VERDE 220VAC
Y11	LUZ PILOTO 10 VERDE 220VAC

3.5 SELECTORES

Para el desarrollo del módulo didáctico se usaron 3 selectores de 2 posiciones conectados en las entradas digitales del PLC.

Se ubicaron estos selectores para realizar la simulación de posición y selección de algunas de las prácticas propuestas que se realizaron.



Figura 18. Selectores ubicados en el módulo. Fuente: Los autores.

3.6 SERVOMOTOR

El proyecto cuenta con un servomotor de la marca INVT modelo SV-ML06-0R4G-2-1A2-3000, el cual permite controlar con precisión la posición y velocidad del eje de movimiento ya que el mismo puede tener varias aplicaciones en la industria como en robots industriales o en procesos en los que se requiera una posición específica para poder ejecutar con precisión la programación u objetivo del proceso.



Figura 19. Servomotor usado para el desarrollo del módulo. Fuente: Los autores.

3.7 SERVODRIVE

Para el correcto funcionamiento y programación del servomotor el proyecto cuenta también con su respectivo Driver que posee una excelente precisión de posicionamiento, además admite un codificador de alta resolución de 23 bits. Posee una interfaz de operación conveniente así como también diversas funciones que son fáciles de usar. Para el desarrollo de las prácticas se ha conectado vía Modbus el servo Drive al servomotor y al PLC.



Figura 20. Servo Drive usado en el desarrollo del módulo. Fuente: Los autores.

3.8 PULSADORES

El proyecto cuenta con 5 pulsadores, 2 de color verde, 2 de color rojo y 1 para el paro de emergencia. Este último es un interruptor de control utilizado en caso de que exista algún fallo de cualquier índole, para de esta manera proteger y salvaguardar la vida útil de los equipos.



Figura 21. Pulsadores y paro de emergencia. Fuente: Los autores.

3.9 LUCES PILOTO

Se han colocado 10 luces piloto, que corresponden a 5 de color rojo y 5 de color verde, conectadas a los contactos de los relés, esto para su correcto funcionamiento y protección en caso de falla de alguno de ellos. Estas luces son utilizadas para indicar el cumplimiento de cada parámetro asignado en las diferentes prácticas ya que cada una de ellas tiene un desarrollo y condición única.



Figura 22. Luces piloto Fuente: Los autores.

3.10 RELÉS DE INTERFAZ

El proyecto contiene relés de interfaz que ayudan a garantizar una conversión de tensión confiable entre los equipos. Los relés garantizan una conmutación de señales confiables para todo tipo de máquinas y aíslan eléctricamente los componentes electrónicos sensibles como los autómatas programables. La amplia variedad de relés de interfaz con base estándar o base lógica se puede utilizar para conmutar cargas de CA o CC.



Figura 23. Relés de interfaz usados en el módulo. Fuente: Los autores.

3.11 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

En el proyecto se utilizó una fuente de 24 VDC de la marca Autonics, la misma que ayuda a proporcionar la energía a los equipos, una alta eficiencia en conversión de energía y una mínima generación de calor.



Figura 24. Fuente de alimentación. Fuente: Los autores.

3.12 BREAKER

En el proyecto de titulación se han utilizado 2 breakers de 2 polos tipo C de 4 Amperios, los cuales tienen la función de proteger contra cortocircuitos a los componentes que conforman el módulo.



Figura 25. Breakers de protección. Fuente: Los autores.

3.13 INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA

En el proyecto de titulación se utilizó un panel táctil de la marca INVT, posee una gran memoria, una potente función de configuración que puede lograr la función entre humano – máquina en varios campos de la automatización.



Fuente: Los autores.

3.14 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Para la programación del PLC de este proyecto de titulación se ha utilizado el software Auto Station, el cual se utiliza para todos los modelos de PLC de la marca de INVT.



Figura 27. Vista principal de inicio del software Auto Station. Fuente: Los autores.

Para la programación y diseño del HMI se utilizó un software diferente llamado "VT Designer" éste va a permitir crear y supervisar los procesos de automatización realizados en cada práctica propuesta. La conexión entre el software de programación del PLC y el del HMI se puede realizar mediante cable.

With open Children Sprach (Car	riges, NewlyLped	- 0 X
Bie Bat View Scene Dress Object	gert April Jush Mindow Holp	
900XABDO	SEE AGA AL : PER BAS	
(A. A. 19 A. A. 19 (A. 19)		
		and the second
of the set of the set	No. of Concession, Name of	
A	TITUTION AND A RANA AND AND AND	
The second se		
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	N NOT CONTRACT OF AN AND AN AND AN	
é 🖴 🛄		()
() PJ Links	d Steen 1 MD	10 10 1 m 10 M
All Los 1		
- STagi		
E lines total		
of General Setup		
Command & Status		
- Cock		
- # Sweet Processes		
A Due Date Parments	OFF	
CO Screen 1 MTL		
- Alarina		
- D Recipes	territoria de la constante de la c	
LACK		
ALC: ALC: ALC: ALC: ALC: ALC: ALC: ALC:	0.8.3.8.0 1.0.2.7.2.8.8.8.8.8.	
10	Han	

Figura 28. Vista principal de inicio del software VT Designer. Fuente: Los autores.

Es importante mencionar y destacar que los programas que se utilizaron en el proyecto de titulación no son con paga de suscripción, se encuentran totalmente gratuitos en la página oficial de INVT.

Status Monito	ır				🚖 Parameter Sett						
1 👒 🚔 1	?				i 🖡 📥 📓 🔒	🗰 🖼 🚔 💋 👔					
R1	R2 Common parameter				P0 P1	P2 P3 P4 P5 P6	PtPO PtP1	PtP2 I) ifferent param	eter Com	on parameter
Function Code	Paramet Name		Value	Unit ^	Function Code	Parameter Name	Current Value	* Unit	Min f	1a×	Default
R0.00	Speed feedback of motor	0	0,0	r/min	▶ P0.00	Motor Type	0	-	0 9	999999	236
R0.01	Speed command of motor		0,0	r/min	P0.01	Encorder type selection	unknown	-	1 1	.3	2500 line standard
R0.02	Position feedback accumulation	0	0	pulse	P0.02	Motor Forward Direction	ccw	•	0 1		CCW
R0.03	Position command accumulation	C	0	pulse	P0.03	Control Mode Selection	Position mode		0 9		Position mode
R0.04	Position error	- C	0	pulse	P0.04	Internal servo enbaling	Disable	•	0 1		Disable
R0.05	Mixed control error	C	0	pulse	P0.05	Jog speed	0	r/min	0 1	000	200
R0.06	Torque feedback	0	0,0	%	P0.06	Numerator of encoder pulse output	0		0 2	147483647	10000
R0.07	DC bus voltage	- C	0,0	V	P0.07	Denominator of encoder pulse output	0	-	1 2	147483647	10000
R0.08	Control cicuit DC voltage	0	0,0	V	P0.08	Pulse feedback direction reversing	Pulse output rev	-	0 1		Pulse output rever
R0.09	Output voltage	0	0,0	Vrms	P0.09	Torque limit mode selection	0:Positive and n	-	0 6		1:Max Torque Lim
R0.10	Output current	0	0,00	Arms	P0.10	1st Torque limit	0,0	%	0 5	00	300,0
R0.11	Driver temperature	0	0,0	۹C	P0.11	2nd Torque limit	0,0	%	0 5	00	300,0
R0.12	Torque limit	- C	0,0	%	P0.13	Power of the external braking resistor	0	w	0 5	000	200
R0.13	Encoder feedback	0	0	pulse	P0.14	Resistance of the external braking resistor	0	Ω	1 1	000	60
R0.14	Position relative to Z pulse	0	0	pulse	P0.15	Default monitoring parameters	0		0 2	2	0
R0.15	Rotational inertia ratio of load to motor	- C	0	%	P0.16	Parameters modification operation locking	Permitted	-	0 1		Permitted
R0.16	Output power	- C	0,0	%	P0.17	EEPROM save mode selection	Individual save	-	0 1		Individual save
R0.17	Overload ratio	- C	0,0	%	P0.18	Manufacturer password	0	-	0 6	5535	0
R0.18	Actual numerator of electronic gear	0	0		P0.20	Position command selection	Pulse input	-	0 4		Pulse input
R0.19	Actual denorminator of electronic gear	- C	0		P0.22	Pulse counts per revolution	0	pulse	0 2	147483647	10000
R0.20	Pos command speed	Ċ	0,0	r/min	P0.23	Pulse input mode selection	Pulse+Direction	•	0 2		Pulse+Direction
R0.21	Speed feedback	- Č	0,0	r/min	P0.24	Pulse input direction reversing	Positive		0 1		Positive
	La se se se			· ·		la i va con i	÷				

Figura 29. Vista principal de inicio del software del Servo Drive.

3.15 PARÁMETROS INICIALES PARA EL SERVODRIVE

Para iniciar a programar cada una de las prácticas es importante ingresar los parámetros iniciales al servo drive para que distinga que tipo de acción va a realizar, ya sea posición o velocidad. Este cambio se deberá realizar únicamente en el parámetro **P0.03**, que cambiará conforme se vayan ejecutando las prácticas, de "Speed mode" o "Position mode".

Los parámetros deben cambiar de la siguiente manera:

Tabla 3.	Cambio d	de modo	de	control	en e	l parámetro	P0.03	3
----------	----------	---------	----	---------	------	-------------	-------	---

Nombre de	Modo de control
práctica	
Práctica 1	Speed mode
Práctica 2	Position mode
Práctica 3	Position mode
Práctica 4	Position mode
Práctica 5	Speed mode
Práctica 6	Position mode
Práctica 7	Speed mode
Práctica 8	Position mode
Práctica 9	Speed mode
Práctica 10	Speed mode

Una vez seleccionado el parámetro se debe presionar en el siguiente orden; Send, Save y Reset, en el mismo orden cada vez que se realice el cambio, esto para evitar que las configuraciones en el servo drive se alteren o cambien.

File(F) S	etting(S) Tools(I) View(V) Windo	ows(¥)	Help(H)														- '
· 💼 💟 🥃	7 *7 (* 🖴 🖾 🔝 🖷 🗛 🚫 1 🗰 🔜 🖶 🦂 🕅		JUL 🏧 🚥 🚺		_							_	_				
P1	P2 P3 P4 P5 P6	P7	P+PO P+P1 P	tP2 Differ	ent :	naramete	r Conmon param	eter									
Function Code	Parameter Name		Current Value *	Un	it	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Р	s	т	Description	
P0.00	Motor type	-0	236			0	9999999	236	O RW	RST	Save	1	1	1	1		
P0.01	Encorder type	- č	2500 line standa			1	14	2500 line standard incremental	O RW	RST	Save	1	1	√	√		
P0.02	Motor rotation direction	- À	ccw.			0	1	CCW	N RW	RST	Save	V	V	√	√		
P0.03	Control mode	- 6	Position mode			0	9	Position mode	O RW	▶ RST	Save	~	1	√	√		
			UNDER			0	1	Disable	O RW	INST	Linsave	V	V	√	√		
P0.05	Jog speed	0	350	r/m	nin	0	1000	200	N RW	INST	Save	1	1	√	√		
P0.06	Numerator of encoder output pulse	- õ	10000			0	2147483647	10000	N RW	RST	Save	V	V	√	V		
P0.07	Denominator of encoder output pulse	- é	10000			1	2147483647	10000	N RW	RST	Save	1	1	1	1		
P0.08	Reverse encoder output pulse	- Ö	Pulse output rev			0	1	Pulse output reversing invalid	N RW	RST	Save	1	1	√	1		
P0.09	Torque limit mode selection	- Ö	1:Max Torque Li			0	6	1:Max Torque Limit1	N RW	INST	Save	1	1	1	1		
P0.10	Max torgue limit 1	- Ö	300.0	%		0	500	300.0	N RW	INST	Save	1	1	1	1		
P0.11	Max torgue limit 2	- 0	400,0	%		0	500	300,0	N RW	INST	Save	1	1	1	1		
P0.13	External brake resistor power	- Ó	200	w		0	5000	200	N RW	RST	Save	1	1	√	√		
P0.14	External brake resistor resistance	- 0	60	Ω		1	1000	60	N RW	RST	Save	1	√	√	√		
P0.15	Default monitored parameters	Ó	0	-		0	22	0	N RW	INST	Save	√	√	√	√		
P0.16	Parameters modification lock	- Ó	Permitted	-		0	1	Permitted	S RW	INST	Save	1	1	√	√		
P0.17	Mode for writing to EEPROM	- 0	Batched save			0	1	Individual save	S RW	🔛 INST	Save	√	√	√	√		
P0.18	Manufacturer password	0	0			0	65535	0	🚫 RW	NST	C Unsave	1	1	√	√		
P0.20	Position command selection	- 0	BUS input	-		0	5	ECAM input	🚫 RW	RST	Reference	√	√				
P0.22	Pulses per motor revolution	- 0	10000	pul	se	0	2147483647	10000	🚫 RW	RST	Save	1	1				
P0.23	Pulse input mode	- ċ	Pulse+Direction	-		0	2	Pulse+Direction	🚫 RW	RST	Save	√	√				
P0.24	Reverse pulse input direction	- 0	Positive			0	1	Positive	🚫 RW	RST	Rave Save	1	1				
P0.25	Numerator of electronic gear ratio 1	- Ó	10000	-		0	2147483647	0	S RW	INST	Save	√	√				
P0.26	Denominator of electronic gear ratio	Ċ	10000			1	2147483647	10000	🚫 RW	🔛 INST	Rave Save	1	√				
P0.27	Numerator of electronic gear ratio 2	0	0	-		0	2147483647	0	🚫 RW	🔛 INST	Rave Save	1	1				
P0.28	Numerator of electronic gear ratio 3	- C	0	-		0	2147483647	0	🚫 RW	🔛 INST	Rave Save	1	√				
P0.29	Numerator of electronic gear ratio 4	- O	0			0	2147483647	0	🔕 RW	🔛 INST	Save	V	1				

USB Communication normal 👸 Authority :Customer

Figura 30. Parámetro modificable Fuente: Los autores.

P] Parameter	rer detail [Mo	dbus adress - 100	6][USB adres	ss - 0x2003]	<
	P0.03	Name	Control Mode	Selection	Description	
	Min	0	Communication:			
۲	Max	9	√ USB × Ethernet			
	Default	0	× CANopen			
	Unit	-	ControlMode:			
	Display	LIST	VF √P			
	Туре	int16	√s			
	Resolution	0				
	Min	0				
	Set value:	Position mo	de 🗸 . 2 le Save	Send 1 Restart 3		
*	Restart			<u>1</u>		:
	F	igura 32. C	Cambio de mo Fuente: Lo	do en el pa os autores.	rámetro P0.03	

3.16 COMUNICACIÓN MODBUS DE LOS EQUIPOS

Una vez ingresados los parámetros de programación en el servo drive, se procedió a comunicar los equipos por medio del protocolo Modbus RTU, para la comunicación entre dispositivos.

El puerto 0 es el protocolo de programación entre la computadora y el PLC.

El puerto 1 se debe configurar como Modbus maestro y debe tener los mismos parámetros del esclavo: velocidad y paridad. De acuerdo a la figura 34.

	Z- IUEL		
System block System setting Saving Range Output Table Set Time Input Filter Advanced Setting Advanced Setting Set Set Input	PLC communication port (0) setting Program port protocol Freeport protocol Modbus protocol N:N Protocol	Free port setting Modbus setting N:N setting	
Green and a special Module C Priority Level Of I Ommunication MDI Config	PLC communication port (1) setting No protocol Freeport protocol Modbus Protocol N:N Protocol	Free port setting Modbus setting N:N setting	
	PLC communication port (2) setting	Free port setting Modbus setting N:N setting	
< >	Aceptar	Cancelar	Avuda
_	Hoopdar	Carloolar	Hydda

Figura 33. Bloque de sistemas. Fuente: Los autores.

Modbus Protoc	ol				×
				Default Value	e
PLC serial port	t setting				_
Baud rate	19200 ~	/ Parity	check Ev	ren 🗸	
Data bit	8 ~	 Stop b 	it 1	~	
master/sla	ave mode		Master S	tation V	
Station no			1	~	
Transmissi	ion mode		RTU Mod	e v	
Timeout ti	me of the main mode		1000	• •	ms
Retry time	s		0	•]
	ОК		Ca	ncel	
	O Modbus Pr	otocol	Mo	odbus setting	
	Figura 34.	Protocolo	Modbus.		

Fuente: Los autores.

4. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.1 **PRÁCTICA # 1**

Guía de práctica de laboratorio									
CARRERA: Ingeniería Electrónica	ASIGNATURA:								
	Automatización Industrial								
N° PRÁCTICA: 1	TITULO DE PRÀCTICA: Arranque y paro del motor								
OBJETIVOS:									
Realizar la comunicación para el con Aplicar la técnica básica para encen Ejecutar el lenguaje de programació	rrecto funcionamiento. Ider el servomotor In para encender y apagar el módulo.								
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEN	IA:								
Para comunicar los equipos se de driver, los cuales se detallan en ane en "Speed mode" para que pueda de debe encender Y5 al pulsar X2, encender Y0 al pulsar X0 para indica	eben ingresar los parámetros del servo exos. Se debe ubicar el parámetro P0.03 esarrollar los planteado en la práctica. Se esto para indicar marcha y se debe ar el paro.								

Tabla 4. Variables de la práctica 1

	Variable Name	Variable addr.	Comments
1	MANDO	DO	PALABRA DE MANDO
2	VELOCIDAD	Dl	CONSIGNA DE VELOCIDAD
3	POSICION	X2	POSICION_1
4	LUZ_POSICION	¥5	LUZ_POSICION_1
5	PARADA	X0	PARADA
6	LUZ_PARADA	YO	LUZ_PARADA

4.2. PRÁCTICA # 2

Guía de práctica de laboratorio		
CAPPERA: Ingonioría Electrónica	ASIGNATURA:	
CARRERA. Ingeniena Liectronica	Automatización Industrial	
N° PRÁCTICA: 2 TÍTULO DE PRÁCTICA: Servo trabajando por medio de aplicación de posición absoluta.		
OBJETIVOS:		
Desarrollar un programa que permita el movimiento del servomotor hacia la posición indicada. Realizar el correcto uso de las aplicaciones de cada equipo.		
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEM	A:	
Para el desarrollo de la práctica se debe cambiar el parámetro P0.03 en el servoplorer a "Position mode" para que el servomotor adopte dicho modo y ejecute la programación. La posición absoluta hace referencia a que indistintamente de su posición (diferente de la posición inicial) el servomotor al momento de pulsar marcha, éste tomará su posición inicial		

(0°). Se debe configurar X2 para que sea la marcha y en X3 se ubicará una segunda posición (180°), X0 será el paro.

Tabla 5. Tabla de variables de la práctica 2.

	Variable Name	Variable addr.	Comments
1	LUZ_MARCHA	Y5	LUZ DE MARCHA
2	POSICION_SIG	¥6	POSICION SIGUIENTE
3		X4	jog
4	VELOCIDAD	D1	CONSIGNA VELOCIDAD
5	MANDO	D2	PALABRA DE MANDO
6	CONSIG_POSICION	D8	CONSIGNA POSICION
7	POSICION_1	D9	POSICION 1
8	MARCA_0	M10	
9	POSICION_2	D10	POSICION 2
10	MARCA_1	M11	
11	POSICION	D3	Posicion
12	INICIO	X2	INICIO
13	PARADA	X0	PARADA
14	POSICION_DIF	X3	POSICIONAR

4.3. PRÁCTICA # 3

Guía de práctica de laboratorio		
	ASIGNATURA:	
CARRERA. Ingeniena Electronica	Automatización Industrial	
N° PRÁCTICA: 3 TÍTULO DE PRÁCTICA: Servo trabajando por medio de aplicación de posición relativa.		
OBJETIVOS:		
Desarrollar un programa que permita el movimiento del servomotor hacia la posición indicada. Realizar el correcto uso de las aplicaciones de cada equipo.		
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEM	A:	
La posición relativa hace referencia a que de acuerdo a su posición (posición inicial) el servomotor al momento de pulsar marcha avanzará una posición deseada, al presionar paro y retomar la marcha éste continuará desde la última posición indicada. X2 será la marcha. X0 será el paro, y cada pulso dado en X2 será una		

X2 será la marcha, X0 será el paro, y cada pulso dado en X2 será una posición diferente. Se encenderá la luz Y5 con cada avance.

Tabla 6. Variables de la práctica 3.

	Variable Name	Variable addr.	Comments
1	AVANCE	¥5	AVANCE
2	ROD_PRESION	Y6	RODILLO DE PRESION
3		X4	jog
4	CONSIG_VELOCIDAD	Dl	CONSIGNA VELOCIDAD
5	MANDO	D2	PALABRA DE MANDO
6	CONSIG_POSICION	D8	CONSIGNA POSICION
7	POSICION_1	D9	POSICION 1
8	M_0	M10	
9	POSICION_2	D10	POSICION 2
10	M_1	Mll	
11	POSICIO	D3	Posicion
12	INICIO	X2	INICIO
13	PARADA	X0	PARADA

4.4. PRÁCTICA # 4

Guía de práctica de laboratorio		
CARRERA: Indeniería Electrónica	ASIGNATURA:	
	Automatización Industrial	
	TÍTULO DE PRÁCTICA: Servo en	
N° PRACTICA: 4	trabajo de punto a punto con	
	posiciones variadas.	
OBJETIVOS:		
Utilizar correctamente cada recurso del módulo. Desarrollar un programa que permita el posicionamiento del servomotor.		
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:		
Se debe simular por medio de los selectores una posición diferente para el servomotor, es decir, que cada entrada digital de tipo selector va a permitir escoger una posición específica del eje, y este va girar hacia dichas posiciones indistintamente de donde se encuentre, empezando por la posición 1 como punto de inicio. Utilizaremos X2 como marcha, X4 será		

la posición 1 y se encenderá Y7, X5 posición 2 y se encenderá Y10, X6 posición 3 y se encenderá Y11. Se enciende una luz por cada posición y se apagará cuando se seleccione una posición diferente. X0 será el paro.

Tabla 7. Variables de la práctica 4.

	Variable Name	Variable addr.	Comments
1	LUZ_MARCHA	¥5	LUZ DE MARCHA
2	LUZ_POS_2	¥6	POSICION 2
3	POS_1	X4	POS 1
4	CONSIG_VELOCIDAD	Dl	CONSIGNA VELOCIDAD
5	MANDO	D2	PALABRA DE MANDO
6	CONSIG_POSICION	D8	CONSIGNA POSICION
7	POSICION_1	D9	POSICION 1
8	M_0	M10	
9	POSICION_2	D10	POSICION 2
10	M_1	Mll	
11	POSICION	D3	Posicion
12	MARCHA	X2	MARCHA
13	PARADA	XO	PARADA
14	POSICIONAR	Х3	POSICIONAR
15	POS_2	X5	POS 2
16	POS_3	X6	POS 3
17	LUZ_POS1	¥7	POSICION 1
18	LUZ_POS	¥10	POSICION 2
19	LUZ_POS_3	Y11	POSICION 3

4.5. PRÁCTICA # 5

Guía de práctica de laboratorio		
CARRERA: Ingeniería Electrónica	ASIGNATURA:	
······································	Automatización Industrial	
N° PRÁCTICA: 5	TÍTULO DE PRÁCTICA: Simulación de etiquetado de envases.	
OBJETIVOS:		
Simular un proceso de etiquetado de envases en ambiente virtual. Utilizar el modo de velocidad del servomotor para la simulación de la práctica.		
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:		
 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: Al pulsar marcha (X2) arranca el motor de la banda transportadora (Y5) y el motor del rodillo de presión (Y6). El sensor de start (X4), detecta la presencia de etiquetas, si este no detecta el servomotor no debe moverse y activará una luz de alarma (Y0) para que el operador ubique las etiquetas en su lugar. Si se detecta presencia de etiquetas, continua la secuencia de la siguiente manera: Como la banda transportadora se encuentra en marcha, el frasco va a avanzar sobre ella. Una vez que el frasco se encuentre en posición y lo detecte el sensor (X3) el servo realizará un avance hasta que el sensor (X1) detecte el fin de la etiqueta. El proceso se repetirá hasta pulsar (X0) 		

 Tabla 8. Variables de la práctica 5.

	Variable Name	Variable addr.	Comments
1	START_BANDA	¥5	BANDA
2	RODILLO_PRESION	¥6	RODILLO DE PRESION
3	ERROR_ETIQUETA	X4	ERROR_SIN_ETIQUETA
4	SENSOR_FRASCO	Х3	DETECCION DE FRASCO
5	M_SERVO	M2	MARCA DE AVANCE SERVO
6	FIN_ETIQUETA	X1	FIN ETIQUETA
7	MARCHA_MOTOR	X2	MARCHA_MOTOR
8	LUZ_ERROR	YO	LUZ_ERROR
9	MANDO	DO	PALABRA_MANDO
10	CONSIG_VELOCIDAD	D1	CONSIGNA DE VEOLCIDAD
11	DETECC_ETIQUETA	¥7	ETIQUETA

4.6. PRÁCTICA # 6

Guía de práctica de laboratorio		
CARRERA: Ingeniería	ASIGNATURA:	
Electrónica	Automatización Industrial	
N° PRÁCTICA: 6	TÍTULO DE PRÁCTICA: Simulación de posicionamiento de una banda transportadora.	
OBJETIVOS:		
Utilizar los implementos del módulo para la simulación adecuada del proceso. Implementar posiciones absolutas y relativas aprendidas previamente.		
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:		
Mediante entradas digitales se debe dar la opción de 5 posiciones las cuales serán: Vuelta completa, ³ / ₄ de vuelta, ¹ / ₂ vuelta, ¹ / ₄ vuelta, y posición inicial. Mediante pantalla deberá aparecer un mensaje de cual vuelta se está ejecutando, además de un mensaje que indique que el eje del servomotor está habilitado y deshabilitado. Para mostrar los avances de cada vuelta se encenderán las luces pilotos en el siguiente orden: Y5, 1 vuelta, Y6, ³ / ₄ de vuelta, Y7, ¹ / ₂ vuelta, Y10, ¹ / ₄ vuelta, Y11, posición inicial. Indicar inicio y paro desde la HMI.		

Tabla 9. Variables práctica 6.

	Variable Name	Variable addr.	Comments
1	Pos_1	Y5	POS 1
2	Pos_2	Y6	POS 2
3		X4	jog
4	Consig_veloc	D1	CONSIGNA VELOCIDAD
5	Palabra_mando	D2	PALABRA DE MANDO
6	Consig_pos	D8	CONSIGNA POSICION
7	Posicion_1	D9	POSICION 1
8	Vuelta_completa	M10	Mover una vuelta completa
9	Posicion_2	D10	POSICION 2
10	Vuelta_3_4	M11	Mover 3/4 de vuelta
11	Posicion_a	D3	Posicion
12	Inicio	X2	INICIO
13	Parada	X0	PARADA
14	Vuelta_2	X3	AVANCE 2 VUELTAS
15	Inicial_Pos	X1	INICIAL POS
16	Vuelta_1_2	M12	Mover 1/2 vuelta
17	Vuelta_1_4	M13	Mover 1/4 de vuelta
18	Reset	M14	Poner a O
19	Marcha_HMI	Ml	MARCHA HMI
20	Paro_HMI	M2	PARADA HMI
21	Pos_3	¥7	POS 3
22	Pos_4	Y10	POS 4
23	Pos_5	Y11	POS 5

4.7. PRÁCTICA # 7

Guía de práctica de laboratorio		
CARRERA: Ingeniería	ASIGNATURA:	
Electrónica	Automatización Industrial	
N° PRÁCTICA: 7	TÍTULO DE PRÁCTICA: Simulación de un proceso de una llenadora de polvos.	
OBJETIVOS:		
Reforzar los conocimientos adquirio temporizadores, registros Modbus.	dos para el correcto uso de marcas,	
Simular un sistema de llenado semi automático utilizando un servomotor con instrucciones de temporización.		
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:		
Al inicio se pone en marcha el servomotor que será la banda transportadora, con la entrada X2 se simulará un sensor que detectará los contenedores y por medio de un contador se llevará la cuenta de cuantos recipientes se van llenando. Al presionar X2, se abre la compuerta de la llenadora 1 y se enciende Y5, al cerrarse se enciende Y0, seguido de la llenadora 2, al abrirse la compuerta se enciende Y6 y al cerrarse se enciende Y1, posteriormente, al abrirse la compuerta de la llenadora 3 se encenderá Y7 y al cerrarse se enciende Y2. La salida Y10 se encenderá para indicar que el servomotor esta en marcha y Y3 se encenderá cuando el servomotor esté en paro.		

Tabla 10. Variables de la práctica 7.

	Variable Name	Variable addr.	Comments
1	M_arranque	M3	MARCA DE ARRANQUE
2	M_servo	M2	SERVO
3	Consig_veloc	D1	CONSIGNA DE VELOCIDAD
4	Palabra_mando	D0	PALABRA DE MANDO
5	Temporizador	T252	
6	Set_point	D2	SET POINT
7	Marcha	M1	MARCHA
8	Sensor	X2	SENSOR
9	Reset	M8	PONER A CERO
10	Llenador_1	Y5	LLENADOR 1
11	Llenador_2	Y6	LLENADOR 2
12	Llenador_3	Y7	LLENADOR 3
13	Servo_marcha	Y10	SERVO EN MARCHA

4.8. PRÁCTICA # 8

Guía de práctica de laboratorio					
CAPPERA: Ingeniería Electrónica	ASIGNATURA:				
CARRERA. Ingeniena Electronica	Automatización Industrial				
N° PRÁCTICA: 8	TÍTULO DE PRÁCTICA: Selector de disco y mezcla de colores supervisado y controlado desde HMI.				
OBJETIVOS:					
Realizar una conexión y funcionamiento correcto entre el software del HMI y el PLC. Utilizar temporizadores y funciones de velocidad del servomotor para la simulación del proceso.					
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:					
Para el desarrollo de la práctica se da inicio desde la pantalla, se listan 5 colores los cuales son: Negro, al seleccionarlo se enciende Y0, Blanco, al seleccionarlo se enciende Y1, Amarillo, al seleccionarlo se enciende Y2,					

Azul, al seleccionarlo se enciende Y3, Amanilo, al seleccionarlo se enciende Y2, Azul, al seleccionarlo se enciende Y3 y Rojo, al seleccionarlo se enciende Y4. Insertamos dos opciones de proceso: Llenado, se enciende Y5, Mezclado, se enciende Y6. Se insertará una entrada que permite seleccionar la velocidad del llenado de acuerdo a la necesidad.

Tabla 11. Variables de la práctica 8.

	Verichle Neme	Verieble oddr	Commonita		
	variable wame	variable addr.			
T	VALV_LLENADU	Y5	VALVULA DE LLENADU		
2	VALV_MEZCLADO	Y6	VALVULA DE MEZCLADO		
3		X4	jog		
4	VELOCIDAD	D1	CONSIGNA VELOCIDAD		
5	MANDO	D2	PALABRA DE MANDO		
6	POSICION	D8	CONSIGNA POSICION		
7	POSICION_1	D9	POSICION 1		
8	M_0	M10			
9	POSICION_2	D10	POSICION 2		
10	M_1	M11			
11	POSICION_3	D3	Posicion		
12	INCIO	X2	INICIO		
13	PARADA	X0	PARADA		
14	AVANCE	Х3	AVANCE 2 VUELTAS		
15	INICIAL_POS	X1	INICIAL POS		
16	COLOR_1	Ml	NEGRO		
17	COLOR_2	M2	BLANCO		
18	COLOR_3	МЗ	AMARILLO		
19	COLOR_4	M4	AZUL		
20	COLOR_5	M5	ROJO		
21	LLENADO	M6	LLENADO		
22	TEMP	TO			
23	TIEMPO_LLENADO	D4	TIEMPO LLENADO HMI		
24	TEMP_1	T1			
25	TIEMPO_MEZCLA	D5	TIEMPO DE MEZCLA HMI		
26	MEZCLAR	M7	MEZCLAR		

4.9. PRÁCTICA # 9

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR Guía de p	práctica de laboratorio				
CARRERA: Ingeniería Electrónica	ASIGNATURA: Automatización Industrial				
N° PRÁCTICA: 9	TÍTULO DE PRÁCTICA: Simulación de un control y velocidad de cajas de cartón proceso, supervisado y controlado desde HMI.				
OBJETIVOS:					
Aplicar las herramientas aprendidas para lograr comunicación y acción exitosa entre el PLC y servomotor. Realizar una correcta simulación y comunicación en el HMI para el funcionamiento de la práctica.					
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEM	A:				
Para el desarrollo de la práctica, enciende Y0 para indicar que el se se ingresa por pantalla la velocidad de 1 a 2000 rpm, una vez indicada pantalla y se enciende Y5, al detect la caja 2 y 3 se encienden Y6 y Y7 r EMERGENCIA, el proceso se detie mensajes de "Banda en espera" "Ble encenderá Y2. Se debe añadir una encenderá Y4, a su vez por pantalla que el error. Añadir el conteo de caja	se da marcha desde la pantalla, se rvomotor está en espera. Para el inicio l requerida, ésta debe ser en un rango la velocidad se pulsa encendido desde ar la primera caja se enciende Y6, para respectivamente. Al pulsar PARADA DE ene y se debe mostrar por pantalla los oqueado por parada de emergencia" se falla, la cual será simulada por X2 y se se debe mostrar un mensaje indicando as y un botón para iniciar desde cero.				

	Variable Name	Variable addr.	Comments
1	MANDO	DO	PALABRA DE MANDO
2	VELOCIDAD	Dl	CONSIGNA DE VELOCIDAD
3	SET_RPM	D4	SET RPM
4	VELOCIDAD_REAL	D3	VELOCIDAD REAL
5	MARGEN_ERROR	D5	MARGEN DE ERROR
6	MARCHA	¥5	Luz de marcha
7	PARADA	YO	LUZ DE PARADA
8	SOBRECARGA	M3	SOBRECARGA
9	FALLA_TERMICA	¥4	LUZ DE FALLA TERMICA
10	RESET_FALLA	X0	RESET FALLA
11	PARADA_EMERGENCI	¥2	LUZ PARADA EMERGENCIA
12	EMERGENCIA_HMI	M5	PARADA DE EMERGENCIA HMI
13	SENSOR	M20	SIMULACION DE SENSOR

4.10. PRÁCTICA # 10

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR Guía de p	práctica de laboratorio
CARRERA: Ingeniería Electrónica	ASIGNATURA:
	Automatización Industrial
N° PRÁCTICA: 10	un llenado de garrafas de anticongelante, proceso supervisado y controlado desde HMI.
OBJETIVOS:	
Aplicar los conocimientos adquirid controlado desde HMI. Parametrizar de forma adecuada proceso.	los para simular el proceso que será el servo drive para la ejecución del
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEM	A:
Se da inicio desde pantalla, Y0 mue indica que la válvula de llenado está de botella en pantalla, con tiempo para 4 litros, se enciende Y7, el sen cuando detecte la botella. Se debe r se llene la botella la luz correspondi de 10 litros, se enciende Y10, y para Se debe agregar un contador de bot reinicio. A su vez, se tiene la opción	estra que la banda está detenida, Y1 me cerrada. Se listan 3 opciones de tamaño de llenado de acuerdo a cada volumen, nsor de botella será X2 y se enciende Y6 mostrar un mensaje de llenado y una vez ente al llenado, se apaga. Para la botella a la botella de 20 litros, se enciende Y11. tellas y éste debe contar con un botón de para indicar la velocidad deseada.

Tabla 13. Variables de la práctica 10.

	Variable Name	Variable addr.	Comments	
1	MANDO	DO	PALABRA DE MANDO	
2	VELOCIDAD	Dl	CONSIGNA DE VELOCIDAD	
3	SET_RPM	D4	SET RPM	
4	VELOCIDAD_REAL	D3	VELOCIDAD REAL	
5	ERROR_VELOCIDAD	D5	ERROR VELOCIDAD	
6	M_ARRANQUE	M3	MARCA ARRANQUE	
7	M_HMI	M4	MARCHA HMI	
8	FALLA	X2	SENSOR	
9	SERVO_START	¥5	SERVO ON'	
10	VALVULA_LLENADO	¥6	VALVULA DE LLENADO	
11	PARADA_HMI	M5	PARADA HMI	
12	OPCION_1	M6	4 LITROS	
13	OPCION_2	M7	10 LITROS	
14	OPCION_3	M8	20 LITROS	

5. RESULTADOS

La realización del proyecto de titulación tuvo como resultado el diseño y la implementación de un módulo didáctico de la marca INVT para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la sede Guayaquil puedan reforzar los conocimientos adquiridos en el aula de clases y conozcan un poco de la variedad de marcas que existen en el campo de la automatización. El PLC y el HMI se encuentran conectados mediante Modbus, así como también el servomotor y el PLC.

El diseño se lo realizó en Inventor, con dos ventanas en la parte inferior, una frontal y la otra lateral, para que la vista del movimiento del servomotor sea más cómoda y accesible para los estudiantes.

Los equipos utilizados se han conectado mediante Modbus RTU, para comodidad y optimización de recursos, a su vez se han incorporado selectores, pulsadores, luces piloto y un paro de emergencia para la simulación de un ambiente de automatización en la industria. En la figura 35 se muestra la configuración que debe repetir en cada práctica ya que este es el parámetro de conexión entre los equipos; PLC, HMI y servomotor.

1	LAATSI											
V	ariable	addr.	Vari	able	Name	Variable	Type	Data Type	Commen	its		
						TEMP		BOOL				
						TEMP		BOOL				
						TEMP		BOOL				
E								1	1			
	/ *U6 il	is amos	una va	riable	de est	ado high p	ara que	se escriban	automat i	camente los val	ores	de palabra de mando, velocidad y posicio*/
	SMO											
NO		[MODRW	1		2	б	1825	1	Dl]	
										CONSIGNA FLOCIDAD	v	
		Ю	MODRW	1		2	6	1822	1	D2]	
										PALABRA D MANDO	E	
		կ	MODRW	1		2	6	1824	1	DS]	
										Posicion		

Figura 35. Configuración del PLC para la ejecución de las prácticas. Fuente: Los autores.

Se realizó un manual con 10 prácticas sobre aplicaciones de automatización con PLC, HMI y servomotor de la marca INVT para que los estudiantes pongan en práctica lo aprendido.

A continuación, se muestra la culminación del módulo didáctico.



Figura 36. Instalación de los equipos y cableado. Fuente: Los autores.



Figura 37. Panel de control Fuente: Los autores.



Figura 38. Culminación del módulo. Fuente: Los autores.

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la práctica 1 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar.

Se utilizó la marca SMO que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de velocidad (1826), la cual será 250 rpm.

La entrada X2 (NA) es el pulsante de marcha, éste escribe el valor 1 en el registro de palabra de mando para habilitar el eje del servomotor el cual está configurado en control de velocidad como confirmación se enciende la luz piloto conectada a la salida Y5.



Figura 39. Luz de marcha del servomotor. Fuente: Los autores.

La entrada X0 (NC) escribe el valor de 0 en el registro de palabra de mando y como confirmación de la parada del servomotor se enciende la luz piloto conectada a la salida Y0.



Figura 40. Luz de parada del servomotor. Fuente: Los autores.

En la práctica 2 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar.

Se utilizó la marca SMO que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de posición (1824), la cual tendrá un valor inicial.

La entrada X2 (NA) es el pulsante de inicio, éste ubica al eje del servomotor en su posición inicial (0 grados), una vez posicionado en 0 grados se puede mover el eje a la siguiente posición que sería 180 grados. No se puede posicionar a 180 grados sin antes haber iniciado en 0. En una aplicación de posición absoluta siempre va a existir una posición de inicio antes de realizar avances o retrocesos del eje.

La salida Y5 indica que el servomotor se encuentra en su posición inicial y la salida Y6 indica que se encuentra posicionado en 180 grados.



Figura 41. Luz de inicio en posición inicial. Fuente: Los autores.



Figura 42. Luz de posición dos. Fuente: Los autores.

El parámetro P0.22 de escritura del servo drive se configuró para que 10000 pulsos sean iguales o equivalentes a una vuelta completa del eje, por lo tanto 5000 pulsos serán iguales a media vuelta. Estos valores se escriben en el registro de consigna de posición (1824) al activar la entrada X2 y luego la entrada X3.

En la práctica 3 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar.

Se utilizó la marca SMO que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de posición (1824).

La entrada X2 magnetiza el eje del servomotor y con cada flanco negativo del mismo realiza un avance de 36 grados (1000 pulsos por Modbus) y se enciende la luz piloto conectada a la entrada Y5 cada vez que se detecta un flanco positivo de la entrada.



Figura 43. Luz indicando operación de posicionamiento. Fuente: Los autores.

La entrada X0 desmagnetiza el eje del servomotor y enciende la luz piloto conectada a la salida Y0.



Figura 44. Luz indicando que el eje esta desmagnetizado. Fuente: Los autores.

En la práctica 4 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar.

Se utilizó la marca SMO que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de posición (1824).

La entrada X2 magnetiza el eje del servomotor. La entrada X4 posiciona el eje en 180 grados y confirma su posición mediante la luz piloto conectada a la salida Y7.



Figura 45. Luz de primera posición. Fuente: Los autores.

La entrada X5 posiciona el eje en 270 grados y confirma su posición mediante la luz piloto conectada a la salida Y10.



Figura 46. Luz de segunda posición. Fuente: Los autores.

La entrada X6 posiciona el eje en 0 grados y confirma su posición mediante la luz piloto conectada a la salida Y11.

La entrada X0 desmagnetiza el eje del servomotor.



Figura 47. Luz de tercera posición. Fuente: Los autores.

En la práctica 5 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Del puerto serial 2 del PLC como Modbus esclavo para que establezca comunicación con el maestro HMI a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Se configuró el puerto serial COM 2 (RS485) para establecer comunicación entre el HMI y el PLC, se seleccionó este puerto para no tener que utilizar el puerto 0 ya que este es para la carga del programa del PLC.

Se utilizó la marca SMO que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de velocidad (1826).

La entrada X2 activa el rodillo de presión y la banda transportadora, a su vez se puede realizar esta operación de marcha por medio de la marca M11 que corresponde a un botón del HMI. La entrada X4 simula un sensor de presencia de etiqueta como condición para que el servomotor pueda etiquetar un recipiente al detectarlo, si éste no está activado se encenderá la luz piloto conectada a la salida Y0 indicando una alarma y a la vez un texto de aviso en la HMI que diga "FALTA DE ETIQUETA".



Figura 48. Pantalla HMI práctica 5. Fuente: Los autores.

Una vez activados los motores de banda y planchado se podrá etiquetar un recipiente al pulsar la entrada Y5, esto hará rotar el eje del servomotor hasta que la entrada X1 detecte el fin de esa etiqueta, el proceso se repetirá hasta ser desconectado por la entrada X0 o por el pulsador de emergencia de la pantalla HMI.



Figura 49. Resultados de la práctica 5. Fuente: Los autores.

En el HMI se puede visualizar la velocidad real (registro de lectura 4000) y el error de velocidad (registro de lectura 4438). Cada vez que se conmute la entrada X3 el contador sumará un frasco, para reiniciar el contador se debe pulsar el botón del HMI con el texto "Poner a cero" que corresponde a la marca M10.



Figura 50. Resultado de la práctica 5. Fuente: Los autores.

En la práctica 6 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Y, el puerto serial 2 del PLC como Modbus esclavo del maestro HMI, a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar.

Se utilizó la marca SMO que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de posición (1824). Se configuraron 5 botones para definir el avance del servomotor que representa la banda transportadora:

 Tabla 14. Marcas de la práctica 6

Marcas en el PLC	Descripción de función
M10	Avanzar una vuelta completa
M11	Avanzar ¾ de vuelta
M12	Avanzar ½ vuelta
M13	Avanzar ¼ de vuelta
M14	Posición inicial

Cualquiera de las marcas que corresponden a los botones de avance magnetizan el eje del servomotor para que no exista la posibilidad de que su posición cambie por alguna maniobra manual, de esta manera se logra que el posicionamiento de la banda transportadora sea preciso.



Figura 51. Pantalla HMI de la práctica 6. Fuente: Los autores.

Todos los accionamientos virtuales del HMI confirman por medio de una luz piloto conectada a una salida del PLC el tipo de avance seleccionado. En pantalla se muestra un mensaje por cada avance seleccionado.

Tabla 15. Salida digitales práctica 6.

Posición	Salida digital
Avance 1 vuelta	Y5
Avance ¾ vuelta	Y6
Avance 1/2 vuelta	Y7
Avance 1/4 vuelta	Y10
Posición inicial	Y11



Figura 52. Luz piloto de avance 1/2 vuelta práctica 6. Fuente: Los autores.

Cada flanco negativo envía un número de pulsos por Modbus al registro de posición, según el avance que se haya seleccionado, es decir que el valor es aditivo a la última posición en la que se encuentra el eje.

Tabla 16. Posición de la práctica 6.

Marca	Número de pulsos	Registro	
M10	10000 ADD	1824	
M11	7500 ADD	1824	
M12	5000 ADD	1824	
M13	2500 ADD	1824	
M14	0 MOV	1824	

En la práctica 7 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Del puerto serial 2 del PLC como Modbus esclavo para que establezca comunicación con el maestro HMI a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Se configuró el puerto serial COM 2 (RS485) para establecer comunicación entre el HMI y el PLC, se seleccionó este puerto para no tener que utilizar el puerto 0 ya que este es para la carga del programa del PLC.

Se utilizó la marca SMO que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de velocidad (1826).



Figura 53. Pantalla HMI de la práctica 7. Fuente: Los autores.

La marca M100 se utilizó como bit para arranque de la secuencia de proceso, la cual se inicia dando marcha al servomotor a una velocidad fija de 500 rpm, al mismo tiempo la luz piloto conectada a la salida Y10 indicará que el servomotor se encuentra en marcha. La entrada digital X2 simula un sensor que detecta las cajas y habilita un temporizador con retardo a la conexión, el cual tendrá un tiempo de consigna de 6 segundos.

Para la animación de llenado de las cajas se utilizaron instrucciones de comparación:

Tabla 17. Instrucciones de comparación práctica 7.

Rango de tiempo	Válvula de llenado
> 0 < 2 segundos	Válvula 1
≥ 2 < 4 segundos	Válvula 2
≥ 4 < 6 segundos	Válvula 3

El estado de cada una de las válvulas de llenado y del servomotor está confirmado por una luz piloto conectado a una salida digital.

Tabla 18. Accionamientos y sus salidas digitales práctica 7.

Accionamiento	Salida digital
Válvula 1 cerrada	Y0
Válvula 2 cerrada	Y1
Válvula 3 cerrada	Y2
Servomotor en parada	Y3
Válvula 1 abierta	Y5
Válvula 2 abierta	Y6
Válvula 3 abierta	Y7
Servomotor en marcha	Y10

En la imagen de proceso del HMI se mostrarán avisos de banda transportadora en marcha y banda transportadora en espera, una luz piloto con una animación de apariencia para representar el estado del sensor de detección simulado con la entrada X2. Adicional, se agregaron gráficos con animación de visibilidad conectada a una variable para representar el producto que se deposita en cada contenedor.



Figura 54. Salidas digitales práctica 7. Fuente: Los autores.

En la práctica 8 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Y, el puerto serial 2 del PLC como Modbus esclavo del maestro HMI, a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar.

Se utilizó la marca SMO que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de posición (1824).

La marca M0 se utilizó como el bit que magnetiza el eje del servomotor, conmutada desde un botón en la imagen de proceso de la HMI.



Figura 55. Pantalla HMI de la práctica 8. Fuente: Los autores.

Cada accionamiento virtual selecciona un color y una posición especifica del eje. Los tiempos de llenado y mezclado son definidos por el usuario en unidad de segundos, el inicio de llenado y mezclado se comanda desde los accionamientos virtuales creados en el HMI.

Tabla 19. Posiciones del servomotor de la práctica 8.

Colores	Posición del servomotor	Número de pulsos (Modbus)
Negro	1 grados	1
Blanco	72 grados	2000
Amarillo	144 grados	4000
Azul	216 grados	6000
Rojo	288 grados	8000

Tabla 20. Variables y funciones de la práctica 8.

Variable	Tipo	Función
Y0	Bool	Color negro
Y1	Bool	Color blanco
Y2	Bool	Color amarillo
Y3	Bool	Color azul
Y4	Bool	Color rojo
Y5	Bool	Válvula de llenado
Y6	Bool	Válvula de mezclado
D4	DWord	Tiempo de llenado
D5	DWord	Tiempo de mezclado


Figura 56. Salida digital de color rojo. Fuente: Los autores.



Figura 57. Salida digital de la opción llenado práctica 8. Fuente: Los autores.

En la práctica 9 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Del puerto serial 2 del PLC como Modbus esclavo para que establezca comunicación con el maestro HMI a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Se configuró el puerto serial COM 2 (RS485) para establecer comunicación entre el HMI y el PLC, se seleccionó este puerto para no tener que utilizar el puerto 0 ya que este es para la carga del programa del PLC.

Se utilizó la marca SM0 que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de velocidad (1826), y que lea los registros de velocidad real (4000) y el error de velocidad (4438).

El accionamiento virtual de encendido invierte el valor del bit M2 el cual habilita el eje del servomotor para posteriormente configurar su velocidad de rotación, en este

caso el servomotor es la banda transportadora y su estado se mostrará por pantalla como "Banda en marcha". Se utilizó un cuadro de entrada numérica para configurar la consigna de velocidad del servomotor dentro de sus límites mínimos y máximos de rpm.



Figura 58. Pantalla de HMI de la práctica 9. Fuente: Los autores.

La imagen de proceso permite visualizar la velocidad real y el error de velocidad que nos proporciona el driver como retroalimentación del encoder, el botón de emergencia no solo cumple la función de detener el proceso sino también de bloquearlo hasta que se deshabilite con otro accionamiento.

Se utilizó un cuadro numérico para visualizar el valor total de las cajas contadas y un botón para reiniciar el contador a cero. La visualización de las cajas depende de variables dentro de un rango de tiempo del temporizador que se inicia desde el instante que se da marcha.



Figura 59. Movimiento de cajas de la práctica 9. Fuente: Los autores.

Tabla 21. Variables de animación de cajas de la práctica 9.

Elemento gráfico	Variable	Rango de tiempo
Caja 1	Y6	> 0 segundos
Caja 2	Y7	> 2 segundos
Caja 3	Y10	> 4 segundos

La entrada X2 representa el contacto abierto de un relé de sobrecarga que al activarse desconecta el servomotor y necesita de un flanco positivo en la entrada X0 para acusar el error.



Figura 60. Pantalla con error de la práctica 9. Fuente: Los autores.

Variable	Dirección
Acusar error de falla térmica	X0
Relé de sobrecarga	X2
Luz de falla térmica	Y0
Marcha del servomotor	Y5
Caja 1	Y6
Caja 2	Y7
Caja 3	Y10
Parada de emergencia	Y2



Figura 61. Encendido de las salidas digitales de la práctica 9. Fuente: Los autores.

En la práctica 10 se realizó la configuración del puerto serial 1 del PLC como Modbus maestro para que establezca comunicación con el esclavo Servo Driver a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Del puerto serial 2 del PLC como Modbus esclavo para que establezca comunicación con el maestro HMI a una velocidad de 19200 bits por segundo, con paridad impar. Se configuró el puerto serial COM 2 (RS485) para establecer comunicación entre el HMI y el PLC, se seleccionó este puerto para no tener que utilizar el puerto 0 ya que este es para la carga del programa del PLC.

Se utilizó la marca SM0 que corresponde a un estado alto para que escriba los valores en los registros de palabras de mando (1822) y de consigna de velocidad (1826), y que lea los registros de velocidad real (4000), el error de velocidad (4438), voltaje del circuito DC (4020), salida de voltaje RMS (4022) y salida de corriente ARMS (4024)

La marca M2 es activada desde el botón de encendido del HMI para que ésta habilite el eje del servomotor, y con un cuadro de entrada numérica se configura la consigna de velocidad. Se usaron 3 marcas para seleccionar el tipo de recipiente a llenar y cada uno de ellos con un tiempo de llenado diferente proporcional a su capacidad.

Variable	Dirección	Consigna de tiempo
Recipiente de 4 litros	M6	1 segundo
Recipiente de 10 litros	M7	4 segundos
Recipiente de 20 litros	M8	8 segundos

Tabla 23. Variables de llenado de la práctica 10.



Figura 62. Pantalla HMI de la práctica 10. Fuente: Los autores.

La entrada digital X2 simula el sensor que detecta los recipientes y a la vez con un flanco positivo incrementa el valor del contador. Al mismo tiempo, para reiniciar el contador se debe pulsar el botón con el texto "Poner a cero". La consigna de tiempo de llenado y el tiempo de llenado transcurrido se pueden visualizar mediante cuadros numéricos. El valor de la consigna de tiempo cambia según el recipiente seleccionado.

Otros parámetros de visualización son la velocidad real, el error de velocidad y el total de recipientes contados.

Figura 63. Llenado de botella de la práctica 10. Fuente: Los autores.

Se creó una pantalla de indicadores para visualizar la velocidad en rango en un velocímetro digital, los voltajes del circuito DC y salida AC en indicadores de tiempo barra y cuadros numéricos.



Figura 64. Indicadores de la práctica 10. Fuente: Los autores.

Tabla 24. Entradas y salidas digitales de la práctica 10.

Variables	Dirección
Sensor de detección	X2
Servomotor en parada	Y0
Válvula de llenado cerrada	Y1
Servomotor en marcha	Y5
Válvula de llenado abierta	Y6
Selección de recipiente de 4 litros	Y7
Selección de recipiente de 10 litros	Y10
Selección de recipiente de 20 litros	Y11



Figura 65. Encendido de las salidas digitales. Fuente: Los autores.

CONCLUSIONES

Con la marca INVT se puede realizar cualquier tipo de aplicación industrial que se busca hoy en día y cumple con los estándares que se requiere en el ámbito industrial. Es innovadora ya que es una nueva marca que está tomando nombre en el mercado industrial al ser muy accesible para la industria con su excelente y amplio manejo.

Antes de diseñar, implementar o cablear el modulo se realizó un boseto en 3D lo cual permitió mejorar el diseño conforme se fue armando, también ayuda para dimensionar el espacio y los componentes que se utilizaron en el módulo con eso se concluye que antes de hacer el módulo se tiene que realizar un boseto como guia preferible en 3D para evitar conflictos de espacio e ir mejorando el diseño.

Los programas que se utilizaron en el proyecto como el AutoStation, VT Dsigner y el ServoPlorer consumen menos rendimiento al ordenador, fácil instalación y un sencillo manejo, lo más importante es que es un software libre ya que se encuentra gratis en las páginas oficiales de la marca a diferencia de otros productos que son muy pesados, complejos al momento de instalarlo y la mayoria siempre hay que pagar un valor por el aplicativo con esto se concluye que nuestras aplicaciones son más accesibles para el uso y más rápidas ya que se pueden utilizar cualquier tipo de ordenador sea de baja o alta gama.

La comunicación que se realizó en el proyecto fue la comunicación Modbus RTU ya que es el mejor protocolo para un tipo de conexión más sencilla a sistemas Modicon o Honeywell, y que permite una adecuada transferencia de datos por lo cual se pudo experimentar con el control por medio de bus de campo. Mediante la comunicación Modbus RTU se pudo experimentar con controles de dos tipos, control de velocidad y control de posición el cual es posible modificar en el programa. En el control de velocidad se puede conseguir un margen de error de velocidad mínimo y el control de posición se puede conseguir que a diferencia de otros aplicativos un error de posición casi nulo. Con esto se concluye que los dos tipos de control son los más adecuados al momento de trabajar con un servomotor y un servoDrive porque muestra un menor error de velocidad y de posición.

En la practica #10, se logró implementar una consigna de velocidad RPM en donde una de las pantallas del HMI de dicha práctica muestra un velocímetro, el voltaje de control DC, el voltaje de salida AC ,la corriente de salida, que logra evidenciar los resultados, los mismos que son extraídos del programa ServoPlorer.

RECOMENDACIONES

- Para aplicaciones donde se utilicen servomotores o se necesiten salidas rápidas a alta frecuencia se debe seleccionar un hardware donde dichas salidas sean de tipo transistor, ya que las salidas de tipo relé tienen limitaciones porque utilizan contactos físicos.
- La protección eléctrica para el servo drive debe ser interruptor termo magnético o fusibles ultra rápidos.
- El cable de potencia entre el servo drive y el servomotor no debe exceder la longitudque viene de fábrica.
- Modbus RTU debido a que el conector donde se encuentran las entradas y salidas digitales utilizan calibres de cables muy delgados y es muy fácil que estos se rompan y limitan el control porque la posición del eje se asume según el número de pulsos físicos aplicados.

Una vez realizadas las pruebas pudimos determinar algunos detalles que no se pueden obviar, para tener un correcto control y funcionamiento.

- Los servo drivers trifásicos se pueden alimentar con dos fases y es completamente funcional, pero en campo se recomienda elegir el servo driver inmediato superior para compensar la carga.
- Realizar el control del servomotor por medio de bus de campo, para reducir el cableado físico, el tiempo de dicho cableado y poder tener a disposición la lista de parámetros de lectura del servo driver en el HMI.
- El módulo didáctico trabaja desde 220 a 250 V. Recomendamos no rebasar esos límites, para evitar problemas con alguno de los dispositivos.
- Definir el método de control en cada una de las prácticas, si vamos a trabajar en modo de velocidad, no tratar de hacer arrancar el servo driver en control de posición o viceversa, ya que estos genera algunos efectos sobre el servomotor que pueden ser perjudiciales.
- El módulo didáctico dispone de un visor de acrílico para poder observar la posición del servomotor, una recomendación de seguridad seria no realizar operaciones con la puerta abierta, para evitar riesgo de atrapamiento.

ANEXOS

Anexo 1: Creación de proyecto

Secuencia de pasos a seguir para realizar la creación de un proyecto para utilizar PLC, HMI y servomotor de la marca INVT.

1. Abrimos el programa VT Designer, y le damos clic a la opción File seguido de la opción New



Figura 66. Pasos para la creación de un proyecto. Fuente: Los autores.

2. Una vez creado el nuevo proyecto se deberá darle un nombre y dar clic en siguiente, como se muestra en la figura

New Project			>	ĸ
Project Name:	1			
Project Name.	prueball			
Location:	C:\Users\Allison\Documents\	.VT Designer\	Browse	
			²	-
		< Atrás	Siguiente > Cancelar Ayuda	1
				-
	Figura 67.	Insertar nombre al nu	Jevo provecto.	

Fuente: Los autores.

3. Se ingresa el nombre del programa, posterior a ello se debe agregar el tamaño de la pantalla del HMI, en este caso 7.0", luego buscamos el modelo del HMI VT070 y seleccionamos la resolución. Le damos a siguiente.

v Panel Application)
Application Name:	AP_1		1			
Display Size or Product Type:	7.0"	~ 2				
Display Orientation:	Landscape	~				
Model:	VT070		~			
Display Resolution:	800 x 480	\sim	3			
				4		
			< Atrás	Siguiente >	Cancelar	Ayuda
	Figura !	50 Insertar r	arámetros	de HMI		

Fuente: Los autores.

4. En la siguiente pantalla debemos cambiar los parámetros indicados en la figura. En la opción Device/Server se va a desplegar un listado de productos compatibles para la comunicación con el HMI, se debe seleccionar "Invt Auto-Control Technology" y seguido del modelo "IVC Series". Posterior a ello, seleccionamos el puerto COM 2. Le damos a Siguiente.

New Link		×
Link Number:	1 Tink 1	
Link Type:	Direct Link (COM)	~
Device/Server: Link Port:	Invt Auto-Control Technology VC Series COM2 (Link 1)	~
	iunication status in operation log	
The duration of s	showing a communication error message: $5 \lor$ second(s)	
	< Atrás Siguiente > Cancelar Ayu	da

Figura 68. Selección de modelo del PLC y puerto de conexión. Fuente: Los autores.

5. En la siguiente pantalla solo vamos a modificar **Baud Rate** a 19200 y **PLC Address** a 2, los valores ingresados en este programa deben concordar con los valores a ingresar en el Auto Station. Le damos a finalizar y tenemos un nuevo proyecto creado.

k Parameter		×
Transmission Baud Rate 19200 V Data Bits: 8 V Parity: Even V Stop Bits: 1 V	Others Panel Address: 1 Retry Count: 0 PLC Address: 2 2 2 2 Timeout Time: 0 (x 0.1 Sec.) Command Delay: 0 (x 1 ms)	
Fetching Data In Blocks To Optim Merge Adjacent Bits To Form Maximal Gap Of Two Mergeal Merge Adjacent Words To Fo Maximal Gap Of Two Mergeal	iize The Screen Data Reading Bit Blocks Dle Bits: (default) v m Word Blocks Dle Words: (default) v	
	< Atrás Finalizar Cancelar	Auda

Fuente: Los autores.

Para la creación de un nuevo proyecto en el programa Auto Station debemos seguir los siguientes pasos:

1. Al iniciar el programa nos dirigimos a la opción File y New Project



Figura 70. Creación de nuevo proyecto en Auto Station Fuente: Los autores.

2. Le damos un nombre al proyecto y seleccionamos el modelo del PLC, para este caso es la opción **IVC1L.** Le damos clic a OK

New project	×
Program name	Prueba 1
Location	Jsers\Allison\Documents\Prueba 1\
PLC type	IVC1L V
Default editor	Ladder chart 🗸
Project description	
	OK Cancel

Figura 71. Selección de modelo y nombre del proyecto. Fuente: Los autores.

3. Una vez realizado el paso 2 tendremos el nuevo proyecto, se debe configurar los puertos como se muestra a continuación; seleccionamos **System block** seguido de **Serial Port**, se abrirá una nueva ventana.

Project Manager 🛛 📮 🗙	🚡 MAIN		System block			×
Prueba 1(IVC1L)	Variable addr. Variable Name	Variable Ty	System setting	PLC communication port (0) setting		
		TEMP	Output Table	Program port protocol		
		TEMP TEMP	- D Set Time	O Freeport protocol	Free port setting	
			Input Filter	O Modbus protocol	Modbus setting	
Data block			→ Advanced Setting	O N:N Protocol	N:N setting	
Saving Range			Special Module C	PLC communication port (1) setting		
Set Time			Communication	No protocol		
Input Filter			MDI Config	O Freeport protocol	Free port setting	
Advanced Sett				O Modbus Protocol	Modbus setting	
Serial Port				O N:N Protocol	N:N setting	
Interruption Pr				PLC communication port (2) setting		
MDI Config				No protocol		
🖶 👼 Cross reference tal				O Freeport protocol	Free port setting	
Instruction Wizard				O Modbus Protocol	Modbus setting	
🛓 – 🍠 PLC Communicati				O N:N Protocol	N:N setting	
			< >			
				Aceptar	Cancelar	Ayuda
		L				

Figura 72. Configuración de los puertos. Fuente: Los autores.

4. Seleccionamos para el puerto 1 y 2 la opción de Modbus Protocol.

System block		×
System setting	PLC communication port (0) setting PLC communication port (0) setting	
Output funct Set Time Input Filter Output Point Advanced Setting	Freeport protocol Free port setting Modbus protocol Modbus setting N:N Protocol N:N setting	
 ⇒ Serial Port ⇒ Special Module C ⇒ Priority Level Of I ⇒ Communication ⇒ MDI Config 	PLC communication port (1) setting	
	Modbus Protocol Modbus setting N:N Protocol N:N setting	
	PLC communication port (2) setting	
	Freeport protocol Free port setting Modbus Protocol Modbus setting N:N Protocol N:N setting	
< >	Aceptar Cancelar Ayuda	

Figura 73. Configuración de los puertos 1 y 2. Fuente: Los autores.

5. Al puerto 1 le daremos el modo esclavo y el número de estación será la 1, se debe verificar que el **Baud rate** sea 19200.

System block		\times
C System setting	PLC communication port (0) setting	
Saving Range	Program port protocol	
Uutput lable		
Input Filter	C The port protocol	
🖳 🔁 Input Point M	1odbus Protocol X	
- 🔁 Advanced S	Defendence	
Serial Port	PLC serial port setting	
	Baud rate 19200 V Parity check Even V	
Communic	Data bit	
MDI Config		
	master/slave mode	
	Transmission mode	
	Timeout time of the main mode	
	Retry times	
	OK Cancel	
	O N:N Protocol N:N setting	
<	>	
	Aceptar Cancelar Avu	da
		_

Figura 74. Configuración específica del puerto 1. Fuente: Los autores.

6. Al puerto 2 le daremos el modo maestro y el número de estación será la 2.

System settir Saving Ra Output T Set Time	ng PL ange able	C communication po Program por C Freeport pro	rt (0) setting — t protocol tocol	Free port setting	
	lodbus Protoco	l i serie de la companya de la comp			×
	PLC serial port	setting	Devite dev	Default Value	
Priority	Baud rate Data bit	19200 V 8 V	Stop bit	1 V	
السلوم MDI Co	master/slav Station no. Transmissio Timeout tim	e mode n mode e of the main mode	Ma: 2 RTU 100	J Mode v 00 ¢ ms	
	Retry times		0		
L		OK Modbus Pro	tocol	Cancel Modbus setting	
	>	O N:N Protoco	bl	N:N setting	
		1	Aceptar	Cancelar	Ayuda

7. Una vez realizada la configuración, el proyecto está listo para iniciar la programación.

Anexo 2. Configuración del servo drive

¶ File(F)	Setting(S) Tools(T) View(V) Windo	ows(W)	Help(H)														-
- 11 🗸 🤇	ラ 🕫 📩 🔣 🖻 💻 🛕 🕓	.n ⊳	ulu 🔤 📼 🕐														
📥 🐹	🚽 持 👒 🚔 🦪 🔞												_		_		
P1	P2 P3 P4 P5 P6	P7	PtPO PtP1	PtP2 Dis	fferent	parameter	Common param	eter									
Function Code	e Parameter Name		Current Value	*	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Р	s	т	Description	
P0.00	Motor type	10	236		-	0	9999999	236	🚫 RW	RST	Save	1	1	1	1		
P0.01	Encorder type	Ċ.	2500 line standa		-	1	14	2500 line standard incremental	N RW	RST	Save	√	√	\checkmark	√		
P0.02	Motor rotating direction	Ó	CCW		-	0	1	CCW	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√		
P0.03	Control mode	1	Position mode		-	0	9	Position mode	🚫 RW	RST	Save	√	√	\checkmark	√		
P0.04	Internal enabling command	0	Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	INST	Unsave	√	√	√	√		
P0.05	Jog speed	- K.	350		r/min	0	1000	200	🚫 RW	INST	R Save	\checkmark	\checkmark	\checkmark	√		
P0.06	Numerator of encoder output pulse	0	10000		-	0	2147483647	10000	🚫 RW	RST	R Save	√	√	√	√		
P0.07	Denominator of encoder output pulse	Ċ	10000		-	1	2147483647	10000	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√		
P0.08	Reverse encoder output pulse	0	Pulse output rev		-	0	1	Pulse output reversing invalid	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√		
P0.09	Torque limit mode selection	 () 	1:Max Torque Li		-	0	6	1:Max Torque Limit1	🚫 RW	INST	- Save	√	\checkmark	\checkmark	√		
P0.10	Max torque limit 1	0	300,0		%	0	500	300,0	🚫 RW	INST	Rave	√	√	√	√		
P0.11	Max torque limit 2	 1 	400,0		%	0	500	300,0	🚫 RW	INST	Save	√	√	\checkmark	√		
P0.13	External brake resistor power	\sim	200		W	0	5000	200	🚫 RW	RST	Rave Save	√	√	√	√		
P0.14	External brake resistor resistance	- 0	60		Ω	1	1000	60	🚫 RW	RST	Rave	\checkmark	√	\checkmark	√		
P0.15	Default monitored parameters	0	0		-	0	22	0	🚫 RW	INST	Rave Save	√	√	√	√		
P0.16	Parameters modification lock	- C.	Permitted		-	0	1	Permitted	🚫 RW	🔛 INST	Save	√	\checkmark	√	√		
P0.17	Mode for writing to EEPROM	0	Batched save		-	0	1	Individual save	🚫 RW	🔛 INST	📕 Save	√	V	√	\checkmark		
P0.18	Manufacturer password		0		-	0	65535	0	🚫 RW	🔛 INST	🔊 Unsave	√	√	√	√		
P0.20	Position command selection	- Q	BUS input		-	0	5	ECAM input	🚫 RW	▶ RST	🔚 Save	√	√				
P0.22	Pulses per motor revolution		10000		pulse	0	2147483647	10000	🚫 RW	RST	Save	√	√				
P0.23	Pulse input mode	0	Pulse+Direction		-	0	2	Pulse+Direction	🚫 RW	RST	Rave Save	√	√				
P0.24	Reverse pulse input direction	1	Positive		-	0	1	Positive	🚫 RW	RST	Save	√	√				
P0.25	Numerator of electronic gear ratio 1	 () 	10000		-	0	2147483647	0	🚫 RW	🔛 INST	Rave Save	√	√				
P0.26	Denominator of electronic gear ratio	- C	10000		-	1	2147483647	10000	🚫 RW	🔛 INST	Reference Save	\checkmark	\checkmark				
P0.27	Numerator of electronic gear ratio 2	0	0		-	0	2147483647	0	🚫 RW	INST	🔚 Save	√	√				
P0.28	Numerator of electronic gear ratio 3	- K.	0		-	0	2147483647	0	🚫 RW	🔛 INST	Reference Save	\checkmark	√				
P0.29	Numerator of electronic gear ratio 4	 C 	0		-	0	2147483647	0	🚫 RW	INST	Save	√	\checkmark				

Figura 76. Configuración del servo drive parte 1.

Fuente: Los autores.

) 1) (1) 🖄 🔛 🖳 💻 🗛 🕓	🙎 📼 🎬 اللہ 🔁 🚻												
L 📥 🔣 E	1 🛤 👒 🚔 🥵 🔽													
P1	P2 P3 P4 P5 P6	P7 PtP0 PtP1	PtP2 Different	parameter C	ommon param	eter								
Function Code	Parameter Name	Current Value *	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Ρ	s T	Description	
P0.27	Numerator of electronic gear ratio 2	0	-	0	2147483647	0	🛞 RW	INST 🔤	📕 Save	√	\checkmark			
P0.28	Numerator of electronic gear ratio 3	😲 O	-	0	2147483647	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	1	√			
P0.29	Numerator of electronic gear ratio 4	😳 o	-	0	2147483647	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	V	√			
P0.33	Position command LPF filter time	0,0	ms	0	1000	0,0	🚫 RW	🔰 STOP	Reve Save	√	√			
P0.34	Position command FIR filter time	0,0	ms	0	1000	0,0	🚫 RW	🚺 STOP	🔚 Save	V	√			
P0.35	Positive position software limit	🛟 O	pulse	-2147483647	2147483647	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	\checkmark			
P0.36	Negative position software limit	🕐 o	pulse	-2147483647	2147483647	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	√			
P0.37	Position command mode selection	Absolute	-	0	1	Incremental	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	\checkmark			
P0.38	Full close loop mode selection	Disable	-	0	2	Disable	🚫 RW	▶ RST	🔚 Save	V	√	√ √		
P0.40	Speed command source selection	🗼 BUS input	-	0	5	Analog input	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save			√		
P0.41	Speed command direction setting	S-SIGN invalid	-	0	1	S-SIGN invalid	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√		
P0.42	Gain of Analog input 1	100	-	10	2000	100	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save			√		
P0.43	Polarity of Analog input 1	Positive	-	0	1	Positive	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√		
P0.45	Dead zone of Analog input 1	0,000	v	0	3	0,000	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√		
P0.46	Internal speed 1 / speed limit 1	500	r/min	-20000	20000	100	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√ √		
P0.47	Internal speed 2 / speed limit 2	🌔 0	r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save			√ √		
P0.48	Internal speed 3 / speed limit 3	😳 o	r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√ √		
P0.49	Internal speed 4 / speed limit 4	🔅 o	r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√ √		
P0.50	Internal speed 5	• • •	r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√		
P0.51	Internal speed 6	🔅 0	r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√		
P0.52	Internal speed 7	• • •	r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√		
P0.53	Internal speed 8	🎲 0	r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√		
P0.54	Acceleration time	🔅 0	ms	0	30000	0	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save			√		
P0.55	Deceleration time	 0 	ms	0	30000	0	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save			√		
P0.56	S-curve Acceleration time	 o 	ms	0	1000	0	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save			√		
P0.57	S-curve Deceleration time	🔅 o	ms	0	1000	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save			√		
P0.58	Zero speed clamping mode selection	0	-	0	3	0	🚫 RW	INST	Save			√ √	•	

📕 USB Communication normal 🞧 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 77. Configuración del servo drive parte 2. Fuente: Los autores.

71

imt invt ServoPlorer V4.18 - DA200 - [Parameter Setting]

A File(F) Setting(S) Tools(T) View(V) Windows(W) Help(H)

P0 P1	P2 P3 P4 P5 P6	P7	PtPO PtP1	1 PtP2	Different	: paramete	r Common param	neter									
Function Cod	Parameter Name		Current Value	*	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Ρ	s	т	Description	1
P0.49	Internal speed 4 / speed limit 4	10	0		r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	INST	Reve Save			\checkmark	\checkmark		
P0.50	Internal speed 5	0	0		r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	INST INST	🔲 Save			√			
P0.51	Internal speed 6	10	0		r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔤 INST	Save			√			
P0.52	Internal speed 7	0	0		r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save			√			
P0.53	Internal speed 8		0		r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save			√			
P0.54	Acceleration time	0	0		ms	0	30000	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save			√			
P0.55	Deceleration time		0		ms	0	30000	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save			√			
P0.56	S-curve Acceleration time	$\langle 0 \rangle$	0		ms	0	1000	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save			√			
P0.57	S-curve Deceleration time	1.2	0		ms	0	1000	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save			√			
P0.58	Zero speed clamping mode selection	0	0		-	0	3	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save			√	√		
P0.59	Zero speed clamping speed threshold		30		r/min	10	20000	30	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save			√	√		
P0.60	Torque command source	0	Internal torque		-	0	3	Analog input	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save				√		
P0.61	Torque command direction setting		T-SIGN invalid		-	0	1	T-SIGN invalid	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save				√		
P0.62	Gain of Analog input 2	0	100		-	0	2000	100	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save				\checkmark		
P0.63	Polarity of Analog input 2	1	Positive		-	0	1	Positive	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save				\checkmark		
P0.65	Dead zone of Analog input 2	$\langle 0 \rangle$	0,000		v	0	3	0,000	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save				\checkmark		_
P0.66	Internal torque command	1	0,0		%	-500	500	0,0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save				\checkmark		
P0.67	Speed limit mode selection	$\langle 0 \rangle$	Internal speed limit		-	0	1	Internal speed limit	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save				\checkmark		
P0.68	Torque command ramp time		0		ms	0	10000	0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save				\checkmark		
P0.69	Deceleration time for Quick stop	0	500		ms	0	10000	500	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save	√	\checkmark	√	\checkmark		
P0.70	Absolute encoder work mode selection	1.2	Single-turn absol		-	0	1	Single-turn absolute	🚫 RW	RST	🔚 Save	√	\checkmark	√	\checkmark		
P0.71	Clear absolute encoder multiturn	0	Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	inst 🔤	🔊 Unsave	√	\checkmark	√	\checkmark		
P0.90	Max speed limit of control mode switching	10	100		r/min	1	1000	100	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save		\checkmark	√	\checkmark		
P0.91	Positioning reference of control mode switching	g 🜔	-1		pulse	-1	2147483647	-1	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save		\checkmark	\checkmark	\checkmark		
P0.92	Position mode exiting method	10	Switch after INP		-	0	1	Switch after INP	🚫 RW	🔤 INST	Reve Save		\checkmark	\checkmark	√		
P0.99	Speed detection FIR filter order	0	1		-	1	31	1	🚫 RW	INST INST	🔲 Save	√	√	\checkmark	\checkmark		

P0:Numerator of electronic gear ratio 2

📕 USB Communication normal 🞧 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 78. Configuración del servo drive parte 3. Fuente: Los autores. – 0 ×

invt ServoPlo	rer V4.18 - DA200 - [Parameter Setting]														-	o ×
📥 File(F)	Setting(S) Tools(T) View(V) Window	s(W) Help(H)													_ 8 ×
i 🕨 🔢 🛛 🖉	🕽 🔿 🔿 📩 🔀 🖳 💻 🗛 🕓 🕼	11	≽ աև 🔤 💷 🕐													
: J 📥 🕅 I																
PO P1	P2 P3 P4 P5 P6	P	7 PtPO PtP1 PtP2	Differe	nt par	ameter	Common parameter									
Function Cod	e Parameter Name	T.	Current Value *	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Р	s	т	Description	^
▶ P1.00	Online tune inertia	C)	Invalid	-	0	1	Invalid	🚫 RW	INST 🔤	- Save	√	\checkmark	\checkmark	√		
P1.01	Inertia ratio 1		100	%	0	10000	250	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	√	√	√	√		
P1.02	Inertia ratio 2	0	250	%	0	10000	250	🚫 RW	INST INST	Rave Save	√	√	√	√		
P1.03	Mechanical rigidity	1	13	-	0	31	13	🚫 RW	INST	Rave	√	√	√	√		
P1.04	Offline tune inertia	\odot	Disable	-	0	1	Disable	🚫 RW	INST 🔤	🔄 Unsave	√	√	√	√		
P1.05	Inertia identification mode	$\langle i \rangle$	Forward rotate a	-	0	3	Forward rotate and then reverse rotate	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	√	√	√	√		
P1.06	Mechanical movement of inertia identification	୍	2,0	r	0,2	20	2,0	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	√	√	√	√		
P1.07	Acce constant time of inertia identification	1	200	ms	2	1000	200	🚫 RW	🔛 INST	- Save	√	√	√	√		
P1.08	Inertia identification grade	0	nearly no change	-	0	3	nearly no change	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	√	√	√	√		
P1.19	Resonance detection sensitivity	1	5,0	%	0,2	100	5,0	🚫 RW	🔛 INST	- Save	√	√	√	√		
P1.20	Resonance detection mode	\odot	Disable	-	0	7	Disable	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	√	√	√	√		
P1.21	1st Mechanical resonance frequency	1	5000	Hz	0	5000	5000	🚫 RW	🔛 INST	🔄 Unsave	√	√	√	√		
P1.22	2nd Mechanical resonance frequency	0	5000	Hz	0	5000	5000	🚫 RW	INST 🔤	🔊 Unsave	√	√	√	√		
P1.23	1st Trap wave center frequency	1	5000	Hz	50	5000	5000	🚫 RW	INST 🔤	- Save	√	√	√	√		
P1.24	1st Trap wave Q value	0	1,00	-	0,5	16	1,00	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	√	√	√	√		
P1.25	1st Trap wave depth	1	0	%	0	100	0	🚫 RW	INST 🔤	- Save	√	√	√	√		
P1.26	2nd Trap wave center frequency	\odot	5000	Hz	50	5000	5000	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	√	√	√	√		
P1.27	2nd Trap wave Q value		1,00	-	0,5	16	1,00	🚫 RW	INST 🔤	🔚 Save	√	√	√	√		
P1.28	2nd Trap wave depth	$\langle 0 \rangle$	0	%	0	100	0	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P1.29	3rd Trap wave center frequency	$\langle \cdot \rangle$	5000	Hz	50	5000	5000	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P1.30	3rd Trap wave Q value	ं	1,00	-	0,5	16	1,00	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P1.31	3rd Trap wave depth	10	0	%	0	100	0	🚫 RW	INST INST	- Save	√	√	√	√		
P1.32	4th Trap wave center frequency	ं	5000	Hz	50	5000	5000	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P1.33	4th Trap wave Q value	1	1,00	-	0,5	16	1,00	🚫 RW	INST 🔤	Save	√	√	√	√		
P1.34	4th Trap wave depth	\bigcirc	0	%	0	100	0	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	√	√	\checkmark	√		
P1.35	Vibration control mode in position command	1	1st Vibration sup	-	0	2	1st Vibration suppression frequency	🚫 RW	🔛 INST	Save	1	√				
P1.36	1st Vibration suppression of frequency	$\langle \cdot \rangle$	0,0	Hz	0	200	0,0	🚫 RW	INST	Save	1	1				¥

📕 USB Communication normal 🞧 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 79. Configuración del servo drive parte 4. Fuente: Los autores.

invt ServoPlorer V4.18 - DA200 - [Parameter Setting]

A File(F) Setting(S) Tools(T) View(V) Windows(W) Help(H)

🕨 📗 I 🖉 🗢 🔿 🔿 📩 🐹 I 🖭 💻 🔺 🕓 🗓 🔀 💷 🕋 2

P1	P2 P3	P4	P5	P6	P7	PtPO	PtP1	PtP2	Differen	nt para	ameter	Common parameter										
Function Code	Parameter Na	me				Current Value	*		Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Sav	ve Mode	F	Р	s	т	Description	^
P1.04	Offline tune in	ertia			ା	Disable			-	0	1	Disable	🚫 RW	INST	5	Unsave	1	√	√	√		
P1.05	Inertia identifi	cation mode			$\hat{\omega}$	Forward rotate	a		-	0	3	Forward rotate and then reverse rotate	🚫 RW	🔛 INST		Save	√	√	√	\checkmark		
P1.06	Mechanical mo	vement of in	ertia iden	tification	ं	2,0			r	0,2	20	2,0	🚫 RW	🔛 INST		Save	V	V	V	V		
P1.07	Acce constant	time of inert	ia identifi	cation	(\cdot)	200			ms	2	1000	200	🚫 RW	🔤 INST		Save	\checkmark	V	\checkmark	\checkmark		
P1.08	Inertia identifi	cation grade			ः	nearly no chang	e		-	0	3	nearly no change	🚫 RW	🔛 INST		Save	√	V	√	√		
P1.19	Resonance de	tection sensi	tivity		0	5,0			%	0,2	100	5,0	🚫 RW	🔤 INST		Save	\checkmark	V	\checkmark	\checkmark		
P1.20	Resonance de	tection mode			ା	Disable			-	0	7	Disable	🚫 RW	🔛 INST		Save	√	V	\checkmark	\checkmark		
P1.21	1st Mechanica	l resonance f	requency	/	0	5000			Hz	0	5000	5000	🚫 RW	🔛 INST	5	Unsave	√	V	√	\checkmark		
P1.22	2nd Mechanica	al resonance	frequenc	у	୍	5000			Hz	0	5000	5000	🚫 RW	🔛 INST	5	Unsave	√	V	\checkmark	\checkmark		
P1.23	1st Trap wave	center frequ	Jency		0	5000			Hz	50	5000	5000	🚫 RW	🔤 INST		Save	\checkmark	V	\checkmark	\checkmark		
P1.24	1st Trap wave	Q value			\odot	1,00			-	0,5	16	1,00	🚫 RW	inst 🔤		Save	√	V	√	√		
P1.25	1st Trap wave	depth			~ 2	0			%	0	100	0	🚫 RW	🔛 INST		Save	V	V	v	v		
P1.26	2nd Trap wave	e center freq	uency		ः	5000			Hz	50	5000	5000	🚫 RW	🔛 INST		Save	√	V	√	\checkmark		
P1.27	2nd Trap wave	e Q value			0	1,00			-	0,5	16	1,00	🚫 RW	🔛 INST		Save	√	V	\checkmark	\checkmark		
P1.28	2nd Trap wave	e depth			0	0			%	0	100	0	🚫 RW	INST 🔤		Save	V	V	V	V		
P1.29	3rd Trap wave	e center freq	Jency		Ф.	5000			Hz	50	5000	5000	🚫 RW	inst 🔤		Save	V	√	v	V		
P1.30	3rd Trap wave	e Q value			\odot	1,00			-	0,5	16	1,00	🚫 RW	inst 🔤		Save	√	V	√	√		
P1.31	3rd Trap wave	e depth			\mathbb{R}^{2}	0			%	0	100	0	🚫 RW	🔛 INST		Save	V	V	v	V		
P1.32	4th Trap wave	e center freq	Jency		\odot	5000			Hz	50	5000	5000	🚫 RW	🔛 INST		Save	√	V	√	\checkmark		
P1.33	4th Trap wave	e Q value			$\mathbf{z}_{\mathbf{z}}$	1,00			-	0,5	16	1,00	🚫 RW	🔛 INST		Save	√	V	\checkmark	\checkmark		
P1.34	4th Trap wave	e depth			\odot	0			%	0	100	0	🚫 RW	INST 🔤		Save	V	V	V	V		
P1.35	Vibration cont	rol mode in p	osition co	mmand	0	1st Vibration su	o		-	0	2	1st Vibration suppression frequency	🚫 RW	🔤 INST		Save	\checkmark	V				
P1.36	1st Vibration s	uppression o	f frequer	су	\odot	0,0			Hz	0	200	0,0	🚫 RW	inst 🔤		Save	√	V				
P1.37	1st Vibration f	ilter value			\mathbf{Q}	1,00			-	0	1	1,00	🚫 RW	🔤 INST		Save	\checkmark	V				
P1.38	2nd Vibration	suppression (of freque	ncy	$\langle \cdot \rangle$	0,0			Hz	0	200	0,0	🚫 RW	🔛 INST		Save	\checkmark	V				
P1.39	2nd Vibration	filter value				1,00			-	0	1	1,00	🚫 RW	INST		Save	\checkmark	\checkmark				

P1:Online tune inertia

📕 USB Communication normal 🗿 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 80. Configuración del servo drive parte 5. Fuente: Los autores. – 0 ×

invt ServoPlorer	V4.18 - DA200 - [Parameter Setting]														-	σ×
🚖 File(F) Se	tting(S) Tools(T) View(V) Windows(W) Hel	lp(H	t)													- 8
D 🛛 🖉 🗢	🕫 🔿 🚵 🔝 🖳 💻 🛤 🛕 🕓 🔝 🔝	app	···· ?													
J 📥 🔀 🔒	🛱 🗟 🚔 🦪 🔽	_														
PO P1 1	² P3 P4 P5 P6 P7	Pt	PO PtP1 PtP2 D	ifferent parameter	Com	non para	meter									
Function Code	Parameter Name		Current Value *	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Р	s	т	Description	
▶ P2.27	Speed control switch mode	$\langle 0 \rangle$	Constant 1st gain	-	0	5	Constant 1st gain	🚫 RW	📰 INST	Save			√			
P2.28	Speed control switch delay time	\mathbf{C}	0	ms	0	10000	0	🚫 RW	INST	Save			√			
P2.29	Speed control switch level	ं	0	-	0	20000	0	S RW	INST	- Save			√			
P2.30	Speed control switch hyteresis	1	0	-	0	20000	0	🚫 RW	INST	- Save			√			
P2.31	Torque control switch mode	0	Constant 1st gain	-	0	3	Constant 1st gain	🚫 RW	INST	- Save				√		
P2.32	Torque control switch delay time	1	0	ms	0	10000	0	🚫 RW	INST	Reve Save				√		
P2.33	Torque control switch level	0	0	-	0	20000	0	🚫 RW	INST INST	- Save				√		
P2.34	Torque control switch hyteresis		0	-	0	20000	0	🚫 RW	INST	- Save				√		
P2.41	Disturbance observer selection	0	Disable	-	0	2	Disable	🚫 RW	II STOP	🔚 Save	√	√	√	√		
P2.42	Disturbance observer compensation gain	1	0	%	0	100	0	🚫 RW	INST	🔚 Save	√	√	√			
P2.43	Disturbance observer cut-off frequency	्	200	Hz	0	3000	200	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	√	√			
P2.44	Torque command offset	10	0,0	%	-500	500	0,0	🚫 RW	INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P2.50	Full close loop vibration suppressor selection	\odot	Disable	-	0	2	Disable	🚫 RW	II STOP	🔚 Save	√	√	√			
P2.51	Full close loop vibration suppressor cut-off frequency		100,0	Hz	1	500	100,0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	V	√	√			
P2.52	Full close loop vibration suppressor compensation gain	्	0	%	0	1000	0	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	√	√			
P2.53	Medium frequency vibration suppressor selection		Disable	-	0	1	Disable	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P2.54	Medium frequency vibration suppressor frequency	\odot	100	Hz	1	2000	100	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P2.56	Medium frequency vibration suppressor attenuation gain		0	%	0	1000	0	🚫 RW	INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P2.60	Speed observer selection	$\langle \rangle$	Disable	-	0	2	Disable	🚫 RW	STOP	🔚 Save	V	√	√	√		
P2.61	Speed observer gain	10	100	Hz	1	1000	100	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	V		
P2.70	Friction compensation cut-off speed	\bigcirc	20	r/min	0	1000	20	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	V	V	√			
P2.71	Positive torque coefficient of friction compensation	10	0,0	%/10rpm	n 0	100	0,0	🚫 RW	INST	🔚 Save	√	√	√			
P2.72	Negative torque coefficient of friction compensation	$^{\circ}$	0,0	%/10rpm	n -100	0	0,0	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	√	√			
P2.73	Friction compensation selection		Acc valid	-	0	1	Acc valid	🚫 RW	INST	🔚 Save	√	√	√			
P2.74	Tuningless selection	$\langle \rangle$	Disable	-	0	1	Disable	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	V	V	\checkmark	V		
P2.75	Tuningless gain	$\langle \cdot \rangle$	40,0	Hz	0	3276,7	40,0	🚫 RW	INST	R Save	√	√	√	1		
P2.76	Tuningless robust gain	$\langle 0 \rangle$	100	%	0	1000	100	🚫 RW	INST INST	Save	V	V	√	√		

USB Communication normal 🞧 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 81. Configuración del servo drive parte 6. Fuente: Los autores.

File(F) Se	etting(S) Tools(T) View(V) Windows(W) He	1p(H	0													_ 8
		822	2													
P1	P2 P3 P4 P5 P2 P7	P+1	PO P+P1 P+P2 D:ff		Com		natar									
, II Evention Code	December News	111	Compativelys *	erent parameter	C Onn	ion para	Defende	Deed Musike	THE AVER	Cours Marda	-		-	-	Deserietien	
Function Code				Unit	Min	Max	Default	Read/write	Effective	Save Mode	-	٢	5	1	Description	
P2.34	Torque control switch hyteresis		0	-	0	20000	0	N RW	INST	Save	,			V		
P2.41	Disturbance observer selection	1	Disable	-	0	2	Disable	N RW	STOP	- Save	V	V	V	V		
P2.42	Disturbance observer compensation gain	1	0	%	0	100	0	N RW	INST	- Save	V	V	V			
P2.43	Disturbance observer cut-off frequency	1	200	Hz	0	3000	200	N RW	INST	Save	V	V	V			
P2.44	Torque command offset	1.	0,0	%	-500	500	0,0	🚫 RW	INST	- Save	V	V	V	V		
P2.50	Full close loop vibration suppressor selection	12	Disable	-	0	2	Disable	🚫 RW	STOP	- Save	√	V	√			
P2.51	Full close loop vibration suppressor cut-off frequency	14	100,0	Hz	1	500	100,0	🚫 RW	INST INST	- Save	V	V	V			
P2.52	Full close loop vibration suppressor compensation gain	$\langle \phi \rangle$	0	%	0	1000	0	🚫 RW	INST INST	- Save	V	V	V			
P2.53	Medium frequency vibration suppressor selection		Disable	-	0	1	Disable	🚫 RW	INST 🔤	- Save	V	V	V	V		
P2.54	Medium frequency vibration suppressor frequency	0	100	Hz	1	2000	100	🚫 RW	INST INST	Reve Save	V	V	V	√		
P2.56	Medium frequency vibration suppressor attenuation gain	0	0	%	0	1000	0	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	V	V	V	V		
P2.60	Speed observer selection	\odot	Disable	-	0	2	Disable	🚫 RW	🚺 STOP	🔚 Save	V	√	V	\checkmark		
P2.61	Speed observer gain	1.1	100	Hz	1	1000	100	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save	V	V	V	√		
P2.70	Friction compensation cut-off speed	\odot	20	r/min	0	1000	20	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	V	√	V			
P2.71	Positive torque coefficient of friction compensation	1.	0,0	%/10rpm	0	100	0,0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	V	√	√			
P2.72	Negative torque coefficient of friction compensation	$\langle \cdot \rangle$	0,0	%/10rpm	-100	0	0,0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	V	√	√			
P2.73	Friction compensation selection		Acc valid	-	0	1	Acc valid	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√			
P2.74	Tuningless selection	\odot	Disable	-	0	1	Disable	🚫 RW	INST 🔤	🔚 Save	√	√	√	√		
P2.75	Tuningless gain	\sim	40,0	Hz	0	3276,7	40,0	🚫 RW	INST	Reference Save	√	√	√	√		
P2.76	Tuningless robust gain	0	100	%	0	1000	100	🚫 RW	INST INST	Reference Save	√	√	√	√		
P2.85	Torque feed-forward select	1	SpdCmd	-	0	1	SpdCmd	🚫 RW	INST	Save	√	√	√			
P2.86	Fluxweakening function Select	Ó	Disable	-	0	3	Disable	🚫 RW	INST	Save	√	√	√	√		
P2.87	Fluxweakening Vdc utilization ratio	1	90	%	1	99	90	S RW	INST	Save	√	√	1	√		
P2.88	Fluxweakening openloop bandwidth	\odot	50	Hz	1	500	500	S RW	INST	Save	1	√	1	1		
P2.89	Fluxweakening closeloop bandwidth		20	Hz	1	100	10	N RW	INST	Save	√	√	1	√		
D2.00	Max Id in closeloon fluxweakening		90	0/_	1	100	90	N RW	INST	C Save	1	1	1	1		

P2:Speed control switch mode

📕 USB Communication normal 🗂 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 82. Configuración del servo drive parte 7. Fuente: Los autores.

iw invt ServoPlorer V4.18 - DA200 - [Parameter Setting]

A File(F) Setting(S) Tools(T) View(V) Windows(W) Help(H)

: |> || | 0 🗢 🤊 (* 📩 🐹 || 🖳 💻 🛕 🕓 💷 🔀 .uu 🔤 |== [2]

Function Code	Parameter Name		Current Value *	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Р	s	т	Description
P3.00	Digital 1 input selection	ି	0x003	-	0x000	0x13D	0x003	🚫 RW	RST	Reference Save	1	1	1	1	
P3.01	Digital 2 input selection	1	0x00D	-	0x000	0x13D	0x00D	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.02	Digital 3 input selection	$\langle \rangle$	0x004	-	0x000	0x13D	0x004	🚫 RW	RST	R Save	√	√	√	√	
P3.03	Digital 4 input selection	1	0x016	-	0x000	0x13D	0x016	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.04	Digital 5 input selection	$\langle \rangle$	0x019	-	0x000	0x13D	0x019	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.05	Digital 6 input selection	4	0x01A	-	0x000	0x13D	0x01A	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.06	Digital 7 input selection	$^{\circ}$	0x001	-	0x000	0x13D	0x001	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.07	Digital 8 input selection	\sim	0x002	-	0x000	0x13D	0x002	🚫 RW	RST	Rave	√	√	√	√	
P3.08	Digital 9 input selection	ं	0x007	-	0x000	0x13D	0x007	🚫 RW	RST	Rave Save	√	√	√	√	
P3.09	Digital 10 input selection		0x008	-	0x000	0x13D	0x008	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.10	Digital 1 output selection	ं	0x001	-	0x000	0x123	0x001	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.11	Digital 2 output selection	0	0x003	-	0x000	0x123	0x003	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.12	Digital 3 output selection	\odot	0x007	-	0x000	0x123	0x007	🚫 RW	RST	🔚 Save	√	√	√	√	
P3.13	Digital 4 output selection	\mathbf{v}_{i}	0x00D	-	0x000	0x123	0x00D	🚫 RW	RST	Save	√	√	√	√	
P3.14	Digital 5 output selection	$\langle \rangle$	0x005	-	0x000	0x123	0x005	🚫 RW	RST	🔚 Save	V	√	V	√	
P3.15	Digital 6 output selection		0x00E	-	0x000	0x123	0x00E	🚫 RW	▶ RST	Reve Save	√	V	V	√	
P3.20	Offset of Analog input 1	$\langle \rangle$	0,000	V	-10	10	0,000	🚫 RW	E INST	🔚 Save	V	√	V	√	
P3.21	Filter time of Analog input 1	• 2	1,0	ms	0	1000	1,0	🚫 RW	🔤 INST	Reve Save	√	1	V	√	
P3.22	Over voltage threshold of Analog input 1	਼	0,000	V	0	10	0,000	🚫 RW	E INST	🔚 Save	√	√	√	√	
P3.23	Offset of Analog input 2		0,000	V	-10	10	0,000	🚫 RW	🔤 INST	Regional Save	√	√	√	√	
P3.24	Filter time of Analog input 2	$\langle \cdot \rangle$	1,0	ms	0	1000	1,0	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save	√	√	√	√	
P3.25	Over voltage threshold of Analog input 2		0,000	V	0	10	0,000	🚫 RW	🔛 INST	Regional Save	√	√	√	√	
P3.26	Function selection of Analog input 1	0	0:OFF	-	0	7	0:OFF	🚫 RW	▶ RST	🔚 Save	√	√	√	√	
P3.27	Function selection of Analog input 2	$\langle \cdot \rangle$	3:Speed Command	-	0	7	3:Speed Command	🚫 RW	▶ RST	Regional Save	√	√	V	V	
P3.28	Speed compensation gain from analog input	0	0,0	%	0	100	0,0	🚫 RW	E INST	🔚 Save	V	√	V	V	
P3.29	Torque compensation gain from analog input		0,0	%	0	100	0,0	🚫 RW	🔤 INST	Reve Save	\checkmark	√	V	√	
P3.30	Function selection of Analog output 1	$\langle \cdot \rangle$	0:OFF	-	0	19	0:OFF	🚫 RW	RST	Save	\checkmark	1	√	√	

USB Communication normal 🔒 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 83. Configuración del servo drive parte 8. Fuente: Los autores. – 0 ×

A File(F) Sett:	ing(S) Tools(T) View(V) Window	ws(W) Help(H)													
														-	8×
) 🔿 📥 🕅 📳 🔲 🖿 🗛 💽 🛙	11 🔼 di 📰 📼 🛛													
	F4 -9 = 12/ 10		D1 00												
	13 14 15 18		Different	: parame	ter Lommo	on parameter				_	_	_			
Function Code P	Parameter Name	Current Value *	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	P	S 1	Description		
P3.31 G	Gain of analog output 1	1	-	1	214748364	1	🚫 RW	INST	- Save	V	V	√ ۱			
P3.32 F	Function selection of Analog output 2	0:OFF	-	0	19	0:OFF	🚫 RW	RST	- Save	√	√	√ ۱	/		
P3.33 G	Sain of analog output 2	1	-	1	214748364	1	🚫 RW	INST	- Save	V	V	√ ۱			
P3.34 C	Offset of analog output 1	0,000	V	-10	10	0,000	🚫 RW	INST INST	- Save	√	V	√ ۱	/		
P3.35 C	Offset of analog output 2	0,000	V	-10	10	0,000	🚫 RW	INST INST	- Save	√	V	v ۱	/		
P3.36 A	Analog output format	-10V~10V with	-	0	2	-10V \sim 10V with sign	🚫 RW	RST	Rave Save	√	V	√ ۱	/		
P3.40 T	Fravel limit switch masking	invalid Invalid	-	0	2	Invalid	🚫 RW	RST	🔚 Save	√	V	√ ۱	/		
P3.41 E	Emergency stop masking	invalid Invalid	-	0	1	Invalid	🚫 RW	RST	Rave Save	\checkmark	√	√ ۱	/		
P3.43 S	Sampling period of digital input	1	0.125ms	1	800	1	🚫 RW	RST	Reve Save	√	√	√ ۱	/		
P3.44 P	Pulse input prohibition invalid enabling	Valid	-	0	1	Valid	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	√				
P3.45 P	Pulse input prohibition invalid enabling	👫 Rise Edge Clear	-	0	1	Rise Edge Clear	🚫 RW	RST	Save	√	√				
P3.50 T	Threshold of position reached	100	pulse	0	262144	100	🚫 RW	INST 🔤	Save	√	√				
▶ P3.51 Q	Output mode of position reached	🕐 o	-	0	4	0	🚫 RW	INST 🔤	Save	√	\checkmark				
P3.52 H	Hold time of position reached	 0 	ms	0	30000	0	🚫 RW	INST	Save	√	√				
P3.53 T	Threshold of speed consistency	50	r/min	10	20000	50	🚫 RW	INST	Save	√	√	√ 1	/		
P3.54 T	Threshold of speed reached	1000	r/min	10	20000	1000	🚫 RW	INST	Save	√	√	√ 1	/		
P3.55 T	Threshold of zero speed	50	r/min	10	20000	50	N RW	INST	Save	√	√	√ 1	1		
P3.56 S	Servo lock time after braking	50	ms	0	1000	50	N RW	INST	Save	√	√	√ 1	/		
P3.57 C	- Delay of braking	500	ms	0	30000	500	N RW	INST	Save	\checkmark	√	√ 1	/		
P3.58 T	Threshold speed of off-braking	30	r/min	0	1000	30	N RW	RST	Save	√	√	√ 1	1		
P3.59 T	Threshold of torque reached	50,0	%	5	300	50,0	N RW	INST	Save	-		1	/		
P3.70 F	Function selection of Analog input 3	4:Torque Command	-	0	7	4:Torque Command	N RW	RST	Save	√	√	V 1	/		
P3.71 C	Offset of Analog input 3	0,000	v	-10	10	0,000	N RW	INST	Save	√	√	√ 1	/		
P3.72	Dead zone of Analog input 3	0.000	V	0	3	0.000	N RW	INST	Save	√	√		/		
P3.73 0	Sain of Analog input 3	300	-	0	2000	300	N RW	INST	Save	√	√	v .	/		
P3.74 P	Polarity of Analog input 3	Positive	-	0	1	Positive	N RW	INST	Save	√	√		/		-
P3 75	Over voltage threshold of Analog input 3	0.000	V	0	10	0.000	O PW		Save	1	1	1	1		~

P3:Output mode of position reached

📕 USB Communication normal 🗂 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 84. Configuración del servo drive parte 9. Fuente: Los autores.

À File(F)	Setting(S) Tools(T) View(V) Windo	ows(W) Help(H)													- 8
	🗢 🕫 🐟 🚵 🔃 🖳 💻 🛕 🕓 (111 🔁 💷 💷 🕐													
1 📥 🔣	J 🕺 🔤 🚔 💋 🔽										_	_			
P0 P1	P2 P3 P4 P5 P6	P7 PtP0 PtP1 PtP2	Different	param	eter Com	non parameter									
Function Co	de Parameter Name	Current Value *	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Ρ	s	т	Description	1
P3.35	Offset of analog output 2	0,000	v	-10	10	0,000	🚫 RW	INST	Save	√	√	\checkmark	√		
P3.36	Analog output format	-10V~10V with	-	0	2	-10V~10V with sign	🚫 RW	RST	Reve Save	√	√	√	√		
P3.40	Travel limit switch masking	🔅 Invalid	-	0	2	Invalid	🚫 RW	RST	Save	√	√	\checkmark	√		
P3.41	Emergency stop masking	🚺 Invalid	-	0	1	Invalid	🚫 RW	RST	Rave Save	√	√	√	√		
P3.43	Sampling period of digital input	1	0.125ms	1	800	1	🚫 RW	RST	Save	√	√	\checkmark	√		
P3.44	Pulse input prohibition invalid enabling	🔅 Valid	-	0	1	Valid	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	√				
P3.45	Pulse input prohibition invalid enabling	🔅 Rise Edge Clear	-	0	1	Rise Edge Clear	🚫 RW	RST	Save	√	√				
P3.50	Threshold of position reached	100	pulse	0	262144	100	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	√				
▶ P3.51	Output mode of position reached	O	-	0	4	0	🛞 RW	INST 🔄	- Save	√	√				
P3.52	Hold time of position reached	 0 	ms	0	30000	0	🚫 RW	INST 🔤	🔚 Save	√	√				
P3.53	Threshold of speed consistency	50	r/min	10	20000	50	🚫 RW	INST	Save	√	√	\checkmark	√		
P3.54	Threshold of speed reached	1000	r/min	10	20000	1000	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P3.55	Threshold of zero speed	50	r/min	10	20000	50	🚫 RW	INST	🔚 Save	√	√	√	√		
P3.56	Servo lock time after braking	50	ms	0	1000	50	🚫 RW	INST 🔤	🔚 Save	V	√	√	√		
P3.57	Delay of braking	500	ms	0	30000	500	🚫 RW	INST	Save	√	√	\checkmark	√		
P3.58	Threshold speed of off-braking	30	r/min	0	1000	30	🚫 RW	RST	🔚 Save	√	√	√	√		
P3.59	Threshold of torque reached	50,0	%	5	300	50,0	🚫 RW	INST	🔚 Save				√		
P3.70	Function selection of Analog input 3	4:Torque Command	-	0	7	4:Torque Command	🚫 RW	RST	🔚 Save	V	√	√	√		
P3.71	Offset of Analog input 3	0,000	v	-10	10	0,000	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	V	√	√	√		
P3.72	Dead zone of Analog input 3	0,000	v	0	3	0,000	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save	√	√	√	√		
P3.73	Gain of Analog input 3	300	-	0	2000	300	🚫 RW	🔤 INST	Reference Save	√	√	√	√		
P3.74	Polarity of Analog input 3	Positive	-	0	1	Positive	🚫 RW	INST 🔤	🔚 Save	V	√	√	√		
P3.75	Over voltage threshold of Analog input 3	0,000	V	0	10	0,000	🚫 RW	🔛 INST	Rave Save	√	\checkmark	\checkmark	√		
P3.76	Filter time of Analog input 3	1,0	ms	0	1000	1,0	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	√	\checkmark	√	√		
P3.77	Analog input dead zone mode	0:Normal mode	-	0	1	0:Normal mode	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	\checkmark	\checkmark	\checkmark		
P3.90	Pulse input filter selection	2: 1MHz Bandwidth	-	0	7	2:1MHz Bandwidth	🚫 RW	INST INST	Save	√	\checkmark	\checkmark	\checkmark		

USB Communication normal 🞧 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 85. Configuración del servo drive parte 10 Fuente: Los autores.

➢ File(F) \$ ▶ ■ ○	Setting(S) Tools(T) View(V) Windows(W) ? ? ? 📩 🔛 🖳 💻 🛕 🕓 🛺 🔀] 🚧 🚘 🚔 🧭 1	Help(H)												-	ъ×
) ? ? 📩 🔀 🖻 💻 🔺 🕓 🗓 🔀	որ 📷 📼 5													
: 🔸 🚔 🔤 🐚															
PO P1	P2 P3 P4 P5 P6 P7	PtPO PtP1	PtP2 1	Different parameter	Common pa	rameter									
Function Code	Parameter Name	Current Value	*	Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Ρ	S	Γ Desc	ri ^
▶ P4.12	Fieldbus position command	9932		pulse	-214748364	7 2147483647	0	🛞 RW	INST 🔤	츠) Unsave	√	V			
P4.13	Fieldbus speed command	1		r/min	-20000	20000	0	🚫 RW	inst 🔤	🔄 Unsave			√		
P4.14	Fieldbus torque command	0,0		%	-500	500	0,0	🚫 RW	inst 🔤	🖄 Unsave				V	
P4.15	Control mode switching command	Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	inst 🔤	🔄 Unsave	\checkmark	\checkmark	√	 Image: A second s	
P4.16	Gain switching command	Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	🔤 INST	🖄 Unsave	\checkmark	\checkmark	√	V	
P4.17	Electronic gear ratio switching command	🙌 Numerator of t	h	-	0	3	Numerator of the 1st electronic gear	🚫 RW	inst 🔤	🔄 Unsave	\checkmark	\checkmark			
P4.18	Inertia ratio switching command	🚺 Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	inst 🔤	🖄 Unsave	\checkmark	\checkmark	√	V	
P4.19	Zero speed clamping command	🔅 Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	INST INST	🔄 Unsave			v	V	
P4.20	Residual pulses clearing	🔅 Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	INST 🔛	🐑 Unsave	\checkmark	\checkmark			
P4.21	Torque limit switching command	Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	🔤 INST	🔄 Unsave	\checkmark	\checkmark	v	 Image: A second s	
P4.22	External fault reporting command	🔅 Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	🔛 INST	🐑 Unsave	\checkmark	\checkmark	v	 Image: A second s	
P4.23	Emergency stop command	🔅 Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	INST 🔤	🔄 Unsave	\checkmark	\checkmark	v	 Image: A second s	
P4.24	Vibration control switching command	🔅 Disable		-	0	1	Disable	🚫 RW	inst 🔤	🐑 Unsave	\checkmark	\checkmark			
P4.25	EtherCAT control unit type	Manufacture ur	nit	-	0	1	Manufacture unit	🚫 RW	INST 🔤	🔚 Save	\checkmark	\checkmark	√		
P4.30	Stop mode selection	🔅 Free slid		-	0	3	Free slid	🚫 RW	inst 🔤	Rave Save	\checkmark	\checkmark	v	V	
P4.31	Max motor speed	4831		r/min	0	20000	4831	🚫 RW	INST 🔤	📕 Save	\checkmark	√	v	V	
P4.32	Over speed threshold	5314		r/min	0	20000	5314	🚫 RW	INST 🔤	Rave Save	\checkmark	\checkmark	v	V	
P4.33	Position deviation excess setup	100000		pulse	0	134217748	100000	🚫 RW	INST INST	🔚 Save	\checkmark	√			
P4.34	Brake over load protection	📑 Disable		-	0	2	Disable	🚫 RW	RST	Rave Save	\checkmark	√	v	V	
P4.35	Speed loss control detection	Enable		-	0	1	Enable	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save	√	\checkmark	√	V	
P4.36	Power under voltage protection	Enable		-	0	1	Enable	🚫 RW	RST	Reve Save	\checkmark	\checkmark	√	V	
P4.37	Power under voltage detection time	70		ms	70	2000	70	🚫 RW	inst 🔤	🔚 Save	√	√	√	V	
P4.39	Speed deviation excess setup	🌔 0		r/min	0	20000	0	🚫 RW	🔤 INST	Rave Save	√	√	√		
P4.40	Positive speed limit	20000		r/min	0	20000	20000	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	V	v	V	
P4.41	Negative speed limit	-20000		r/min	-20000	0	-20000	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	\checkmark	√	v	/	
P4.42	Internal speed with high resolution	0,0		r/min	-20000	20000	0,0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	\checkmark	√	v	V	
P4.45	Over temperature threshold of medium-power motor	0		°C	0	200	0	🚫 RW	INST	Save	\checkmark	\checkmark	v	/	¥

USB Communication normal 👸 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 86. Configuración del servo drive parte 11. Fuente: Los autores.

80

File(F) Se	tting(S) Tools(T) View(V) Windows(W) D	Help()	()														- 1
		li az	2														
													_	_	_		
P1	P2 P3 P4 P5 P6 P7	Pt	PO PtP1	PtP2	Different	parameter	Common r	parameter									
Function Code	Parameter Name	T	Current Value	*		Unit	Min	Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Р	s	т	Descri
4.41	Negative speed limit	10	20000			r/min	-20000	0	-20000	🚫 RW	INST	Save	√	√	√	√	
4.42	Internal speed with high resolution	Ō.	0,0			, r/min	-20000	20000	0,0	N RW	INST	Save	√	√	√	√	
94,45	Over temperature threshold of medium-power motor	10)			°C	0	200	0	N RW	INST	Save	V	V	V	V	
P4.50	Encoder phase-Z offset	0.)			pulse	0	1048575	0	N RW	RST	Save	√	√	√	V	-
24.51	Torque limit switching time 1	0)			ms/(100%)	0	4000	0	N RW	INST	Save	√	√	√	-	
4.52	Torque limit switching time 2	Č.)			ms/(100%)	0	4000	0	N RW	INST	Save	1	√	√		-
4.53	Fine tuning of current loop	Č.	100,0			%	10	200	100,0	N RW	INST	Save	1	√	√	√	
4.54	Delay after power-on initialization	Ċ,	,)			ms	0	200000	0	N RW	RST	Save	1	1	1	1	
4.58	Width of frequency division Z pulse output	Č.	2			-	1	255	2	N RW	> RST	Save	1	1	1	1	
4.59	Offset of frequency division Z pulse output	Ċ,)			-	0	2147483647	0	N RW	INST	Save	1	1	1	1	
4.60	Frequency division numerator of external raster rule	1.5	10000			-	1	2147483647	10000	N RW	RST	Save	1		-		
4.61	Frequency division denominator of external raster rule	0	10000			-	1	2147483647	10000	🚫 RW	RST	Save	1				-
4.62	Reverse external raster rule	1.1	Positive			-	0	1	Positive	🚫 RW	> RST	Save	√				
4.64	Hybrid-control deviation limit	Ċ.	160000			-	1	134217728	160000	🚫 RW	RST	Save	1	T			-
4.65	Threshold for Hybrid-control deviation clearing	1.5)			-	0	100	0	🚫 RW	> RST	Save	√				
4.67	A/B pulse output mode of external raster rule	Ó.	Encoder feedba	ack		-	0	1	Encoder feedback	🚫 RW	RST	Save	√				-
4.68	External raster rule(encoder 2) resolution	1.1	10000			pulse	1	2147483647	10000	🚫 RW	> RST	Save	√	1	√	√	
4.69	Frequency division output source	Ċ.	Normal output			-	0	4	Normal output	🚫 RW	RST	Save	1	√	1	√	
4.70	External raster rule(encoder 2) phase-Z signal type	1.1)			-	0	3	0	🚫 RW	> RST	Save	√	√	1	√	
4.78	MotionNet node id	Ó.)			-	0	63	0	🚫 RW	RST	Save	1	1	1	√	-
4.79	MotionNet baud rate	0	10.0MHz			-	0	3	10.0MHz	S RW	> RST	Save	1	√	√	√	
4.80	PZD configuration parameter 1	0	1998			-	1000	3999	1998	S RW	INST	Save	1	1	1	1	配置
4.81	PZD configuration parameter 2	Ċ.	1998			-	1000	3999	1998	🚫 RW	INST	Save	1	√	√	√	
1.82	PZD configuration parameter 3	0	1998			-	1000	3999	1998	S RW	INST	Save	1	1	1	1	-
4.83	PZD feedback parameter 1	1	1012			-	4000	5852	4012	S RW	INST	Save	1	√	√	√	
4.84	PZD feedback parameter 2	0	1018			-	4000	5852	4018	🚫 RW	INST	Save	1	1	1	1	
04 OE	P7D feedback parameter 2	1.	1022				4000	5050	40.22	S DW	INCT.	C Cause	1	1	-/	1	

USB Communication normal 👵 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 87. Configuración del servo drive parte 12. Fuente: Los autores.

invt ServoPlore	er V4.18 - DA200 - [Parameter Setting]	- 63										-		5
🔌 File(F) S	Setting(S) Tools(T) View(V) Windows(W) H	elp(H)												- 6
> II 🥑 🧲) 🔿 🔿 📩 🔣 🖳 💻 🗛 🕓 🛄 🔛 💷	L 💷 🔁 👘												
V 📥 🐹 🕞	🚧 🖼 🤔 🛛													
0 P1	P2 P3 P4 P5 P6 P7	PtPO PtP1	PtP2 Differe	nt parameter	Common parameter									
Function Code	Parameter Name	Current Value	*	Unit	Min Max	Default	Read/Write	Effective	Save Mode	F	Р	s	т	Descri
P4.61	Frequency division denominator of external raster rule	10000		-	1 2147483	3647 10000	🚫 RW	RST	Rave Save	V				
P4.62	Reverse external raster rule	Positive			0 1	Positive	🚫 RW	RST	- Save	√				
P4.64	Hybrid-control deviation limit	160000		-	1 134217	728 160000	🚫 RW	RST	- Save	√				
P4.65	Threshold for Hybrid-control deviation clearing	<u>с</u> о		-	0 100	0	🚫 RW	RST	🔚 Save	√				
P4.67	A/B pulse output mode of external raster rule	Encoder feedback		-	0 1	Encoder feedback	🚫 RW	RST	🔚 Save	√				
P4.68	External raster rule(encoder 2) resolution	10000		pulse	1 2147483	3647 10000	🚫 RW	RST	🔚 Save	√	√	√	\checkmark	
P4.69	Frequency division output source	Normal output		-	0 4	Normal output	🚫 RW	RST	🔚 Save	√	√	√	V	
P4.70	External raster rule(encoder 2) phase-Z signal type	• 0		-	0 3	0	🚫 RW	RST	🔚 Save	√	√	√	\checkmark	
P4.78	MotionNet node id	0		-	0 63	0	🚫 RW	RST	🔚 Save	√	√	√	V	
P4.79	MotionNet baud rate	10.0MHz		-	0 3	10.0MHz	🚫 RW	RST	- Save	√	√	√	√	
P4.80	PZD configuration parameter 1	1998		-	1000 3999	1998	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	V	配置D
P4.81	PZD configuration parameter 2	1998		-	1000 3999	1998	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	√	
P4.82	PZD configuration parameter 3	1998		-	1000 3999	1998	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	V	
P4.83	PZD feedback parameter 1	4012		-	4000 5852	4012	🚫 RW	🔤 INST	- Save	√	√	√	√	
P4.84	PZD feedback parameter 2	4018		-	4000 5852	4018	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	V	
P4.85	PZD feedback parameter 3	4032		-	4000 5852	4032	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	√	
P4.86	PPO type of the DP communication	5		-	5 5	5	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	√	√	V	
P4.87	CANopen communication cycle	😳 o		us	0 2147483	3647 0	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	√	配置D
P4.88	CANopen heartbeat cycle	1000		ms	0 32767	1000	🚫 RW	🔛 INST	🔚 Save	√	√	√	V	
P4.89	Auto stop on CANopen disconnection	Disable		-	0 1	Disable	🚫 RW	🔤 INST	🔚 Save	√	√	√	V	
P4.90	Fault recovery	Disable		-	0 1	Disable	🚫 RW	🔛 INST	🔊 Unsave	√	√	√	√	
P4.91	Parameter saving	📑 Disable		-	0 1	Disable	🚫 RW	🔚 INST	🔊 Unsave	\checkmark	√	\checkmark	√	
P4.92	Factory restore	Disable		-	0 1	Disable	🚫 RW	🔛 INST	🔊 Unsave	\checkmark	\checkmark	\checkmark	√	
P4.93	Read fault records	😳 Disable		-	0 1	Disable	🚫 RW	🔚 INST	🔊 Unsave	\checkmark	√	\checkmark	√	
P4.94	Clear fault records	Disable		-	0 1	Disable	🚫 RW	🔛 INST	🔊 Unsave	\checkmark	\checkmark	\checkmark	√	
P4.95	Fault record group index	🌔 0		-	0 9	0	🚫 RW	INST	🔊 Unsave	√	\checkmark	√	\checkmark	

P4:Fieldbus position command

USB Communication normal 🝶 Authority :Customer

Copyright 2013-2017 invt

Figura 88. Configuración del servo drive parte 13. Fuente: Los autores.

82



T 1 2 T 1 2 DE SERVOMOTOR EN	6	1822	1	DO] PALABRA DE MANDO D1] CONSIGNA D E VELOCIDA	
T 1 2 DE SERVOMOTOR EN	6	1826	1	PALABRA DE MANDO D1] CONSIGNA D E VELOCIDA	
DE SERVOMOTOR EN	¢	1826	1	D1] CONSIGNA D E VELOCIDA	
DE SERVOMOTOR EN				CONSIGNA D E VELOCIDA	
DE SERVOMOTOR EN					
250 D1]				
 	NSIGNA D				
	VELOCIDA 1				
1 50	1				
	LABRA DE				
PA M	ANDO				
	250 D1 CO E 1 D0 PA	250 D1] CONSIGNA D E VELOCIDA 1 D0] PALABRA DE	250 D1] CONSIGNA D E VELOCIDA 1 D0] FALABRA DE	250 D1] CONSIGNA D E VELOCIDA 1 D0] FALABRA DE	250 D1] CONSIGNA D E VELOCIDA 1 D0] FALABRA DE

Fuente: Los autores.











Figura 92. Bloque 3 y 4 de la programación de la práctica 2. Fuente: Los autores.





Anexo 5. Práctica tres

/*VARIABI	E DF	E ESTADO	HIGH 1	PARA Q	UE SE	ESCRIBAN	AUTOMATICAMENTE	LOS VAI	LORES	DE PALABRA	DE MANDO,	VELOCIDAD :	Y POSICION*/	
3M0	[MODRW	1		2	6	1826	1		D1]			
										CONSIGNA CONSIGNA	7			
	Æ	MODRW	1		2	6	1822	1		D2]			
										PALABRA DI MANDO	E			
	կ	MODRW	1		2	6	1824	1		D3]			
										Posicion				
/*ESTADO	HIG	H CONSIG	NA DE 1	VELOCI	DAD FI	IJA*/								
	-[MOV	10		D1]								
				1	CONSIG	SNA V DAD								



/*BOTONERA DE INICIO (NORMALMEN	TE ABIERTO)*/		
X2 [MOV 1	D2]		
INICIO	PALABRA DE MANDO		
/*BOTONERA DE PARADA (NORMALMEN	TE CERRADO)*/		
хо — 1 1 мот о	D2]		
PARADA	PALABRA DE MANDO		
/*AVANZA UN DECIMO DE VUELTA CO	N CADA PULSO*/		
X3	D3 1000	D3]
	Posicion	Posicion	on.

Figura 95. Bloque 3, 4 y 5 de la programación de la práctica 3. Fuente: Los autores.



	DE ESTADO	D HIGH PA	RA QUE SE ESO	CRIBAN	AUTOMATICAMENTE	LOS VALORES	DE PALABRA	A DE MANDO, VELOCIDAD Y POSICION*/
	MODRW	1	2	6	1826	1	D1]
							CONSIGNA ELOCIDAD	V
£	MODRW	1	2	e	1822	1	D2	1
							PALABRA D MANDO	DE
ł	MODRW	1	2	6	1824	1	D3	1
							Posicion	
ESTADO HIC	GH PARA (CONSIGNA	DE VELOCIDAD	FIJA/				
ESTADO HI SMO	GH PARA (CONSIGNA :	DE VELOCIDAD	FIJA/				
ESTADO HI SMO 	GH PARA (10	DE VELOCIDAD D1 CONSIGNA ELOCIDAD	FIJA/] V				
ESTADO HI SMO 	GH PARA (MOV MOV	10	DE VELOCIDAD D1 CONSIGNA ELOCIDAD D2	FIJA/] V]				
ESTADO HI SMO 	GH PARA (MOV MOV	10 1	DE VELOCIDAD D1 CONSIGNA ELOCIDAD D2 PALABRA 1 MANDO	FIJA/] ♥] DE				



/*POSICI	ON 1*/					
X4	×5	хе {/1[MOV	5000	DS]
POS 1	POS 2	POS 3			Posicion	
/*POSICI	ON 2*/					
X5	X4	хе [/1[MOV	7500	D3]
POS 2	POS 1	POS 3			Posicion	
/*POSICI	ON 3*/					
хе	×5	X4	MON	10000	D3]
		-				-

Figura 97. Bloque 3, 4 y 5 de la programación de la práctica 4. Fuente: Los autores.

Anexo 7. Práctica cinco







Figura 99. Bloque 3 y 4 de la programación de la práctica 5. Fuente: Los autores.

/*PARADA	*/			
	ſ	RST	Y5 BANDA]
	£	RST	Y6 RODILLO DE PRESION]
	կ	RST	M2 MARCA DE A VANCE SERV]
/*LUZ DE	MAR	CHA Y DE	PARADA DE	SERVOMOTOR*/
M2	A	¥7 ()		
MARCA DE SER	A V	()		



Anexo 8. Práctica seis

	/*VARIABLE	DE	ESTADO	HIGH PARA	QUE SE E	SCRIBAN	AUTOMATICAMENTH	E LOS V	VALORES DE PALABRA	A DE MANDO,	VELOCIDAD Y	POSICION	I*/	
		{ M	ODRW	1	2	6	1826	1	D1]				
									CONSIGNA ELOCIDAD	v				
		[M	ODRW	1	2	6	1822	1	D2]				
									PALABRA I MANDO	DE				
	l	{ M	ODRW	1	2	6	1824	1	D3]				
									Posicion					
	/*ESTADO H	IGH	PARA CO	ONSIGNA DE	VELOCIDA	D FIJA*,	/							
╞	SM0	{	MON	100	D1]								
					CONSIGN ELOCIDA	A V D								
	/*CONTACTO	CER	RADO DI	E MARCA DE	ARRANQUE	PARA DI	ESCONECTAR EL SE	ERVOMOT	FOR*/					
-	мі —1/1—	{	MOV	0	D2]								
M	ARCHA HMI				PALABRA MANDO	DE								



	++	_		-[ADD	D3	10000	D3]
r una ta com						Posicion		Posicion	
		ł	SET	¥5]			
				POS	1				
		Æ	RST	¥6]			
				POS	2				
		Ł	RST	¥7]			
				POS	3				
		Ł	RST	¥10]			
				POS	4				
		կ	RST	¥11	L]			
				POS	5				



LTA*	4							
— —		-(ADD	D3	7500	D3]	
				Posicion		Posicion		
£	SET	Y6]				
		POS	2					
£	RST	¥5]				
		POS	1					
£	RST	¥7	3]				
۴.	KST	POS	4	1				
ŀ	RST	¥11		1				
L		000	5	,				
	t t	{ SET { RST { RST { RST { RST { RST	<pre>LITA*/ [SET Y6 PO3 [RST Y5 PO3 [RST Y7 PO3 [RST Y7 PO3 [RST Y10 PO3 [RST Y11 PO3</pre>	LITA*/ [ADD [SET Y6 POS 2 [RST Y5 POS 1 [RST Y7 POS 3 [RST Y10 POS 4 [RST Y11 POS 5	<pre>LLTA*/</pre>	LITA*/ [ADD D3 7500 Posicion [SET Y6] POS 2 [RST Y5] POS 1 [RST Y7] POS 3 [RST Y10] POS 4 [RST Y11] POS 5	LITA*/ [ADD D2 7500 D2 Posicion Posicion [SET Y6] POS 2 [RST Y5] POS 1 [RST Y7] POS 3 [RST Y10] POS 4 [RST Y11] POS 5	LTA*/ [ADD D3 7500 D3] Posicion Posicion [SET Y6] POS 2 [RST Y5] POS 1 [RST Y7] POS 3 [RST Y7] POS 4 [RST Y10] POS 4 [RST Y11] POS 5

Figura 103. Bloque 5 de la programación de la práctica 6. Fuente: Los autores.

	_		[ADD	D3	5000	D3]
over 1/2 uelta					Posicion		Posicion	
	£	SET	¥7 РО3	3 3]			
	£	RST	¥5 PO3	5 1]			
	£	RST	Y6 POS	32]			
	£	RST	Y10 POS) 34]			
	ł	RST	Y11 POS	1 3 5]			

Figura 104. Bloque 5 de la programación de la práctica 6. Fuente: Los autores.

			-[ADD	D3	2500	D3]
over 1/4 e vuelta					Posicion		Posicion	
I	£	SET	Y10 POS	4]			
	£	RST	Y5 POS	1]			
	£	RST	Y6 POS	2]			
	£	RST	Y7 POS	3]			
	 L	RST	¥11]			

Figura 105. Bloque 6 de la programación de la práctica 6. Fuente: Los autores.

	I↓I		- MOV	1	D3]
ner a O					Posicion	
	£	SET	Y11 POS 5]		
	£	RST	Y5 POS 1]		
	ł	RST	Y6 POS 2]		
	£	RST	Y7 POS 3]		
	ا ر	RST	¥10]		
			POS 4			





Fuente: Los autores.
Anexo 9. Práctica siete

SM0	MODRW	1	2	e	1822	1	[مو	
							PALABRA DE MANDO	
	(MODRW	1	2	e	1826	1	D1]	
							CONSIGNA D E VELOCIDA	
	{ моv	500	D1]				
			CONSIG	IA D				
			E VELO	104				
(ARCA)	DE ARRANOU	*/	E VELO					
IARCA I	DE ARRANQUI	5*/	E VELO					
MI00	DE ARRANQUI	2*/		7 1	DO]		
MARCA I	DE ARRANQUI	2*/	[M07	7 1	D0 PALABRA MANDO] DE		



-11		[MOV	0	ם סם	
				PALABRA DE MANDO	
м5 -					
		000224/			
SENSOR DE DETEC	CCION DE CONTENEI	JOKES"/			

Figura 109. Bloque 3 y 4 de la programación de la práctica 7. Fuente: Los autores.

+ > T10	о Н «	< T10	20	⊢(^{¥5}
J >= T10				LLENADOR 1
1	20 H <	< T10	40	⊢ Y6 ⊢ → LLENADOR 2
4 >= T10	40 H <	< T10	6 0	LLENADOR 3





Figura 111. Bloque 7 de la programación de la práctica 7. Fuente: Los autores.



Figura 112. Bloque 8 de la programación de la práctica 7. Fuente: Los autores.



/*VARIABLE	DE	ESTADO	нісн	PARA	QUE SE	ESCRIBAN	AUTOMATICAMENTE	LOS	VALORES	DE PALABRA	DE MANDO,	VELOCIDAD	Y POSICI	:on*/	
SM0	{ 1	MODRW	1		2	6	1826	1		D1]				
										CONSIGNA ELOCIDAD	v				
	{ 1	MODRW	1		2	6	1822	1		D2]				
										PALABRA D MANDO	E				
	{ }	MODRW	1		2	6	1824	1		D3]				
										Posicion					
/*ESTADO A	LTO	PARA CO	ONSIGN	IA FIJ	ADE VI	ELOCIDAD*/	,								
3M0	{	MOV	1		D1]									
					CONSI	GNA V DAD									
/*MARCA PA	RAI	HABILIT?	AR EJE	DEL	SERVOM	OTOR */									
M0	{	MOV	1		D2]									
					PALAB	RA DE O									





Figura 114. Bloque 4 y 5 de la programación de la práctica 8. Fuente: Los autores.

/*TEMPORIZADOR DE LLENADO*/			
	TOF	T252	D4]
LLENADO			TIEMPO LLE NADO HMI
/*TEMPORIZADOR DE MEZCLADO*/			
M7 M0	T253	D5	1
MEZCLAR		TIEMPO DE MEZCLA HM	I
/*CONTACTO DE TEMPORIZADOR DE LLENADO*/			
VALVULA DE LLENADO			
/*CONTACTO DE TEMPORIZADOR DE MEZCLADO*/			
T253 Y6			
VALVULA DE MEZCLADO			









Figura 117. Bloque 11 de la programación de la práctica 8. Fuente: Los autores.



Figura 118. Bloque 12 de la programación de la práctica 8. Fuente: Los autores.



Figura 119. Bloque 13 de la programación de la práctica 8. Fuente: Los autores.



Figura 120. Bloque 14 de la programación de la práctica 8. Fuente: Los autores.

Anexo 11. Práctica nueve

*GRUPO D	E REG	ISTROS	PARA VI	SUALIZAR Y	CONTROLAR	сом ниі */		
5M0	_f №	ODRW	1	2	é	1822	1	[مع
								PALABRA DE MANDO
	£ 1	ODRW	1	2	6	1826	1	D1]
								CONSIGNA D E VELOCIDA
	Æ	MOV	D4	D1]			
			SET RPM	CONSIG E VELO	NA D CIDA			
	£ 1	ODRW	1	2	3	4000	1	D3]
								VELOCIDAD REAL
	և թ	ODRW	1	2	3	4438	1	D5]
								MARGEN DE ERROR

Figura 121. Bloque 1 de la programación de la práctica 9. Fuente: Los autores.



Figura 122. Bloque 2 de la programación de la práctica 9. Fuente: Los autores.





/*LUZ DE FALLA TERMICA*/
SOBRECARGA LUZ DE FAL LA TERMICA
/*ACUSAR ERROR DE FALLA TERMICA*/
X0 [RST M3]
RESET FALL SOBRECARGA A
/*LUZ DE MARCHA DEL SERVOMOTOR*/
SOBRECARGA PARADA DE Lus de mar EMERGENCIA cha









Figura 126. Bloque 10 y 11 de la programación de la práctica 9. Fuente: Los autores.

Anexo 12. Práctica diez

–[^M	ODRW	1	2	e	1822	1	DO]
							PALABRA D MANDO	E
{ ™	ODRW	1	2	e	1826	1	D1]
							CONSIGNA E VELOCID	D A
۲.	MOV	D4	D1]				
		SET RPM	CONSIGNA E VELOCID	D A				
{ ™	ODRW	1	2	3	4000	1	D3]
							VELOCIDAD REAL	
{ ™	ODRW	1	2	3	4438	1	D5]
							ERROR VEL CIDAD	0
{ M	ODRW	1	2	3	4020	1	D6]
							Voltaje D del circ	C u
{ M	ODRW	1	2	3	4022	1	D7]
							Salida de voltaje R	м
{ M	ODRW	1	2	3	4024	1	D8]
							Salida de corriente	

Figura 127. Bloque 1 de la programación de la práctica 10. Fuente: Los autores.



Figura 128. Bloque 1.1 de la programación de la práctica 10. Fuente: Los autores.

/*SISTEMA DE	ARRANQ	UE*/		
^{M2} → [MOV	1	ם סם	
			PALABRA DE MANDO	
	MOV	0	D0]	
			PALABRA DE MANDO	
/*BOTON DE M	ARCHA D	EL HMI*/		
M4 MARCHA HMI	SET	М2]	
L K	SET	M3]	
		MARCA AR NQUE	RA	
/*LUZ DE MARG	CHA DEL	SERVOMOTO	R */	
M2	()			
SEI	RVO ON'			















/*BOTON D	EHM	II PARA	SELECCIO	N DE RECI	IPIENTE DE :	20 LIT	ROS*/				
MB 20 LITROS	T	SET	¥11]							
	ſ	RST	¥10]							
	ł	RST	¥7]							
/*CONTADO	R DE	RECIP:	IENTES*/								
X2		↑	—[сто	co	100]				
/*REINICI	AR C	CONTADO	r */								
M9	-(MOV	0	CO]						



Anexo 13. Datasheet del servomotor

Serie		Tipo de motor	Potenc ia nomin	Corrie nte nomin	Corrien te instant	Par nomin al(Nm)	Par instant áneo	Veloci dad nomin	Velocid ad máxima
Gran inercia 60	SV-MH06 2-□A□-	5-0R2G- -1000	0,2	1,5	4,5	0,64	1,91	3,000	5,000
Gran inercia 60	SV-MH06 2-□A□-	5-0R4G- -1000	0,4	2,8	8,4	1,3	3,81	3,000	5,000
Universal 60	haot	ba	0,2	1,5	4,5	0,64	1,91	3,000	5,000
Universal 60	SV-ML06 2-□A□-	5-0R4G- -1000	0,4	2,8	8,4	1,3	3,81	3,000	5,000

Figura 134. Datasheet servomotor 1 Fuente: <u>https://www.invt.com/es/products/60-servo-motors-56</u>

Co	nta	Rotor	Voltaio	Peso	Nivel	Nivel	Entorn	Longit	Dimens
do	or-	inercial	vonaje (D)	estánd	de	de	0	ud	ión del
fe	m	estánd	(0)	ar/con	aislami	protecc	ambien	estánd	montaj
33	,5	0,42/0, 516	220	1,5/1,7	F	IP65	de -10 a 40	120,5/1 65	ver 60
33	,8	0,67/0, 76	220	2,0/2,2	F	IP65	de -10 a 40	147/19 1,5	ver 80
33	,5	0,198/ 0,294	220	1,4/1,6	F	IP65	de -10 a 40	115/15 2	ver 60
33	,8	0,33/0, 426	220	1,8/2,0	F	IP65	de -10 a 40	139/17 6	ver 80

Figura 135. Datasheet del servomotor 2 Fuente: <u>https://www.invt.com/es/products/60-servo-motors-56</u>

Anexo 14. Datasheet del PLC

Nombre		IVC1	IVC1L		
	L/O punto		10 entradas/6 salidas 14 entradas/10 salidas 16 entradas/14 salidas 24 entradas/16 salidas 36 entradas/24 salidas/2 entradas/14 salidas/2 entrada anóloga/1 salida anóloga	8 entradas/6 salidas 12 entradas/8 salidas 14 entradas/10 salidas 16 entradas/14 salidas 24 entradas/14 salidas 36 entradas/24 salidas 16 entradas/14 salidas/2 entrada anóloga/1 salida anóloga	
	Punto de I/O máximo lógico		172		
	Número máximo de módulos especiales		4		
	Salida de pulso de alta velocidad		2×100 kHz,	3 × 100 kHz, (3 ejes) o 2 × 200 kHz, 2 × 20 kHz (4 ejes, no estándar)	
	Canal de conte	eo monofásico	2×50kHz+4×10kHz		
I/O	Canal de cor	nteo bifásico	1×30k	Hz+2×5kHz	
	La suma máxima de la frecuencia del		60kHz		
	Función de filtro digital		X0 ~ X7 adopta un filtro digital, el constante del filtro de entrada puede seleccionar entre 0, 2, 4, 8, 16, 32 y 64 ms		
	La máxima corriente de salida del relé	Carga de resistor	2A/1 punto; extremo común del grupo de 8A/4 puntos extremo común del grupo de 8A/8 puntos		
		Carga inductiva	220Vac, 80VA		
		Carga de la luz eléctrica	220Vac, 100W		
	La máxima corriente	Carga de resistor	Punto de salida de alta velocidad: 0.3A / 1 punto; otros: 0.3A / 1 punto; 0.8A / 4 puntos; 1.6A / 8 puntos; cada punt adicional por encima de 8 puntos permite que la corriente total aumente en 0.1A		
	de salida del Transistor	Carga inductiva	Punto de salida de alta velocidad: 7.2W/24Vdc; otros:		
		Carga de la luz	Punto de salida de alta velocidad: 0.9W/24Vdc; otros		
		eléctrica	1.5	W/24Vdc	
	Programa	de usuario	16,000 p	asos (32kByte)	
	caso de pérdida	de electricidad	Si		
Almacenamiento	Mantiene la cantidad máxima de componentes en caso de pérdida de electricidad		Componente de bit, componente de palabra: 2,000	Componente de bit: 320, componente de palabra: 180	
	Soporte de hardware y tiempo de mantenimiento		EEPROM, almacenamiento	Batería de respaldo, el tiempo de mantenimiento es de tres años	
Recurso de software	Temporizador		Precisión de 100 ms: T0 \sim T209 Precisión de 10 ms: T210 \sim T251 Precisión de 1 ms: T252 \sim T255		
	Contador		Bit up counter de 16 bits: $C0 \sim C199$ Bit up y down counter de 32 bits: $C200 \sim C235$ Contador de alta velocidad de 32 bits: $C236 \sim C255$		
	Registro de datos		D0~D7999		
	Registro parcial de datos		V0~V63		
	Registro de direccionamiento indexado		Z0~Z15		
	Registro de datos especiales		SD0~SD255		
	Relé de auxilio		M0~M2047		
	Relé de auxilio paicial		LM0~LM63		
	Relé de auxilio especial		SM0~SM255		

Figura 136. Datasheet del PLC 1 Fuente: https://www.invt.com/es/products/ivc1-micro-plc-73

Recurso de interrupción	Interrupción temporizada interna	3		
	Interrupción externa		16	
	Interrupción de contador de alta velocidad		6	
Recurso de interrupción	Interrupción en serie		8	
	Salida de PTO terminación Interrupción	2 3		3
	Interrupción de la pérdida de energía	1		20
	Tiempo de ejecución de instrucciones básica	0.3//5 0.2//5		uS
		Soportar (mantenerse	Soportar (mant	enerse durante
Convencional	Reloj en tiempo real	durante 100 horas en caso	tres años en cas	o de pérdida de
Recurso de interrupción Convencional Comunicación Medida de cifrado Medida de cifrado MrBF /ida de contactos de relé de salida El medio ambiente de uso		de pérdida de electricidad)	electri	cidad)
	Potenciómetro analógico	Precisión de 2/8 bits	N	0
Comunicación	Puerto de comunicación	PORT0: RS232 PORT1: RS485	PORT0: PORT1: PORT3:	RS232 RS485 RS485
	El acuerdo de comunicación	Modbus / puerto libre / N: N /acuerdo de puerto de programa		le puerto de
Medida de cifrado	Establecer tipo de contraseñas	Contraseña de carga, contr monitor, contraseña de su	raseña de descarga ibprograma, Proh	a, contraseña de iibir formatear
	Carga prohibida	a 3 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16		
	Reloj en tiempo real, Instrucciones de reloj	idad 6 idad 6 idad 6 ia 1 iaica 0.3µS Soportar (mantenerse durante 100 horas en caso de pérdida de electricidad) Soportar tres año de pérdida de electricidad) PORT0: RS232 H PORT1: RS485 H Modbus / puerto libre / N: N /a programa Soportar Contraseña de carga, contraseña de monitor, contraseña de subprogran Soportar reloj Si yreloj Si ante Si OM Si I Si Si Si OM Si I Si Si No Si	Sí	
	Instrucciones de comparación de fecha y reloj		Sí	
	Instrucciones de número de coma flotante		Sí	
	Instrucciones de posicionamiento		Sí	
	Instrucciones I/O de alta velocidad		Sí	
Instrucción de aplicación	MODBUS y Instrucciones del variador de frecuencia	Sí		
	Instrucciones de leer y escribir EEPROM	Si		No
	Instrucciones de cálculo de control		Sí	
	Instrucción de cadena de caracteres	No		
	Instrucciones de procesamiento de datos por	No		
	lotes	27-		
	instrucciones de cuadros de datos	200 000H (findo a tiarra	INO	nico co cierro o
	Salida de relé	cero, con control de temperatura y humedad)		
		ciones de comparación de fecha y reloj Sí icciones de número de coma flotante Sí istrucciones de posicionamiento Sí strucciones de posicionamiento Sí strucciones l/O de alta velocidad Sí)BUS y Instrucciones del variador de frecuencia Sí acciones de leer y escribir EEPROM Sí strucciones de cálculo de control Sí strucciones de cadena de caracteres No reciones de procesamiento de datos por lotes No salida de relé 200,000H (fijado a tierra, la tensión mecánici cero, con control de temperatura y hum Salida de relé 300,000H (fijado a tierra, la tensión mecánici cero, con control de temperatura y hum Salida de transistor 300,000H (fijado a tierra, la tensión mecánici cero, con control de temperatura y hum 150,000H (la tensión mecánica se cierra a cero de temperatura ni de humedad) 1s encendido / 1s apagado, 3,200,000 v 220Vac/15VA/inductivo 1s encendido/1s apagado, 1,200,000 v	nica se cierra a humedad)	
MIBF		300,000H (fijado a tierra, la tensión mecánica se cierra a		
	Salida de transistor	cero, con control de temperatura y humedad)		
	de cifrado Establecer tipo de contraseñas Carga prohibida Reloj en tiempo real, Instrucciones de rel Instrucciones de comparación de fecha y re Instrucciones de número de coma flotant Instrucciones de posicionamiento Instrucciones de posicionamiento Instrucciones de lear y escribir EEPRON Instrucciones de lear y escribir EEPRON Instrucciones de cadena de caracteres Instrucciones de procesamiento de datos p lotes TBF Salida de relé 220Vac/15VA/inductivo 220Vac/30VA/inductivo 220Vac/72VA/inductivo Voltaje nominal Alcance de voltaje de entrada Temperatura del entorno de almacenamier	150,000H (la tensión mecánica se cierra a cero, sin control de temperatura ni de humedad)		
	220Vac/15VA/inductivo	1s encendido / 1s a	pagado, 3,200,00	00 veces
vida de contactos de relé de salida	220Vac/30VA/inductivo	16 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 <tr tr=""> 1</tr>	pagado, 1,200,00	0 veces
	220Vac/72VA/inductivo	apagado, 300,000	pagado, 300,000 veces	
	Voltaje nominal	100~240VAC (1	funcionamiento n	ormal)
	Alcance de voltaje de entrada	85~264VAC (fr	85~264VAC (funcionamiento normal)	
	Temperatura del entorno de uso	-5~55°C		
El medio ambiente de uso	Temperatura del entorno de almacenamiento	-40~70°C		
		1 minuto del voltaje de CA (Corriente alterna) de 2		erna) de 2830
	Resistencia al voltaje	VCA o del voltaje de CC (Corriente continua)		
	Resistencia a la vibración	Desplazamiento: 3.5 mm Aceleración: $10 \text{m} / \text{s2}$ Alcance de frecuencia: $5 \sim 150 \text{Hz}$ Escanear respectivamente 10 veces en la dirección de Z		0Hz ección de X, Y y
	Resistencia al golpe	Medio seno, ancho de puls	so: 6 ms, acelerad	ción: 180 m / s ²
	Nivel de protección		IP20	
	Certificación de seguridad	Certificación de seguridad Diseñado de acuerdo con las normas IEC6		131-2 y UL508,
	e mantanten de begantado	pasó la c	ertificación CE	

Figura 137. Datasheet del PLC 2 Fuente: https://www.invt.com/es/products/ivc1-micro-plc-73

Anexo 15. Datasheet del HMI

Parám	etro de espec	ificación de l	a pantalla tác	til de la serie	VK		
Тіро	VT104- H1ET-N	VT104- N1CT-N	VT070- H1ET-N	VT070- N0CX-N	VT056- N0CT-N	VT056- N0CX-N	
Tamaño de la pantalla	10,4 pulgadas TFT		7,0 pulg	7,0 pulgadas TFT		5,6 pulgadas TFT	
Resolución de imagen	800×600		800×480		320×234		
LCD	65,536 colors						
Vida de luz de fondo	50,000 Hours						
Luminosidad	400 cd/m2 300 cd			cd/m2	200 cd/m2		
Panel táctil	Resistivo de 4 hilos						
CPU	RISC ARM9 32bits						
Acelerador de gráficos		Ace	elerador de grá	ficos de motor	r 2D		
Memoria interna de trabajo	64MB 64M		MB	32MB			
Memoria flash	8MB + 128MB NAND Flash			8M			
Ram con respaldo de batería	128KB						
Calendario permanente (reloj)	Sí (baterías desechables, tiempo de uso de tres años)						
USB	Publicar USB2.0 * 1 principal, Publicar USB2.0 * 1 subordinado						
Expansión de ranura de tarjeta SD	Sí				No		
	COM1: RS232/RS422/RS485						
Puerto serie	COM2: RS232/485		No	COM2: RS232/485	No		
	COM3: RS232						
Interfaz Ethernet	Sí	No	Sí	Sí No			
Voltaje de entrada			24VDC±10%	Poder aislado)		
El consumo de energía de encendido	20W		15	5W	13W		
Temperatura de funcionamiento	-10~50°C						
Certificación de seguridad	FCC/CE						
Nivel de protección	IP65						
Método de enfriamiento	Enfriamiento natural						
Dimensión externa (mm)	270,1×212,1		188×143,3		188×143,3		
Tamaño del agujero (mm)	259×201		174.5×137,5		174.5×137,5		
Peso neto (Kg)	1.2		0,6		0,59		

Figura 138. Datasheet del HMI Fuente: <u>https://www.invt.com/es/products/vt-series-hmi-69</u>

	Parámetros técnicos de	servoaccionamiento de l	a serie DA200 (100W ~ 55kW	0	
Especificación			Explicación		
Voltaje de entrada		del sistema 220V	1P/3P AC 220V(-15%)~240V(+10%) 47Hz~63 Hz		
Fuente de energia	Voltaje de entrada	del sistema 440V	3P AC 380V(-15%)~440V(+10%) 47Hz~63Hz		
	Señal de control	Entrada	El tipo estándar, el tipo de pulso y el tipo de bus CAN son 10 entradas, el tipo de bus EtherCAT es de 7 entra		
		Salida	El tipo estándar, el tipo de pulso y el tipo de bus CANop tienen 6 salidas, el tipo de bus EtherCAT tiene 4 salidas y tipo de bus PROFINET tiene 4 salidas (las funciones se pueden configurar a través de parámetros relevantes)		
	Cantidad análogica	Entrada	3 entradas estándar (una entrada 16 bits, 2 entradas analógicas de 12 bits), 2 entradas no estándar (2 entrada analógicas de 12 bits)		
		Salida	2 salidas (salida de monitorización analógica)		
		Entrada	1 entrada (modelo: diferencia o coleccionista abierto)		
Puerto	Señal de pulso	Salida	1 salida (modelo: salida diferencial (A +, A-; B +, B-; Z - Z-) o salida de coleccionista abierto (A; B: Z))		
	Segundo codificador	Entrada	Interfaz de codificador incremental (segundo codificado regla de rejilla)		
		USB	Software de computadora host de comunicación 1: 1 (estándar)		
		RS485	1: n comunicación (estándar)		
	Función de comunicación	CANopen	1:n comunicación(opcional)		
		PROFINET	1:n comunicación(opcional)		
		EtherCAT	1:n comunicación(opcional)		
	Terminal de seguridad	STO	Safe Torque Off (opcional)		
Modelo de control		 Control de posición; 2. Control de velocidad; 3. Control de par; 4. Cambio de modo de posición / velocidad; 5. Cambio de modo de velocidad / par;6. Cambio de modo de posición / par; 7. control completamente cerrado; 8. modo CANopen; 9. modo EtherCAT 			
		Entrada de control	 Borrar el pulso de estancamiento; 2. Prohibir la entrad pulso de instrucción; 3. Cambiar la relación de engrana electrónico; 4. Cambiar el control de vibración 		
		Salida de control	Salida completada de	posicionamiento, etc.	
		Entrada de pulso	Frecuencia máxima de entrada de pulso	Acoplamiento óptico: entrad diferencial 4Mpps, entrada d coleccionista abierto 200kpp	
			Método de entrada de pulso	1. Pulso + dirección; 2, CW CCW; 3. Codificación ortogonal	
	Control de posición		Engranaje electrónico	1/10,000 ~ 1,000 veces	
			Filtro	1. Filtro de instrucción suave 2.Filtro FIR	
		Entrada analógica	Límite de par	La limitación de par en sentido horario / antihorario se puede realizar de forma independiente	
		Control de vibraciones	Puede suprimir la vibración frontal de 5 ~ 200Hz y la vibración de toda la máquina		
		Salida de pulso	 Puede establecer cualquier divisi ó n de frecuencia p debajo de la resolución del codificador; 2. Tiene la funci de inversión de fase B 		

Anexo 16. Datasheet del Servo Drive

Figura 139. Datasheet del Servo Drive 1 Fuente: <u>https://www.invt.com/es/products/da200-servo-drives-57</u>

		Entrada de control	 Selección 1 de velocidad de instrucción interna ; 2. Selección 2 de velocidad de instrucción interno ; 3. Selección 3 de velocidad de instrucción interna; 4. Fijación de velocidad cero, etc. 		
		Salida de control	Alcanzar la velo	cidad establecida	
Función	Control de velocidad	Entrada analógica	Entrada de instrucción de velocidad	El instrucción de velocidad se puede ingresar después de que los ajustes relevantes se realicen de acuerdo con el voltaje analógico DC ± 10V	
			Entrada de límite de par	La limitación de par en sentido horario / antihorario se puede realizar de forma independiente	
180101446049446039442		Instrucción de velocidad interna	Puede cambiar 8 velocidades internas de acuerdo con la entrada de control externo		
		Fijación de velocidad cero	La función de fijación de velocidad cero se puede configurar para funcionar en el modelo de velocidad o en modelo de posición en modo de velocidad		
		Filtro de instrucción de velocidad	Filtro de retardo de una vez para instrucción de velocidad de entrada analógica		
		Control de instrucción de velocidad de deriva cero	Control de deriva cero ante perturbaciones periféricas, precisión 0,3mV		
		Entrada de control	Entrada de fijación d	e velocidad cero, etc.	
		Salida de control	Alcanzar la velo	cidad establecida	
	Control de par	Entrada analógica	Entrada de límite de par	La entrada de instrucción de par analógicamente, ganancia y polaridad se pueden configurar de acuerdo con el voltaje analógico, precisión 4,88 mV	
			Entrada de límite de velocidad	Límite de velocidad analógica es posible	
		Control de velocidad	El límite de velocidad se puede establecer a través de parámetros		
		Filtro de instrucción de par	Filtro de retardo de una vez para instrucción de par de entrada analógica		
		Instrucción de par de control de deriva cero	Control de deriva cero ante interferencia periférica, etc., precisión 4,88 mV		
	Planificación de posición interna	Puntos de planificación	Se puede establecer una planificación de posición interna de 128 puntos, y se puede utilizar la comunicación para controlar el posicionamiento		
		Configuración de ruta	 Posición; 2. Velocidad; 3. Tiempo de aceleración; 4. Tiempo de desaceleración; 5. Temporizador de parada;6. Salidas de diversos estados; 7. Modelo de funcionamiento 		
		Volver al origen	 Señal LS; 2. Señal de fase Z; 3. Señal LS + señal de fase Z 4. Señal de límite de par 		
	Protección de hardware		Sobretensión, subtensión, sobrecorriente, sobrevelocidad, sobrecarga, sobrecalentamiento, sobrecarga de la resistencia de frenado, falla del codificador, etc.		
Protección	Protección de software		Falla de memoria, falla de inicialización, asignación anormal de I/O, desviación excesiva de posición . etc.		
	Protección y registros de fallas		1. Se pueden registrar 10 fallas2. Puede registrar los parámetros clave cuando ocurre la falla actual		
	Temperatura	Temperatura de funcionamiento	0∼45°C		
		Temperatura de almacenamiento	-20~80°C (No co	ngelar)No congelar	
Entorno	Humedad de trabajo / almacenamiento		≤90%RH (Sin condensación)		
149385765958050	Nivel de IP		IP20		
	Altitud		Altitud debajo de 1000m		
	Vibración		≤5,88m/s ² , 10~60Hz(No se permite trabajar en el punto de resonancia)		

Figura 140. Datasheet del Servo Drive 2 Fuente: <u>https://www.invt.com/es/products/da200-servo-drives-57</u>

Anexo 17. Planos eléctricos



Figura 141. Diagrama de control



Figura 142. Diagrama de fuerza. Fuente: Los autores

.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguagallo, F. (2019). Implementación de un sistema de entrenamiento para medición y análisis de señales eléctricas y caracterización de sensores e instrumentos para el Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Alman, C., & Campoverde, T. (2019). Diseño e implementación de un módulo didáctico electroneumático para prácticas de procesos industriales utilizando un plc s7-1200 e interfaz hmi. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Angulo, O. (2019). Análisis del impacto en la producción de embutidos ante la inclusión de un proceso de cocción automatizado. Latacunga : Espe.
- Apesteguia, J., & Huarcaya, E. (2018). Redes neuronales artificiales aplicadas a la detección de fugas no visibles en las redes de agua potable de la Ciudad de Lima. Callao : Universidad Nacional del Callao.
- Arenas, J. (2018). Sistema de telemetría mediante el servicio de mensajes cortos, que monitorea parámetros del equipo scoop para mejorar su diagnóstico operatividad en la Mina Ataccocha. Lima: Repositorio Institucional.
- Bohorquez, J. (2020). Diseño de propuesta de actualización tecnológica para control y supervisión en planta de producción Los Toros del municipio de Trinidad, Casanare. Yopal: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Bravo, A., & Tene, J. (2019). Diseño e implementación de 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.". Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.

- Calero, G., & Romero, C. (2020). Diseño e implementación de un sistema de control Maestro-esclavo, para repotenciar un módulo de prácticas en el laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil, basado en la Red Industrial PROFIBUS. Guayaquil : Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Catalán, F. (2017). Estudio de prefactibilidad de creación de empresa de automatización industrial en el área eléctrica y electrónica. Viña del Mar: Universidad Técnicas Federico Santa María.
- Chaupis, L. (2018). Redes físicas El modelo de OSI. El modelo TCP/ IP. Protocolos de transmisión. Componentes de la red, tarjetas, cables, conectores. Equipos de red: Modem, hub, NIC, swith, sus diferencias. Cableado estructurado. Fibra óptica, topologías físicas, estructura. Lima: Universidad Nacional de Educación.
- Coicaud, S. (2020). Potencialidades didácticas de la inteligencia artificial: Videojuegos, relaidad extendida, Robotica y plataforma. Buenos Aires: Noveduc.
- Cortes, M., & Vergel, K. (2020). Evaluación del sistema del control interno en el área de inventarios en la empresa EAGLE BHP Colombia S.A.S. Ibagué: Repositorio Institucional UCC.
- Cruz, A., Sarmiento, J., Martínez, G., & Hernández, V. (2018). Control de torque para servomotores sin escobillas (torque control for brushless servomotor.
 México: Tecnológico Nacional de México en Celaya.

- De la Vega, M. (2019). Implementación de un sistema automático mediante el uso de PLC para la producción de yogurt en la Planta de Lácteos Tunshi -ESPOCH. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Eugenio, C., Caguana, R., & González, Ä. (2019). Diseño de la automatización de una máquina de fertilizantes líquidos. Milagro: Repositorio de la Universidad Estatal de Milagro.
- Fernández, L. (2020). Diseño de un sistema de fabricación flexible robotizado empleando AGVS como mesa de trabajo móvil. aplicación a la producción automatizada de drones. València: Universitat Politècnica de València.
- Garcia, M., Fuentes, C., & Mejía, W. (2020). Diseño y construcción de un prototipo didáctico de brazo robótico soldador de superficies planas para el proceso de soldadura GMAW, optimizando topológicamente los elementos estructurales del robo. Quevedo: Repositorio Digital UTEQ.
- Hernandez, A. (2021). Estudio de la industria 4.0 en el sector de la construcción naval. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Huamaní, P., & Chong, H. (2017). *Investigaciones tecnológicas inteligencia artificial e instrumentación industrial*. Lima : Universidad Ricardo Palma.
- Mahecha, S. (2020). La fabricación aditiva y su relación con el pensamiento espacial y el pensamiento técnico para el desarrollo de producto. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Marín, M., Cardozo, J., & Ruíz, I. (2018). Diseño y simulación de un sistema autónomo para el proceso de sangrado del árbol de caucho. Bogotá: Re-Pilo Unipiloto.

- Mejia, A., Jabba, D., Carrillo, G., & Caicedo, J. (2019). Influencia de la Ingeniería de Software en los Procesos de Automatización Industrial. *La Serena*, 20(5), 125.
- Mejía, M. (2015). ¿Qué tan importante puede llegar a ser la automatización dentro de la industria? Medellín : Marymount .
- Mellado, J. (2020). El IOT-PLC : una nueva generación de controladores lógicos programables para la industria 4.0. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Miranda, J. (2017). Fundamentos De Medición Y Control De Procesos.

- Piñeros, J. (2019). Implementación de Bancos de Trabajo Eletroneumatico, Electricidad Industrial, Instrumentación y Programación en PLC.
 Villavicencio: Universidad de los Llanos.
- Ramos, M., & Arróliga, G. (2020). Propuesta de sistema hibrido Automatizado, para la generación de energía eléctrica en vivienda rural de la comunidad Filadelfia en el Municipio de El Almendro Departamento de Rio San Juan. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Rodríguez, Á. (2020). Determinación mediante AVLFire y modelado CFD de los coeficientes de descarga de las válvulas admisión/escape de un motor diésel marino. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Salazar, F., & Crespo, R. (2020). Sistema automatizado para el proceso de pasteurización y cuajada de leche en la elaboración de queso fresco para el Consorcio de Lácteos Tungurahua. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

- Sánchez, V. (2020). Diseño de un sistema SCADA con control remoto, usando un controlador lógico programable (PLC), un sistema CCTV, un servidor VNC y el software Team Viewer, aplicado a la seguridad residencial. Arequipa: Repositorio Institucional de la UNSA.
- Sanchis, R., Romero, J., & Ariño, C. (2010). *Automatización industrial*. España: Universitat Jaume.
- Sosa, N., Velandia, M., & Pedraza, C. (2017). Rediseño de la estación mecatrónica del laboratorio de automatización industrial de la Universidad Piloto de Colombia. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Taco, V. (2018). Aplicación del sistema de control distribuido en la automatización industrial utilizando plantas didácticas con variables típicas. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustin .
- Tene, J., & Bravo, A. (2019). Diseño e implementación de 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. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Torres, L. (2019). Propuesta para el mejoramiento del sistema de control eléctrico, del separador ciclónico mediante bombas de fluido hidráulico y VDF.
 Managua: Universidad Nacional de Ingenieria .
- Touriñan, P. (2020). Proceso de Acreditación de Servicios del Área Diseño Mecánico (FAIN – UNCo) según ISO 17020. Neuquén: Universidad Nacional Comahue.

Vélasquez, G. (2018). "Mejoramiento en la efectividad total del equipo en prensas con la implementación de controlador lógico programable". Hermosillo Sonora: Técnologico Nacional de México.