

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA ELECTRÓNICA E
INGENIERO ELECTRÓNICO**

PROYECTO TÉCNICO:
**DESARROLLO DE UNA GUÍA DE PRÁCTICAS DE
LABORATORIO PARA EL SISTEMA MODULAR DE
PRODUCCIÓN MPS-500, ORIENTADO AL APRENDIZAJE DE LOS
AUTÓMATAS PROGRAMABLES, LAS REDES INDUSTRIALES Y
LOS SISTEMAS SCADA.**

AUTORES:

**SANDRA CATALINA CHACHA QUILLE
PATRICIO JOSUÉ PARRA ABAD**

TUTOR:

ING. JULIO CÉSAR ZAMBRANO ABAD

CUENCA – ECUADOR

2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Sandra Catalina Chacha Quille con documento de identificación N° 0106560899 y Patricio Josué Parra Abad con documento de identificación N° 0105748974, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UNA GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA EL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN MPS-500, ORIENTADO AL APRENDIZAJE DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES, LAS REDES INDUSTRIALES Y LOS SISTEMAS SCADA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Electrónica e Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 07 de Diciembre del 2017

Sandra Catalina Chacha Quille

CI: 0106560899

Patricio Josué Parra Abad

CI: 0105748974

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi **tutoría** fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UNA GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA EL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN MPS-500, ORIENTADO AL APRENDIZAJE DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES, LAS REDES INDUSTRIALES Y LOS SISTEMAS SCADA”**, realizado por Sandra Catalina Chacha Quille y Patricio Josué Parra Abad, obteniendo el **Proyecto Técnico** que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 07 de Diciembre del 2017



Ing. Julio César Zambrano Abad.

CI. 0301489696

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Sandra Catalina Chacha Quille con número de cédula CI. 0106560899 y Patricio Josué Parra Abad con número de cédula CI. 0105748974, autores del trabajo de titulación **“DESARROLLO DE UNA GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA EL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN MPS-500, ORIENTADO AL APRENDIZAJE DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES, LAS REDES INDUSTRIALES Y LOS SISTEMAS SCADA”** certificamos que el total contenido del **Proyecto Técnico**, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Cuenca, 07 de Diciembre del 2017

Sandra Chacha Quille
CI: 0106560899

Patricio Parra Abad
CI: 0105748974

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por sus bondades, en especial por darme una familia que me apoyó incondicionalmente durante esta etapa de formación profesional. El logro es también de ellos.

A mi padre por sus esfuerzos para solventar los gastos que implican una carrera universitaria, por consentirme y por cada palabra de motivación que me alentó día a día para seguir estudiando.

A mi madre, por inculcarme la importancia de dar el mayor esfuerzo para cumplir una tarea a cabalidad, y por todos los valores que me sirvieron como soporte para enfrentar las situaciones adversas.

A mis hermanos que sirvieron de ejemplo para al igual que ellos lograr una formación profesional.

A mis compañeros por hacer de esta etapa una experiencia llena de aprendizaje con una pizca de alegría. En especial a Patricio Parra por su apoyo para cumplir exitosamente los proyectos encomendados durante la formación académica.

A mi tutor del trabajo de titulación Ing. Julio Zambrano por su colaboración durante el desarrollo del proyecto y su predisposición a despejar las inquietudes inmersas.

Sandra Catalina Chacha Quille

En primer lugar le agradezco a Dios, por haber sido el pilar de soporte ante las dificultades de mi vida y de mis metas profesionales.

A mi madre, que incansablemente fue la guía para seguir estudiando y no abandonar mis objetivos, además de alentarme cuando el camino se puso difícil.

A mi padre, que siempre ha estado presente y ha trabajado duro para cubrir todas las necesidades en nuestra familia.

A Sandra Chacha, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, sé que todo lo que ha logrado ha sido con gran esfuerzo y dedicación, me demostró que siempre podré contar con su apoyo.

Al Ing. Julio Zambrano por la colaboración brindada, en la elaboración de este trabajo.

Patricio Josué Parra Abad

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a Dios por darme la vida y la fuerza para llegar hasta este punto de mi formación profesional. A mi padre quien nunca dejó de confiar y apoyarme para que cumpliera la meta de convertirme en ingeniera a pesar de la duración que esto implicó. A mi madre, pues sus consejos dotados de objetividad y sensatez supieron guiarme en todo momento. A mis hermanos quienes ayudaron en mi formación académica en medida de sus posibilidades. A mis sobrinos Daira y Jorge, pues aportaban su alegría y ternura cuando volvía agobiada de la universidad, y a su mamá por la buena voluntad de colaborar cuando se requería.

Sandra Catalina Chacha Quille

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por acompañarme en cada paso que doy en mi vida y haberme permitido llegar hasta este momento. A mis padres que me apoyaron incansablemente en toda mi formación tanto moral como profesional, A mi esposa que a pesar de las dificultades siempre está animándome y apoyándome y a mis compañeros que sin ellos no hubiera sido posible alcanzar esta meta.

Patricio Josué Parra Abad

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
JUSTIFICACIÓN	XIV
OBJETIVOS	XV
OBJETIVO GENERAL.....	XV
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XV
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA CÉLULA MPS-500	1
1.1 Descripción general	1
1.2 Estación de distribución	2
1.3 Estación de verificación	3
1.4 Estación de manipulación.....	4
1.5 Estación de proceso.	5
1.6 Estación de procesamiento de imagen.....	5
1.7 Estación de ensamble con brazo robot Mitsubishi RV-2AJ.....	6
1.8 Estación de almacenamiento	7
1.9 Estación de selección.....	7
1.10 Estación de transporte.....	8
1.11 Concept TURN55	9
CAPÍTULO 2: HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	11
2.1 STEP 7.....	11
2.1.1 Estructura de los programas para un autómata programable.	11

2.1.2	Administrador SIMATIC	12
2.1.3	Estructura de los proyectos	12
2.1.4	Tipos de programas en STEP 7	13
2.1.5	Bloques del programa de usuario en STEP 7	14
2.2	WIN CC	14
2.2.1	Descripción general	14
2.2.2	Componentes de WinCC	15
2.3	Lenguajes de programación	16
2.3.1	KOP	16
2.3.2	GRAFCET	17
2.3.3	SCL	19
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE APLICACIONES		20
3.1	Levantamiento de señales	20
3.1.1	Manejo del equipo simulador	20
3.1.2	Conexión a un computador con SIMATIC manager	21
3.2	Programación y descarga	25
3.2.1	Programación del bloque de organización OB1	25
3.2.2	Programación de fuente SCL	27
3.2.3	Programación de función GRAFCET	30
3.2.4	Configuración de marca de ciclo	36
3.2.5	Cargar un proyecto al PLC	37
3.3	Implementación scada	40
3.4	Redes de comunicaciones dentro del sistema modular de producción MPS-500	43
3.4.1	Configuración para una red PROFIBUS	43
3.4.2	Configuración para módulo AS-i	47
CAPÍTULO 4: ESTRUCTURA Y PROCESO DE VALIDACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO		49
4.1	Estructura de las guías de prácticas	49
4.2	Metodología de validación	50

4.3	Evaluación del desarrollo de las prácticas propuestas.....	53
4.3.1	Evaluación práctica # 1	53
4.3.2	Evaluación práctica # 2	54
4.3.3	Evaluación práctica # 3	55
4.3.4	Evaluación práctica # 4	56
4.3.5	Evaluación práctica # 5	57
4.3.6	Evaluación práctica # 6	58
4.3.7	Evaluación práctica # 7	59
4.3.8	Evaluación práctica # 8	60
4.3.9	Evaluación práctica # 9	61
4.3.10	Evaluación práctica # 10	62
4.3.11	Evaluación práctica # 11	63
4.3.12	Evaluación práctica # 12	64
4.3.13	Evaluación práctica # 13	65
4.3.14	Evaluación práctica # 14	66
4.3.15	Evaluación práctica # 15	67
4.3.16	Evaluación práctica # 16	68
4.3.17	Evaluación práctica # 17	69
4.3.18	Evaluación práctica # 18	70
4.3.19	Evaluación práctica # 19	71
4.3.20	Evaluación práctica # 20	72
4.3.21	Evaluación práctica # 21	73
4.4	Retroalimentación del proceso de evaluación	74
4.4.1	Retroalimentación de la práctica # 1	74
4.4.2	Retroalimentación de la práctica # 2	74
4.4.3	Retroalimentación de la práctica # 3	74
4.4.4	Retroalimentación de la práctica # 4	75
4.4.5	Retroalimentación de la práctica # 5	75
4.4.6	Retroalimentación de la práctica # 6	76
4.4.7	Retroalimentación de la práctica # 7	76
4.4.8	Retroalimentación de la práctica # 8	76
4.4.9	Retroalimentación de la práctica # 9	76
4.4.10	Retroalimentación de la práctica # 10	77

4.4.11	Retroalimentación de la práctica # 11	77
4.4.12	Retroalimentación de la práctica # 12	77
4.4.13	Retroalimentación de la práctica # 13	77
4.4.14	Retroalimentación de la práctica # 14	77
4.4.15	Retroalimentación de la práctica # 15	78
4.4.16	Retroalimentación de la práctica # 16	78
4.4.17	Retroalimentación de la práctica # 17	78
4.4.18	Retroalimentación de la práctica # 18	78
4.4.19	Retroalimentación de la práctica # 19	78
4.4.20	Retroalimentación de la práctica # 20	79
4.4.21	Retroalimentación de la práctica # 21	79
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		80
5.1	Conclusiones	80
5.2	Recomendaciones	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		83
APÉNDICES		85
APÉNDICE A: PLANTILLA PARA LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS		86
APÉNDICE B: MODELO DE ENCUESTAS PARA LA VALIDACIÓN DE LAS PRÁCTICAS ...		87
APÉNDICE C: GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA EL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN MPS-500		89

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 Diagrama esquemático y flujo de material para la célula MPS.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 1.2 Estación de distribución</i>	<i>3</i>
<i>Figura 1.3 Estación de verificación</i>	<i>3</i>
<i>Figura 1.4 Conexión física entre la estación de distribución y la estación de verificación.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 1.5: Estación de manipulación</i>	<i>4</i>
<i>Figura 1.6 Estación de proceso</i>	<i>5</i>
<i>Figura 1.7 Estación de procesamiento de imagen</i>	<i>5</i>
<i>Figura 1.8 Estación de ensamblaje con brazo robot.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 1.9 Accesorios para el brazo robot MITSUBISHI RV-2AJ</i>	<i>6</i>
<i>Figura 1.10 Estación de almacenamiento</i>	<i>7</i>
<i>Figura 1.11 Estación de selección.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 1.12 Estructura física del sistema de transporte</i>	<i>8</i>
<i>Figura 1.13 Gabinete de control para el sistema de transporte</i>	<i>9</i>
<i>Figura 1.14 Botones del panel de control del sistema de transporte</i>	<i>9</i>
<i>Figura 1.15 Concept Turn55</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2.1 Ventana principal de SIMATIC Manager.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2.2 Ventana principal de un proyecto STEP7</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.3 Ventana principal de WinCC Explorer.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2.4 Componentes de un diagrama Grafcet</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2.5 Ejemplo de diagrama Grafcet realizado en el software STEP7.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3.1. Caja de simulación SIEMENS</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3.2. Creación de un nuevo proyecto</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3.3. Adición del equipo SIMATIC 300 al proyecto.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3.4. Acceso a la ventana de configuración de hardware.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3.5. Ventana de configuración de hardware</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3.6. Lectura del estado de las señales de un PLC</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3.7 Acceso al bloque de organización OBI</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.8. Ventana de propiedades del bloque de organización.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.9. Ventana para programación del bloque OBI</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.10. Adición de nueva fuente SCL.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3.11. Nueva fuente SCL añadida al proyecto</i>	<i>27</i>

Figura 3.12. <i>Bloque de función SCL</i>	28
Figura 3.13. <i>Carpetas con elementos para añadir a los segmentos del bloque OB1</i>	29
Figura 3.14. <i>Adición de bloque de función SCL</i>	29
Figura 3.15. <i>Segmento de programación KOP de bloque OB1</i>	30
Figura 3.16. <i>Adición de nuevo bloque de función</i>	30
Figura 3.17. <i>Ventana de propiedades del bloque de función</i>	31
Figura 3.18. <i>Nueva bloque de función Grafcet añadido al proyecto</i>	31
Figura 3.19 <i>Agregar una acción en el diagrama Grafcet</i>	32
Figura 3.20. <i>Ejemplo de tabla de símbolos</i>	32
Figura 3.21. <i>Uso de un símbolo dentro del diagrama Grafcet</i>	33
Figura 3.22 <i>Bloques generados para Grafcet</i>	33
Figura 3.23. <i>Bloque de función Grafcet</i>	33
Figura 3.24. <i>Adición de bloque de función Grafcet</i>	34
Figura 3.25 <i>Bloque Grafcet en el segmento KOP</i>	35
Figura 3.26. <i>Bloque de función Grafcet añadido en el segmento de programación KOP</i>	36
Figura 3.27 <i>Configuración de marca de ciclo</i>	37
Figura 3.28 <i>Ajuste de interface</i>	38
Figura 3.29 <i>Ventana con las opciones para ajustes del interface</i>	38
Figura 3.30. <i>Adaptador USB para MPI</i>	39
Figura 3.31 <i>Cargar información al PLC</i>	39
Figura 3.32 <i>Creación de nuevo proyecto WinCC</i>	40
Figura 3.33. <i>Ejemplo de variables que se utilizan en WinCC</i>	41
Figura 3.34 <i>Ejemplo de imagen creada en WinCC</i>	41
Figura 3.35 <i>Ventana del editor "Graphics Designer" para la creación de interface</i>	42
Figura 3.36 <i>Ejemplo de interface elaborada en WinCC</i>	43
Figura 3.37 <i>CPU agregado al bastidor del equipo</i>	44
Figura 3.38 <i>Asignación del equipo como "Esclavo DP"</i>	44
Figura 3.39 <i>Slot DP del equipo</i>	45
Figura 3.40 <i>Asignación del equipo como "Maestro DP"</i>	45
Figura 3.41 <i>Maestro en la red PROFIBUS</i>	46
Figura 3.42 <i>Adición de esclavo a red PROFIBUS del maestro</i>	46
Figura 3.43 <i>Esclavo añadido a la red PROFIBUS</i>	46
Figura 3.44. <i>Adición de módulo AS-i</i>	47

Figura 3.45 <i>Módulo AS-i añadido al bastidor de un equipo SIMATIC 300</i>	48
Figura 4.1 <i>Evaluación de la práctica # 1</i>	53
Figura 4.2 <i>Evaluación de la práctica # 2</i>	54
Figura 4.3 <i>Evaluación de la práctica # 3</i>	55
Figura 4.4 <i>Evaluación de la práctica # 4</i>	56
Figura 4.5 <i>Evaluación de la práctica # 5</i>	57
Figura 4.6 <i>Evaluación de la práctica # 6</i>	58
Figura 4.7 <i>Evaluación de la práctica # 7</i>	59
Figura 4.8 <i>Evaluación de la práctica # 8</i>	60
Figura 4.9 <i>Evaluación de la práctica # 9</i>	61
Figura 4.10 <i>Evaluación de la práctica # 10</i>	62
Figura 4.11 <i>Evaluación de la práctica # 11</i>	63
Figura 4.12 <i>Evaluación de la práctica # 12</i>	64
Figura 4.13 <i>Evaluación de la práctica # 13</i>	65
Figura 4.14 <i>Evaluación de la práctica # 14</i>	66
Figura 4.15 <i>Evaluación de la práctica # 15</i>	67
Figura 4.16: <i>Evaluación de la práctica # 16</i>	68
Figura 4.17 <i>Evaluación de la práctica # 17</i>	69
Figura 4.18 <i>Evaluación de la práctica # 18</i>	70
Figura 4.19 <i>Evaluación de la práctica # 19</i>	71
Figura 4.20 <i>Evaluación de la práctica # 20</i>	72
Figura 4.21: <i>Evaluación de la práctica # 22</i>	73
 Figura A. 1 <i>Plantilla para las guías de prácticas de laboratorio</i>	 86
 Figura B. 1 <i>Hoja 1 del modelo de encuesta</i>	 87
Figura B. 2 <i>Hoja 2 del modelo de encuesta</i>	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Representación de símbolos para esquemas [20].....	17
Tabla 3.1 Direcciones de las estaciones para una red PROFIBUS	43
Tabla 4.1 Enunciados para l encuesta de validación.....	51
Tabla 4.2 Resultados para la validación de la práctica # 1	53
Tabla 4.3 Resultados para la validación de la práctica # 2	54
Tabla 4.4 Resultados para la validación de la práctica # 3	55
Tabla 4.5 Resultados para la validación de la práctica # 4	56
Tabla 4.6 Resultados para la validación de la práctica # 5	57
Tabla 4.7 Resultados para la validación de la práctica # 6	58
Tabla 4.8 Resultados para la validación de la práctica # 7	59
Tabla 4.9 Resultados para la validación de la práctica # 8	60
Tabla 4.10 Resultados para la validación de la práctica # 9	61
Tabla 4.11 Resultados para la validación de la práctica # 10	62
Tabla 4.12 Resultados para la validación de la práctica # 11	63
Tabla 4.13 Resultados para la validación de la práctica # 12	64
Tabla 4.14 Resultados para la validación de la práctica # 13	65
Tabla 4.15 Resultados para la validación de la práctica # 14	66
Tabla 4.16 Resultados para la validación de la práctica # 15	67
Tabla 4.17 Resultados para la validación de la práctica # 16	68
Tabla 4.18 Resultados para la validación de la práctica # 17	69
Tabla 4.19 Resultados para la validación de la práctica # 18	70
Tabla 4.20 Resultados para la validación de la práctica # 19	71
Tabla 4.21 Resultados para la validación de la práctica # 20	72
Tabla 4.22 Resultados para la validación de la práctica # 21	73

RESUMEN

Las plataformas que simulan un proceso de producción contribuyen al desarrollo de las destrezas de un estudiante durante su etapa de formación académica, además, el familiarizarse con etapas y componentes en un proceso de producción les servirá como entrenamiento para que luego consiga desarrollar aplicaciones reales en el campo laboral. Sabiendo que, la implantación de un sistema automatizado es el resultado del trabajo de profesionales que utilizan la tecnología y aplican sus conocimientos para mejorar o cambiar las tareas de producción en una fábrica.

En el presente trabajo se ha elaborado una guía de prácticas de laboratorio orientada al aprendizaje de la programación de autómatas, las redes industriales y los sistemas SCADA. Esta guía está aplicada a seis de las diez estaciones que forman parte del Sistema de Producción Modular (MPS-500), en donde cada una de ellas simula un proceso de producción y son controladas por un PLC.

Los programas para el PLC de cada estación se realizaron mediante el software STEP7 Professional 2010, pues soporta la programación de lenguajes KOP, SCL y Grafset que se requerían en el desarrollo del proyecto. Por otra parte, para la elaboración de la interface de los sistemas SCADA se utilizó el software WinCC.

La guía de prácticas está enfocada al aprendizaje de los estudiantes, por esta razón cada práctica se sometió a un proceso de evaluación con alumnos de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Los estudiantes desarrollaron las guías acorde a la temática de la asignatura que se hallaban cursando.

Luego del desarrollo cada práctica se formuló una encuesta anónima que constaba de 11 preguntas, en donde mediante una escala Likert los estudiantes pudieron dar su apreciación sobre los aspectos tratados en las prácticas. Los resultados presentados en el capítulo 4 evidencian el grado de aceptación de los estudiantes, en consecuencia se dieron por validadas todas las prácticas contenidas en la guía de laboratorio desarrollada en el presente trabajo.

INTRODUCCIÓN

En el laboratorio de Mecatrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, se encuentra el Sistema Modular de Producción, MPS 500. Esta es una plataforma que sirve para el entrenamiento en tecnologías de automatización [1]. El MPS- 500 se compone de 10 estaciones que forman parte de una red que simula un proceso de producción de cilindros [2].

Cada estación se encarga de un proceso, al inicio se encuentra la estación de Distribución cuya función es suministrar el material para comenzar la producción [3]. El inicio del proceso puede ser accionado mediante el panel de control que posee cada estación [4].

La siguiente estación es la de Verificación en donde se analizan las características de las piezas, es decir el color y el material, para determinar si son o no aptas para continuar en la secuencia de producción, las piezas validadas son transportadas hacia la estación de Manipulación mediante la banda de transporte [5], [6].

En la estación de Manipulación las piezas son tomadas desde los pallets de la banda de transporte para luego ser ubicadas en la estación de Proceso, aquí se verifica el tamaño de la pieza y se simula el proceso de perforación, después nuevamente las piezas son colocadas en los pallets de la banda para que sigan su proceso hasta la estación de Procesamiento de imágenes [7], [8].

La estación de procesamiento imágenes verifica la calidad de la pieza, de esta manera se determina que pieza debe ser desechada mediante el brazo robot de la estación de Ensamblaje [9]. El brazo robot cuenta con un controlador CR1-571 y un Teaching Pendant R28-TB para indicar las posiciones que debe adoptar [10]. Una vez que se terminó el proceso de ensamblaje las piezas pueden ser almacenadas o transportadas hasta la estación final de clasificación [11].

Aprovechándonos de las características y funcionalidad del MPS-500 hemos elaborado una guía de prácticas de laboratorio enfocada en el campo de la programación de PLCs, redes industriales y sistemas SCADA, de esta manera se contribuirá al aprendizaje de los alumnos mediante el uso adecuado de los equipos de laboratorio.

JUSTIFICACIÓN

Uno de los objetivos de la Universidad es preparar a los futuros ingenieros para que solventen necesidades y resuelvan problemas en un entorno real. De ahí la importancia de contar con laboratorios de última tecnología que brinden al estudiante las herramientas necesarias para que desarrollen destrezas en un campo determinado.

Particularmente, es esencial que los futuros ingenieros en Electrónica y Automatización tengan conocimiento en el campo de la programación de PLCs, redes industriales y sistemas SCADA. Estos requerimientos se pueden obtener a través de la práctica durante el proceso de aprendizaje en los laboratorios de la Universidad.

La Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, cuenta con un laboratorio de Mecatrónica, esencialmente constituido por el Sistema Modular de Producción, MPS 500. Aquí el estudiante podrá conocer y familiarizarse con equipos e instrumentos que están presentes dentro de los procesos industriales.

En el laboratorio el estudiante podrá desarrollar las competencias necesarias en diversas áreas como: instrumentación, programación de autómatas, redes industriales, visión artificial, neumática, robótica, de sensores, entre otras.

Por ello, el presente trabajo proveerá de una Guía de Prácticas de Laboratorio con ejercicios resueltos y propuestos, que permitirán al estudiante desarrollar las competencias necesarias en las diversas áreas, además aprenderá a usar de modo racional las unidades del laboratorio e instrumentos de trabajo (equipos, materiales y reactivos), protegiendo su funcionalidad y buen estado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una Guía de Prácticas de Laboratorio para el Sistema Modular de Producción, MPS-500, orientada al aprendizaje de sistemas automáticos, redes industriales y sistemas SCADA.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Aprender el manejo del software STEP 7 para la configuración y programación del PLC S7300.
- Investigar las características y probar el funcionamiento de las estaciones que conforman el equipo de laboratorio MPS-500 respectivamente.
- Desarrollar pruebas para crear sistemas autónomos orientados al manejo de cada estación del MPS-500.
- Desarrollar pruebas para implementar sistemas de comunicación industrial basados en protocolos PROFIBUS y AS-i.
- Aprender el manejo del software WinCC para realizar sistemas de monitoreo y control de procesos.
- Desarrollar pruebas para implementar sistemas SCADA.
- Elaborar y validar la Guía de Prácticas de Laboratorio con los ejercicios resueltos y propuestos.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA CÉLULA MPS-500

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.

Este es un sistema modular de producción (MPS) para el entrenamiento en tecnologías de automatización [1], está conformado por 10 estaciones de trabajo que se detallan a continuación:

- Estación Distribución
- Estación Verificación
- Estación Manipulación I
- Estación de Proceso
- Estación de Control de calidad con procesamiento de imágenes
- Estación de Ensamble con Robot
- Estación AS/RS20 (almacenamiento)
- Estación Manipulación II
- Estación Selección
- Sistema de transporte 3000 x 500 mm (banda)

El sistema bajo condiciones de fábrica está destinado para la producción de cilindros de simple efecto y cada una de estas estaciones cumple una tarea específica [1]. En la Figura 1.1 se muestra un diagrama con las 10 estaciones.

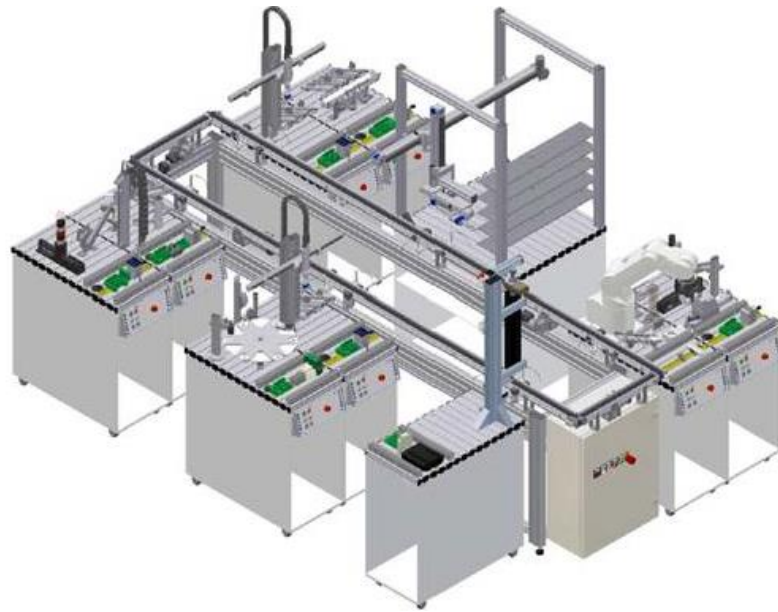


Figura 1.1 *Diagrama esquemático y flujo de material para la célula MPS*
Fuente: [2].

Cada una de las estaciones puede funcionar de manera individual y puede ser programada para varias aplicaciones. De igual manera gracias a las tecnologías de comunicación: bit a bit, AS-i y PROFIBUS, el sistema puede funcionar en conjunto [1], [2].

El sistema trae consigo un demo que cumple con todo el proceso de fabricación, bajo este modo de funcionamiento se puede observar la actuación de todas las estaciones que componen el sistema. En el caso que no se desee trabajar con el demo se puede realizar muchas otras aplicaciones, sin embargo es necesario realizar un respaldo de los programas guardándolos en una memoria USB.

MPS 500 agrupa tecnologías de diversos fabricantes como FESTO, SIEMENS, MITSUBISHI [1]. A continuación se detalla de manera breve las características de cada una de las estaciones del sistema.

1.2 ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN.

La estación de distribución como su nombre lo indica se utiliza para distribuir el material al inicio del proceso. Esta estación cuenta con un PLC S7-300 para el control lógico [3]. La Figura 1.2 muestra la estructura física de esta estación.

Esta estación posee varios actuadores con tecnología neumática. La tarea específica es la de detectar el material al ingreso y trasladarlo hacia la estación de verificación. La Figura 1.2 también muestra un panel de control el mismo que

contiene botones para un determinado uso y borneras para comunicación bit a bit con otras estaciones de trabajo [3], [4].



Figura 1.2 Estación de distribución
Fuente: [5].

1.3 ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN.

Esta estación se encarga de verificar el material entregado por la estación de distribución, cuenta con un PLC S7-300 para el control lógico y varios actuadores neumáticos que interactúan con un juego de sensores con diversas características [6]. La Figura 1.3 muestra la estructura física de la estación de verificación.

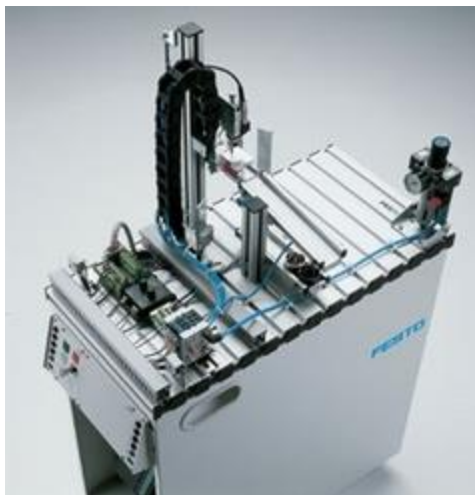


Figura 1.3 Estación de verificación
Fuente: [5].

La estación de verificación puede discriminar el material de trabajo atendiendo al color (negro o no negro) y a la altura de la pieza [6]. El material seleccionado como apto puede ser entregado a los pallet que circulan por la estación de transporte.

Al igual que la estación de distribución, esta estación cuenta con botones de uso específico los mismos que están conectados a las entradas del PLC, de igual manera se cuenta con botoneras para la comunicación bit a bit. La Figura 1.4 muestra conexión entre la bornera de la estación de distribución y la estación de verificación. Las conexiones de la Figura 1.4 son necesarias siempre que se requiera transmitir información bit a bit entre ambos PLCs de la estación [4].



Figura 1.4 *Conexión física entre la estación de distribución y la estación de verificación*
Fuente: Autores.

1.4 ESTACIÓN DE MANIPULACIÓN.

Esta estación posee un brazo neumático de dos grados de libertad gobernado por un PLC S7-300. El objetivo de esta estación es extraer las piezas que circulan en el pallet, provenientes de las dos primeras estaciones y ubicarlas en la estación de proceso [7]. La Figura 1.5 muestra la estructura física de esta estación.



Figura 1.5: *Estación de manipulación.*
Fuente: [5].

1.5 ESTACIÓN DE PROCESO.

La estación de proceso se encarga de recibir las piezas provenientes de la estación de manipulación. En esta estación se simula el mecanizado de la pieza mediante una prensa y un taladro eléctrico [8]. Posee seis posiciones de trabajo gobernadas por un servomecanismo. Toda la estación es controlada por un PLC S7-300. Al igual que las demás estaciones existe la posibilidad de comunicación bit a bit con las demás estaciones [4]. La Figura 1.6 muestra la estructura física de la estación de proceso.



Figura 1.6 Estación de proceso.
Fuente: [5].

1.6 ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO DE IMAGEN.

Esta estación se encarga de verificar el estado de las piezas, utiliza un interface de software que procesa la imagen proveniente de la cámara para realizar un control de calidad. La Figura 1.7 muestra la estructura física de esta estación [1].



Figura 1.7 Estación de procesamiento de imagen.
Fuente: [1].

En la estación de procesamiento no se realiza la discriminación, pues la validación o no del producto es enviada a manera de información a la estación de ensamble con brazo robot. Este brazo es el que actúa desechando las piezas malas y colocando en línea de producción las de buena calidad.

1.7 ESTACIÓN DE ENSAMBLE CON BRAZO ROBOT MITSUBISHI RV-2AJ.

Esta estación se encarga del ensamblaje del producto, está constituida por un brazo robot MITSUBISHI RV-2AJ y un conjunto de sensores y actuadores [9].

El brazo robot de seis grados de libertad puede ser utilizado para diversas aplicaciones, para ello se cuenta con una plataforma de programación la misma que está instalada en el computador de la célula [9], [10]. La Figura 1.8 muestra una vista panorámica de esta estación.



Figura 1.8 Estación de ensamble con brazo robot
Fuente: [5].

Como accesorios de esta estación se tiene un controlador CR1-571 y un Teaching Pendant R28-TB [10]. Estos accesorios se muestran en la Figura 1.9



Figura 1.9 Accesorios para el brazo robot MITSUBISHI RV-2AJ
Fuente: [10].

El Teaching Pendant sirve para indicar al robot las posiciones; tiene una pantalla que facilita la programación y el control del robot. En su parte posterior cuenta con un interruptor de hombre muerto (Deadman switch) su funcionamiento se puede evidenciar cuando se presiona ligeramente el interruptor mientras el motor está encendido, luego si el interruptor se suelta repentinamente o es presionado con fuerza el motor se apaga [9].

1.8 ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO.

Esta estación cuenta con un brazo robot cartesiano de tres grados de libertad accionado por servomotores cuyo control es realizado por un PLC S7-300. Esta estación se encarga de almacenar el producto y bajo las condiciones de demo entrará a funcionar solamente cuando la estación de selección se encuentre llena [1]. La Figura 1.10 muestra una vista panorámica de esta estación.



Figura 1.10 Estación de almacenamiento
Fuente: [1].

1.9 ESTACIÓN DE SELECCIÓN.

Permite la clasificación del producto terminado. Se puede clasificar las piezas en 3 deslizadores, según las características de las piezas (negras y no negras). Esta estación está controlada por un PLC S7-300 y cuenta con una serie de sensores y actuadores de tipo neumático [11]. La Figura 1.11 muestra la estructura física de esta estación.



Figura 1.11 *Estación de selección*
Fuente: [5].

1.10 ESTACIÓN DE TRANSPORTE.

Puede controlar el flujo de material y todas las estaciones conectadas alrededor del sistema. Está conformada por 2 bandas de 3 metros y dos bandas de 60 centímetros formando un rectángulo [1]. La Figura 1.12 muestra la estructura física del sistema de transporte.

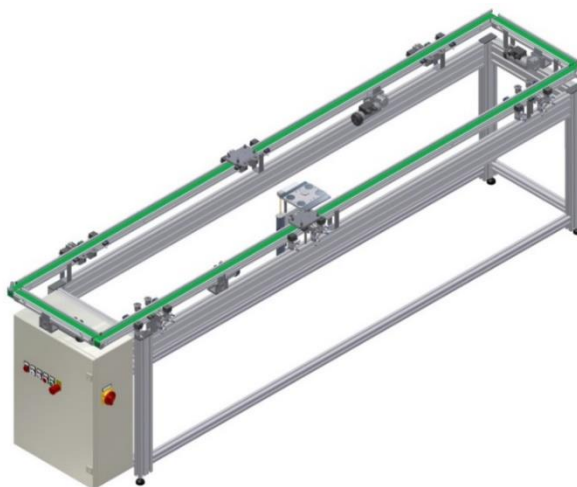


Figura 1.12 *Estructura física del sistema de transporte*
Fuente: [12].

El sistema de transporte tiene al menos seis posiciones de operación, todas las posiciones están listas para conectar cualquier estación que se desee. Las posiciones de operación están conectadas con el control principal a través de una red industrial AS-i [12]. La velocidad del sistema de transporte puede ser modificada porque el sistema cuenta con una variador de frecuencia para motores de CA [12].

Este sistema cuenta con un gabinete donde se encuentran los dispositivos de alimentación y control (Véase la Figura 1.13).



Figura 1.13 *Gabinete de control para el sistema de transporte*
Fuente: Autores.

Esta estación cuenta con un PLC SIEMENS S7. En la cara frontal del gabinete se ubica un panel donde se pueden distinguir un conjunto de botones los mismos que sirven para arrancar y detener el sistema de forma normal y de forma abrupta ante condiciones no deseadas [12].

En caso se requiera los botones del panel pueden ser utilizados de acuerdo a las necesidades del usuario ya que cada uno de estos están conectados a una entrada del PLC. Para el funcionamiento en modo demo cada uno de estos botones cumple una tarea específica. El paro de emergencia no posee conexión al PLC, cuando este es activado actúa suspendiendo la alimentación eléctrica al sistema. La Figura 1.14 muestra los botones del panel de control.



Figura 1.14 *Botones del panel de control del sistema de transporte*
Fuente: Autores.

1.11 CONCEPT TURN55.

La célula MPS-500 cuenta complementariamente con un torno de control numérico, el cual en condiciones de demo forma parte del proceso de fabricación, en este modo trabaja conjuntamente con el brazo robot MITSUBISHI y simula el mecanizado de una pieza. Sin embargo al ser un dispositivo real, este puede ser

usado en diversas aplicaciones y posee un conjunto de accesorios para la fabricación de piezas [13]. Además cuenta con un teclado propio el cual permite controlarlo de forma manual [14]. La Figura 1.15 muestra una vista panorámica de esta máquina de control numérico.



Figura 1.15 *Concept Turn55*
Fuente: [14].

CAPÍTULO 2: HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

2.1 STEP 7.

STEP 7 es un software de SIMATIC para la programación de los equipos SIMATIC S7-300 y S7-400. Los programas principales para el PLC se desarrollan en KOP, FUP o AWL, además se pueden crear funciones en SCL, GRAFCET (GRAPH), CFC [15].

2.1.1 ESTRUCTURA DE LOS PROGRAMAS PARA UN AUTÓMATA PROGRAMABLE.

Un proyecto enfocado en la programación de un autómata programable se estructura en tres *unidades de organización de programa* en inglés Program Organization Unit (POU). Según la norma IEC 61131 elaborada por la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission) las tres unidades son: la función (FC), el bloque funcional (FB) y el programa [16].

- **La función (FC):** es un bloque organizacional cuya salida es un dato simple o una matriz, son rutinas usadas frecuentemente para la programación de funciones trigonométricas, límites, entre otros [16].

- **El bloque funcional (FB):** es un bloque que posee su estructura predefinida y es característico de la programación de los autómatas programables. A este tipo de bloques pertenecen los temporizadores y contadores [16].
- **El programa:** es el conjunto de instrucciones lógicas y de lenguaje para el control de un autómata programable [16].

2.1.2 ADMINISTRADOR SIMATIC.

Administrador SIMATIC (SIMATIC Manager) es la interfaz integrada en STEP7 que sirve para la organización de los datos, programación y configuración del proyecto. La ventana principal del Administrador posee una barra de herramientas con opciones como abrir, crear u organizar proyectos, cargar la programación y configuración al PLC, entre otros [15]. La Figura 2.1 muestra la ventana principal del Administrador SIMATIC.

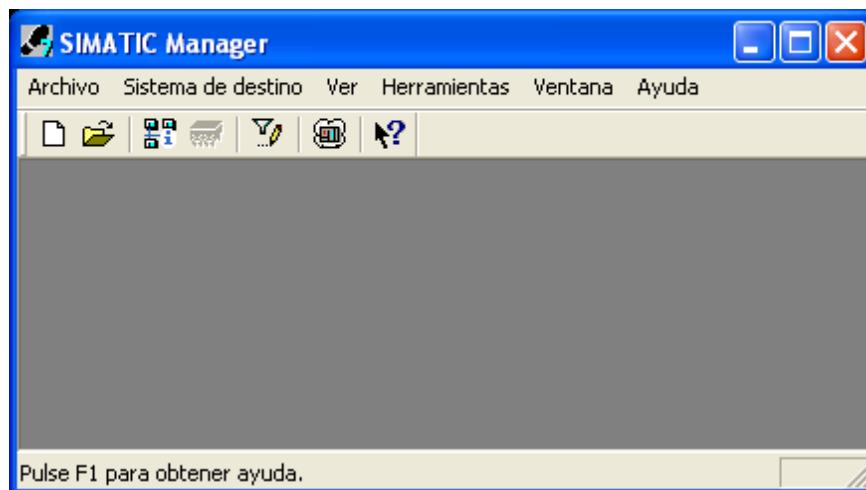


Figura 2.1 Ventana principal de SIMATIC Manager

Fuente: Autores.

2.1.3 ESTRUCTURA DE LOS PROYECTOS.

La ventana principal de un proyecto creado en Administrador SIMATIC permite visualizar los componentes que lo integran, en el lado izquierdo presenta su estructura en forma de árbol de directorio, mientras que en el derecho se encuentra el contenido de cada carpeta [17]. La Figura 2.2 muestra la carpeta principal “Proyecto” con la estructura descrita a continuación:

- **SIMATIC 300:** contiene la información de la configuración del hardware.

- **CPU:** posee el programa STEP 7 y los elementos que forman parte de la red.
- **Programa S7:** aquí se encuentran los programas de usuario, las tablas de símbolo y las fuentes.

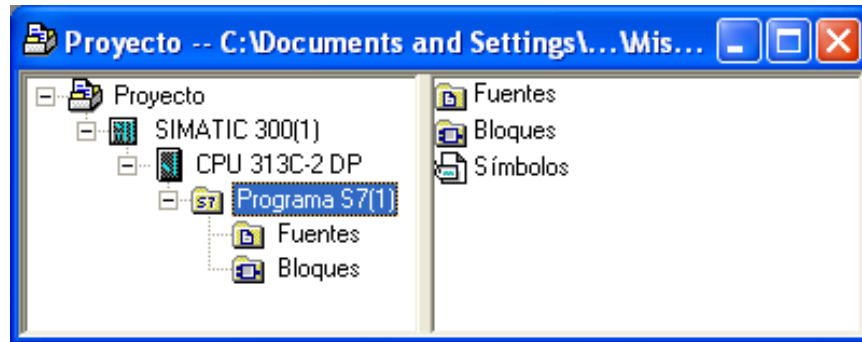


Figura 2.2 Ventana principal de un proyecto STEP7

Fuente: Autores.

2.1.4 TIPOS DE PROGRAMAS EN STEP 7.

En la CPU de los proyectos desarrollados mediante STEP7 se ejecutan principalmente dos programas, el del sistema operativo y el del usuario [18].

- **El programa del sistema operativo:** gestiona las funciones y procesos que no están ligadas a tareas específicas de las CPUs que integran el proyecto. Se encarga de tareas como el arranque normal y completo, la actualización de las imágenes de entrada y salida, llamada al programa de usuario, detección de alarmas y errores, administración de áreas de memorias, comunicación entre otras unidades de programación [18].
- **El programa de usuario:** es el programa que elabora el desarrollador y posteriormente se carga en el PLC. En el programa de usuario se define las condiciones de arranque del sistema, además se maneja los datos del proceso tales como la lectura y evaluación de las señales de entrada y salida de un autómata programable. Otra tarea del programa de usuario es reaccionar ante las alarmas y perturbaciones que se presenten durante la ejecución de los procesos de automatización [18].

2.1.5 BLOQUES DEL PROGRAMA DE USUARIO EN STEP 7.

El programa de usuario está organizado en varios tipos de bloques según las tareas asignadas, tal como se describe a continuación:

- **Bloques de organización (OB):** define la estructura de un programa de usuario y lo comunica con el sistema operativo [18].
- **Bloques de función del sistema (SFBs) y funciones del sistema (SFCs):** permiten el acceso a las funciones del sistema, debido a que pertenecen al CPU no se cargan como parte del programa principal desarrollado [18].
- **Bloques de función (FB):** son bloques programables que disponen de un bloque de datos asignado para memoria [18].
- **Funciones (FC):** por lo general son rutinas programables que se utilizan reiteradamente durante el desarrollo de la programación del autómata [14].
- **Bloque de datos de instancia (DBs de instancia):** son bloques que se generan automáticamente cuando se compila un programa [18].
- **Bloques de datos:** almacenan los datos de usuario para utilizarlos desde otros bloques y no contienen instrucciones STEP 7 [18].

2.2 WIN CC.

2.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.

Windows Control Center (WinCC) es un paquete de software de tipo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), por ende está orientado hacia la supervisión y control de sistemas de automatización [18].

WinCC permite observar los procesos mediante gráficos representativos en una pantalla que se actualiza cada cierto tiempo de tal manera que es posible visualizar los cambios durante el transcurso del proceso, así también, permite el control de la operación de elementos como los actuadores [18].

En cuanto a la supervisión del funcionamiento de los procesos, en WinCC es posible programar alarmas en caso de presentarse un error o perturbación, además, facilita la documentación gracias a su función de archivar los procesos [18].

2.2.2 COMPONENTES DE WINCC.

El manejo de los proyectos se realiza a través de la interface *WinCC Explorer*. La Figura 2.2.2.1 muestra la ventana principal de WinCC Explorer.

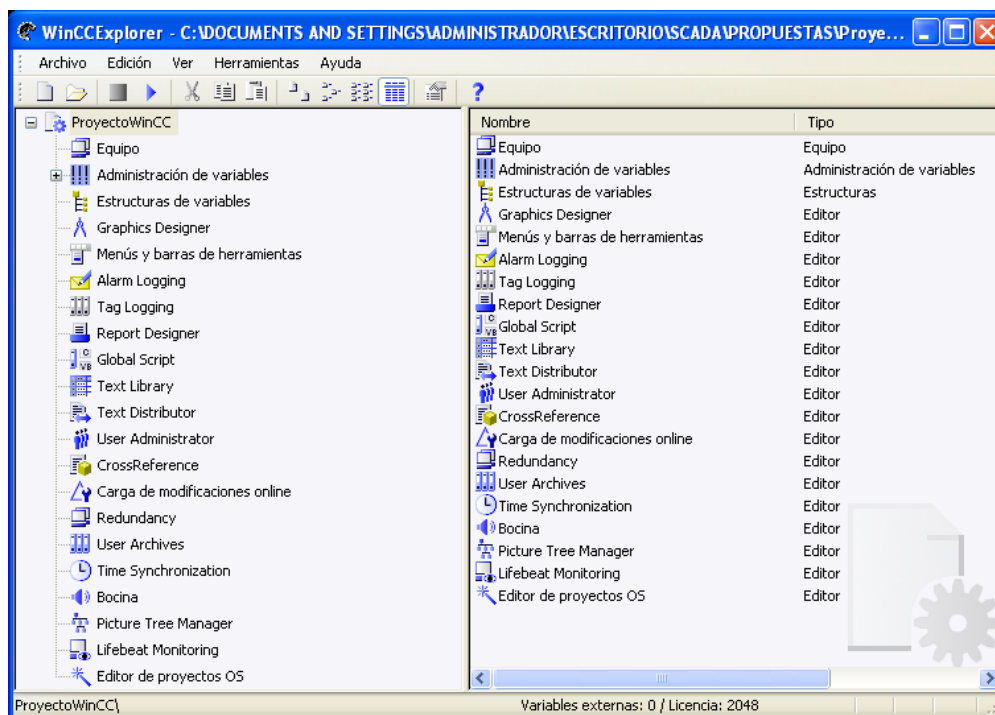


Figura 2.3 Ventana principal de WinCC Explorer

Fuente: Autores.

A continuación se describe de manera breve los seis principales editores dentro de un proyecto desarrollado mediante la interface de WinCC Explorer.

- **Graphics Designer:** permite la creación, configuración y edición de pantallas con objetos para la monitorización de procesos, además posee el componente denominado *Graphics Runtime* que sirve para la visualización de las pantallas en tiempo de ejecución [19].

En el diseño de una pantalla es necesario añadir suficientes elementos con el propósito de lograr una interface amigable y funcional. Para ello WinCC cuenta con diversas opciones, tales como objetos estándar (líneas, polígonos, elipse, rectángulos, textos estáticos), elementos inteligentes (pantallas, ventanas de imagen), objetos de ventana (botones, casillas de verificación, deslizadores), objetos de control como por ejemplo los controles ActiveX [19].

- **Alarm Logging:** es el editor de los mensajes para la monitorización de los procesos. Admite la configuración de dos tipos de mensajes, “Bit messages” (mensajes de Bit) y “Analog messages” (mensajes analógicos). Los *mensajes de bit* muestran los cambios de estado mientras que los *mensajes analógicos* presentan valores límites no archivados o incorrectos [19].
- **Tag Logging:** su función es el manejo de la configuración para el sistema de registro de datos. El Tag_Logging se ocupa de tareas como definición de los ciclos de adquisición y archivado, especificación de la manera en la cual serán archivados los valores del proceso, entre otras [19].
- **Report Designer:** forma parte del sistema de reportes encargado de documentar los datos de configuración y el tiempo de ejecución, además contiene los diseños y los trabajos de impresión [19].
- **Report Designer:** cuenta con plantillas de diseños y trabajos de impresión editables, sin embargo, también brinda la posibilidad de crear nuevos diseños y trabajos de impresión para adaptarse a los parámetros del usuario [19].
- **User Administrator:** administra los usuarios y los derechos de usuario [19].
- **Tag management:** su función es comunicar a WinCC con el sistema de automatización, además se usa para crear y configurar todas las etiquetas y canales [19].

2.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.



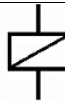
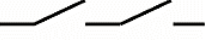
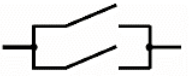
2.3.1 KOP.

KOP del alemán “Kontakts Plan” llamado también diagrama de escalera o “Ladder Diagram” en inglés, es un sistema de programación utilizado en STEP7 que basa su lógica de control en los esquemas de contactos eléctricos [16].

El lenguaje de programación KOP es indicado especialmente para personas que estén acostumbrados a la lógica de los esquemas de circuitos electromecánicos, constituidos por contactos NA o NC, bobinas, entre otros [16].

Los símbolos usados para representar los elementos en los esquemas eléctricos difieren de los símbolos para un esquema KOP, además, los esquemas eléctricos son desarrollados verticalmente mientras que las instrucciones del lenguaje KOP se muestran horizontalmente [20]. La Tabla 2.1 muestra la representación usada en cada esquema.

Tabla 2.1 Representación de símbolos para esquemas [20].

Denominación	Símbolo en esquema eléctrico	Representación en KOP o Ladder
Contacto normalmente abierto (NA)		$\text{—} \text{—}$
Contacto normalmente cerrado (NC)		$\text{—} /\text{—}$
Bobina		$\text{—}()$
Contactos en serie		$\text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—}$
Contactos en paralelo		$\begin{array}{c} \text{—} \text{—} \\ \\ \text{—} \text{—} \end{array}$

2.3.2 GRAFCET.

Grafcet del acrónimo en francés Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition (Gráfico funcional de control de Etapas y Transiciones) es un método gráfico para programar un automatismo o PLC [20]. La Figura 2.4 presenta los elementos de la estructura en un diagrama Grafcet.

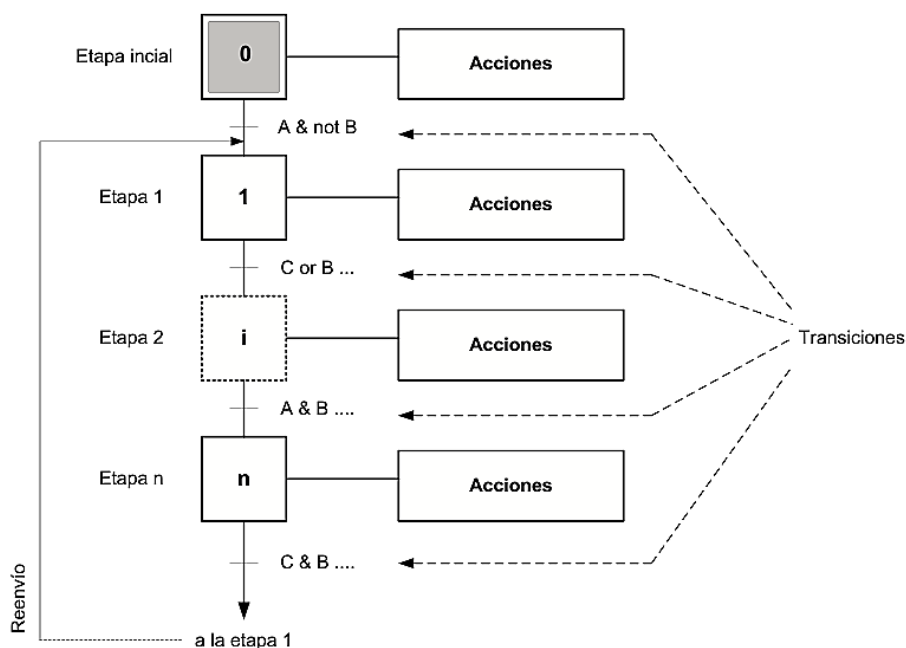


Figura 2.4 Componentes de un diagrama Grafcet
Fuente: [20].

Las instrucciones modeladas en Grafcet están organizadas por etapas, cada etapa cuenta con acciones y transiciones.

Las etapas se representan mediante cuadrados con un número en su interior para indicar el orden de ejecución, solamente la primera etapa se distingue de las otras ya que posee un cuadrado con doble línea para indicar el arranque de la secuencia [20].

Las acciones se describen en rectángulos colocados a la derecha de la etapa en la que intervendrán [6]. En los diagramas realizados mediante STEP 7 se pueden establecer acciones como S (el operando se pone a 1) o R (el operando se pone a cero).

Las transiciones se colocan sobre las interconexiones entre cada etapa y establecen las condiciones lógicas que se deben cumplir para culminar la actividad de una etapa y continuar a la siguiente [20]. En STEP las condiciones pueden determinarse mediante elementos KOP.

Una etapa se une con una transición mediante líneas orientadas denominados arcos, estas líneas poseen flechas para indicar su dirección que generalmente es de abajo hacia arriba [20].

La Figura 2.5 muestra un diagrama GRAFCET desarrollado en STEP 7, cuenta con una etapa inicial “S1” con la acción “S” para la variable “PISTON” y condición de un contacto de inicio “START” (Contacto NA) para una continuar a la siguiente etapa “S2”.

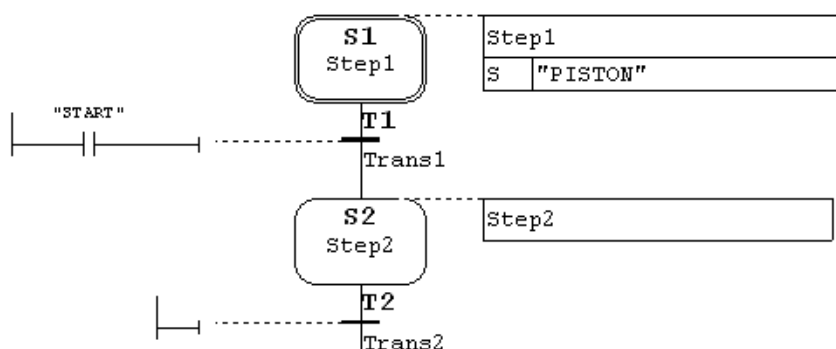


Figura 2.5 Ejemplo de diagrama Grafcet realizado en el software STEP7
Fuente: [Autores].

2.3.3 SCL.

SCL del inglés *Structured Control Language* (Lenguaje de control estructurado) es un lenguaje textual de alto nivel para la programación de PLCs de la línea SIMATIC S7. Contiene elementos del lenguaje de programación PASCAL y otros como entradas, salidas, contadores que son característicos para los PLCs [21].

SCL se utiliza especialmente para programar algoritmos complejos o funciones matemáticas, además para el manejo de datos y recetas, y para la optimización de los procesos [21].

SCL para SIMATIC S7 cuenta con tres componentes principales: un editor, un compilador por lotes y un depurador.

- **El editor:** sirve para la elaboración y edición del código fuente mediante el cual se pueden crear funciones, bloques de organización y tipos de datos de usuario [21]
- **El compilador:** sirve para compilar el código [21].
- **El depurador:** permite buscar errores en el código de programación [21].

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE APLICACIONES

3.1 LEVANTAMIENTO DE SEÑALES.

Antes de iniciar con la programación y desarrollo de las aplicaciones para las estaciones de distribución, verificación, proceso, manipulación y selección de la célula MPS-500, es imprescindible conocer las señales de entrada y salida que serán gobernadas por el PLC instalado en cada una de ellas, pues esto servirá como base para la familiarización con los sensores y actuadores que forman parte de las estaciones.

Existen dos maneras de conocer las señales de entrada y salida de una estación: mediante la caja de simulación o mediante la conexión a un computador con el software STEP7.

3.1.1 MANEJO DEL EQUIPO SIMULADOR.

La caja de conmutación es un instrumento desarrollado por FESTO que permite visualizar y accionar las señales digitales de 24 VCC de un PLC [22]. La Figura 3.1 muestra el conjunto de, la caja de simulación junto a su cable de datos y cable de alimentación.

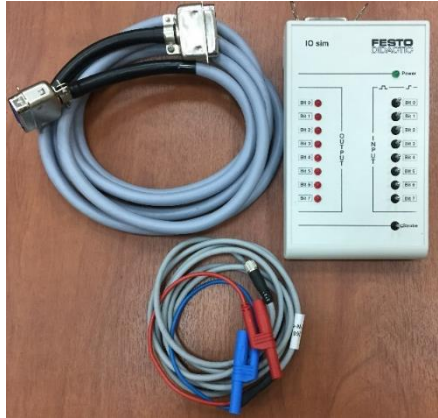


Figura 3.1 Caja de simulación FESTO.

Para iniciar el reconocimiento de las señales de entrada y salida, es necesario alimentar la caja con una fuente de 24VCC además se debe conectar el cable de datos syslink al PLC que gobierna la estación.

Una vez conectado, es posible verificar la correspondencia entre entrada-salida en la estación mediante el accionamiento manual de los interruptores de la caja de simulación marcados con el bit 0 al bit 7; por otra parte, los LEDs marcados con el bit 0 al bit 7 muestran el estado de los sensores. Todo esto permite conocer en que bits se encuentran configurados los actuadores y sensores de la estación.

El procedimiento para el uso y levantamiento de las señales mediante la caja de simulación se encuentra en el apéndice C.

3.1.2 CONEXIÓN A UN COMPUTADOR CON SIMATIC MANAGER.

El procedimiento utilizado para el levantamiento de las señales de una estación usando un computador, sirve también como paso inicial para la familiarización con el software STEP 7, puesto que primero es necesario establecer la comunicación entre el PLC y un computador para luego realizar el reconocimiento de las señales de entrada y salida.

Para establecer la comunicación entre el PLC y un computador en primer lugar se debe crear un nuevo proyecto en la ventana principal del “Administrador SIMATIC” de STEP7 tal como lo muestra la Figura 3.2.

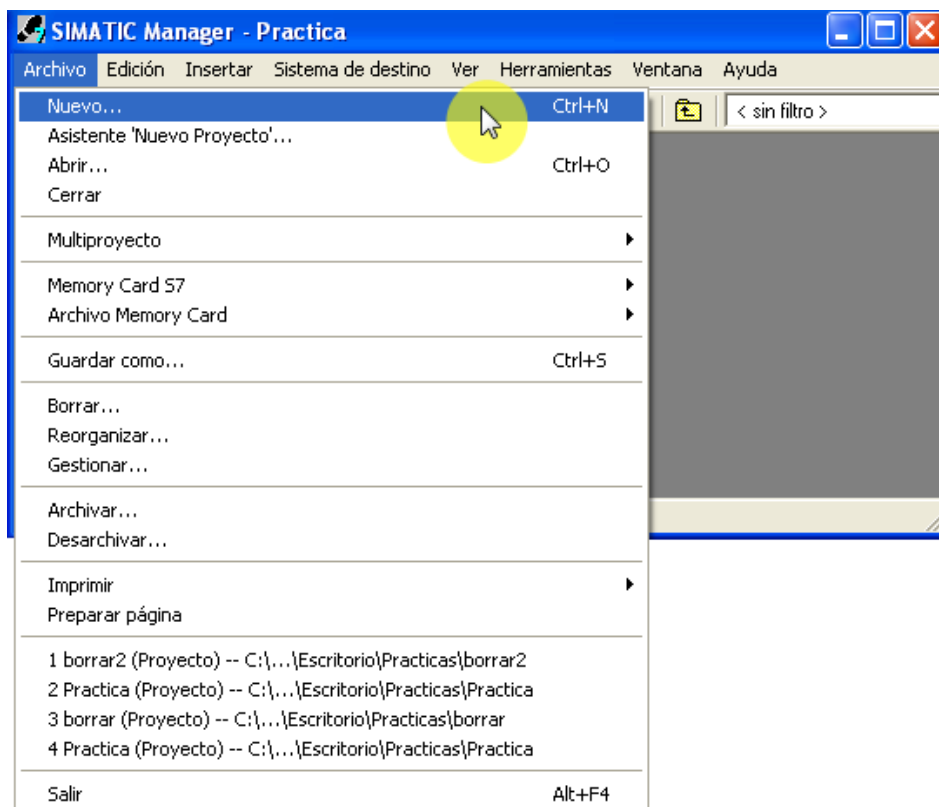


Figura 3.2 Creación de un nuevo proyecto.

Luego de crear el proyecto se procede a añadir el equipo, para las estaciones de la célula MPS-500 es necesario incorporar el SIMATIC 300 tal como lo muestra la Figura 3.3.

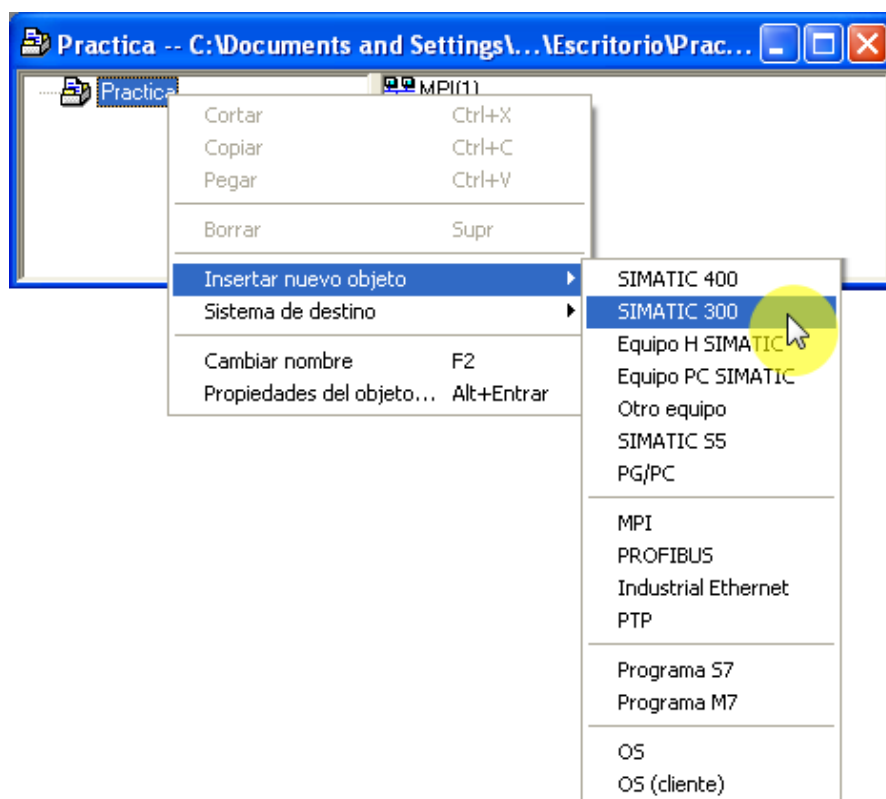


Figura 3.3 Adición del equipo SIMATIC 300 al proyecto.

A continuación es necesario establecer el hardware que formará parte del proyecto, esto básicamente consiste en añadir el PLC y configurar sus propiedades, una de las tareas que se llevan a cabo en la configuración del hardware del PLC es la adición de un CPU. Para acceder a la ventana de configuración se debe hacer doble clic sobre la opción “Hardware” mostrada en la Figura 3.4.

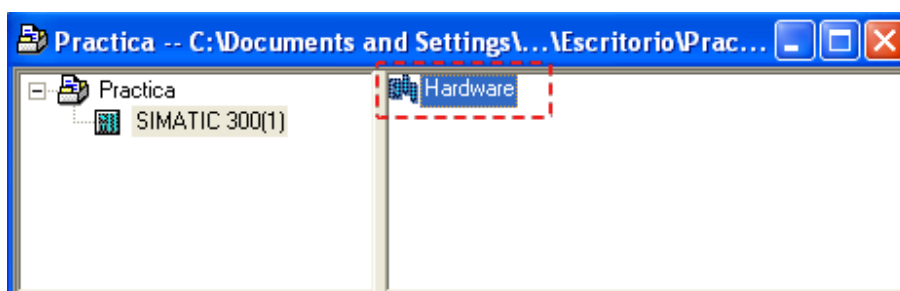


Figura 3.4 Acceso a la ventana de configuración de hardware.

La CPU indicada para el PLC de las estaciones es el **CPU 313C-2 DP** cuyo código de referencia es el **6ES7 313-6CF03-0AB0** con el firmware **V2.0**. La Figura 3.5 muestra la ventana de configuración de hardware para añadir un CPU con las características requeridas.

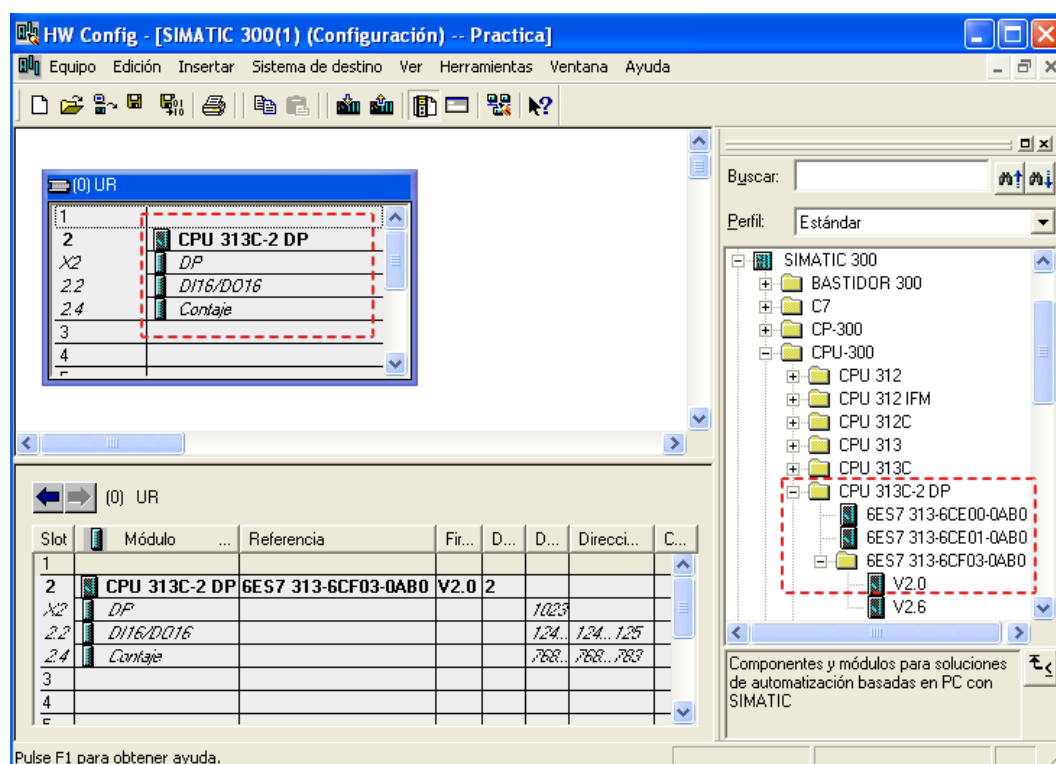
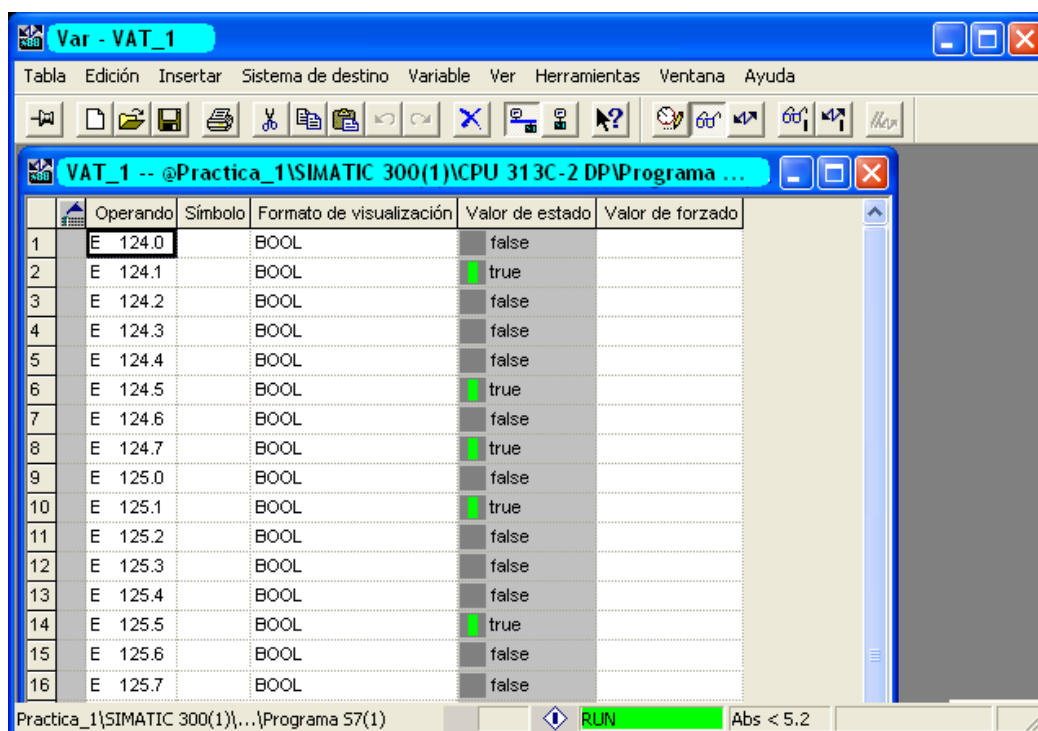


Figura 3.5 Ventana de configuración de hardware.

Luego de realizar cualquier modificación al hardware del PLC es necesario guardar y compilar los cambios para que estos se apliquen al proyecto. Los detalles sobre la configuración se encuentran en el apéndice C.

Una vez que el hardware ha sido configurado se requiere agregar una tabla de variables cuya función es mostrar la dirección asignada en el PLC además el valor de estado y forzado de las variables.

Finalmente para realizar el reconocimiento de las señales se debe conectar el PLC al computador mediante el adaptador USB para MPI. Una vez que se ha establecido el enlace, basta con observar la tabla de variables creada para lograr identificar las señales de entrada y salida, es decir conocer las direcciones de los sensores y actuadores que forman parte de una estación. La Figura 3.6 presenta una tabla de variables que muestra el estado las señales de un PLC, es ella se observa que las señales con las direcciones E124.0, E124.1 E124.5, E124.7, E125.1 y E125.5 están activas.



	Operando	Símbolo	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado
1	E 124.0		BOOL	false	
2	E 124.1		BOOL	true	
3	E 124.2		BOOL	false	
4	E 124.3		BOOL	false	
5	E 124.4		BOOL	false	
6	E 124.5		BOOL	true	
7	E 124.6		BOOL	false	
8	E 124.7		BOOL	true	
9	E 125.0		BOOL	false	
10	E 125.1		BOOL	true	
11	E 125.2		BOOL	false	
12	E 125.3		BOOL	false	
13	E 125.4		BOOL	false	
14	E 125.5		BOOL	true	
15	E 125.6		BOOL	false	
16	E 125.7		BOOL	false	

Figura 3.6 Lectura del estado de las señales de un PLC.

Para mayor detalle del levantamiento de las señales de las estaciones mediante el computador referirse al apéndice C.

3.2 PROGRAMACIÓN Y DESCARGA.

3.2.1 PROGRAMACIÓN DEL BLOQUE DE ORGANIZACIÓN OB1.

El bloque de organización se crea automáticamente al momento de añadir el CPU del proyecto, pero es necesario configurar sus propiedades antes de iniciar con el desarrollo de su programación.

Para acceder al bloque de programación y abrir el editor se debe hacer doble clic sobre OB1 contenido dentro de la carpeta bloques del proyecto tal como se muestra en la Figura 3.7. Si es la primera vez que se ingresa al bloque OB1 de inmediato se presenta una ventana para la realizar la configuración de sus propiedades.

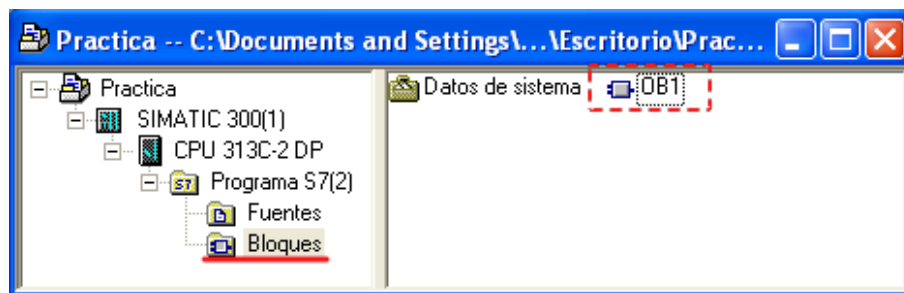


Figura 3.7 Acceso al bloque de organización OB1.

En la ventana de propiedades mostrada en la Figura 3.8 es posible elegir que lenguaje se utilizará para desarrollar los segmentos de programación del bloque, las opciones son KOP, AWL y FUP.

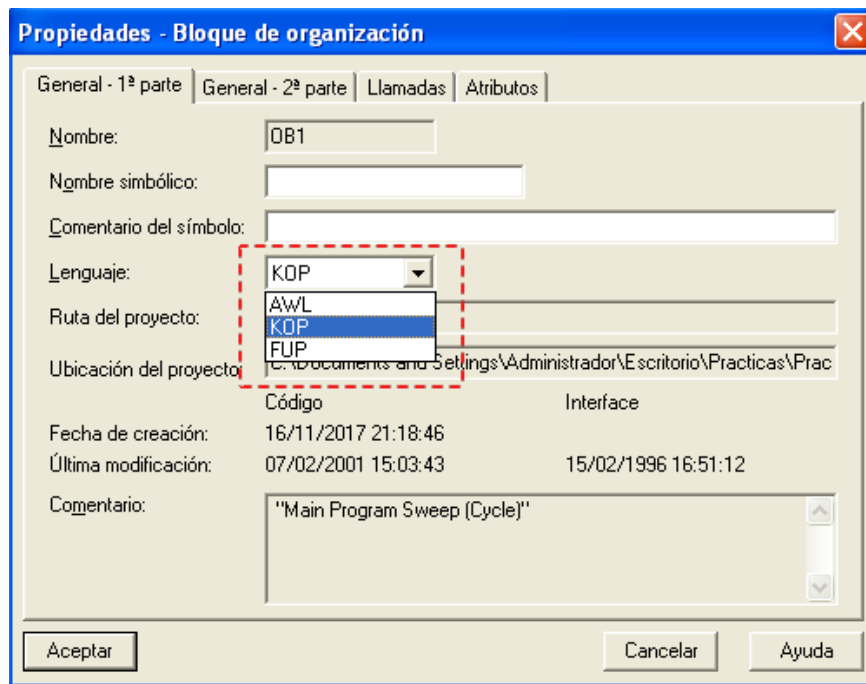


Figura 3.8 Ventana de propiedades del bloque de organización.

Luego de elegir el lenguaje para el bloque OB1 se abre el editor del bloque OB1 en donde se desarrolla la programación. La Figura 3.9 muestra la ventana del editor configurado para el lenguaje KOP.

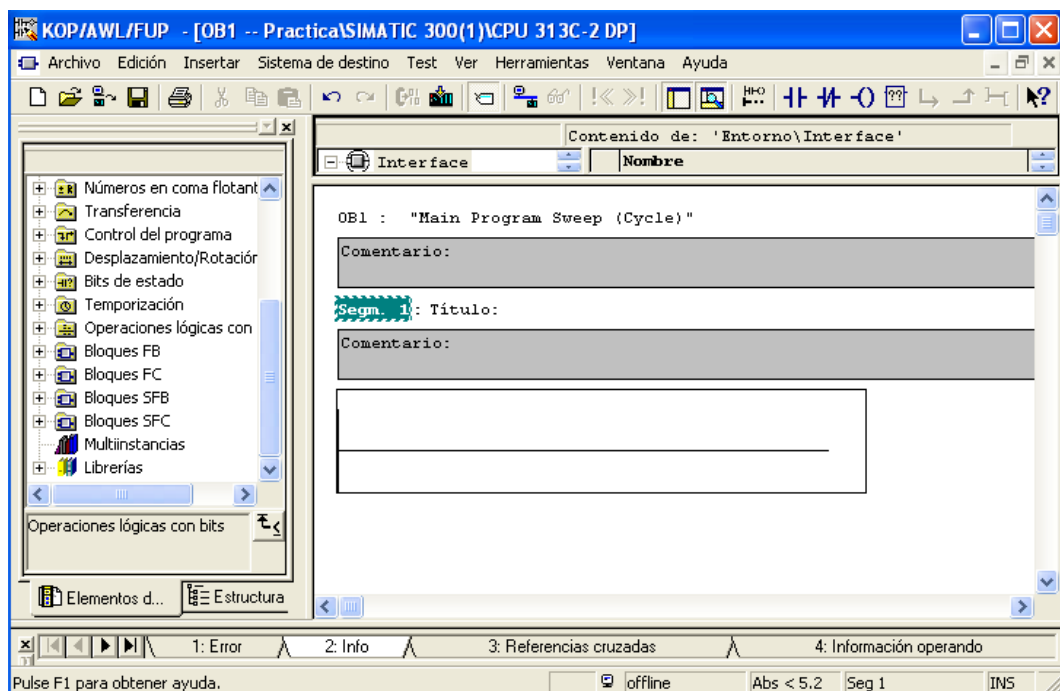


Figura 3.9 Ventana para programación del bloque OB1.

En los segmentos es posible añadir elementos dependiendo del lenguaje que se eligió por ejemplo para caso de KOP existen contactos, temporizadores, contadores entre otros, para añadirlos se debe dar clic sobre el elemento y luego

colocarlo sobre la parte del segmento en donde se desee posicionarlo. También a los segmentos se pueden añadir funciones y bloques de función.

3.2.2 PROGRAMACIÓN DE FUENTE SCL.

La fuente SCL permite la creación de bloques usando el lenguaje de control estructurado (SCL) mediante la elaboración de un código de programación en el editor SCL.

La fuente SCL se agrega como un objeto dentro de la carpeta de los programas desarrollados para un autómata programable tal como lo muestra la Figura 3.10.

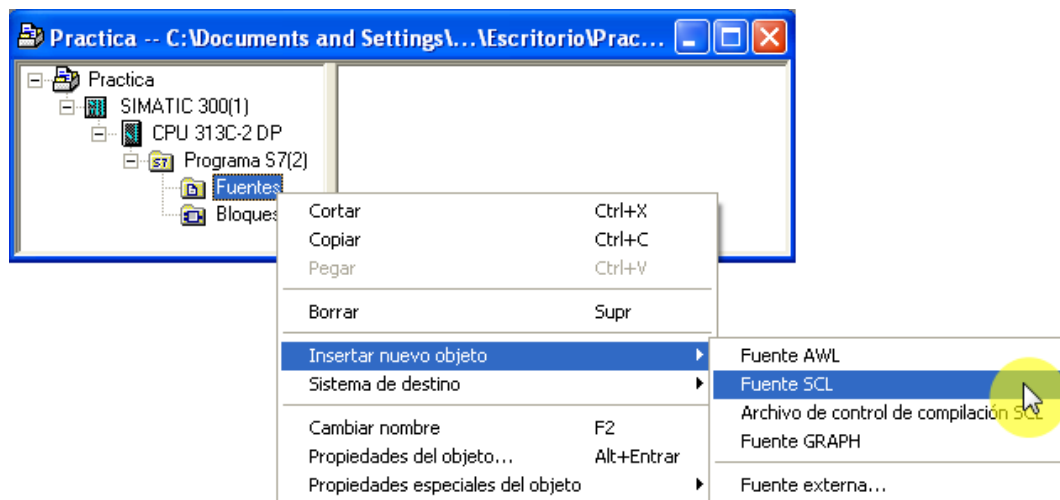


Figura 3.10 Adición de nueva fuente SCL.

Una vez añadida la fuente SCL, el desarrollador puede generar el código de programación dentro del editor; para ingresar al editor SCL basta con hacer doble clic sobre la fuente creada. La Figura 3.11 muestra la fuente agregada al proyecto.

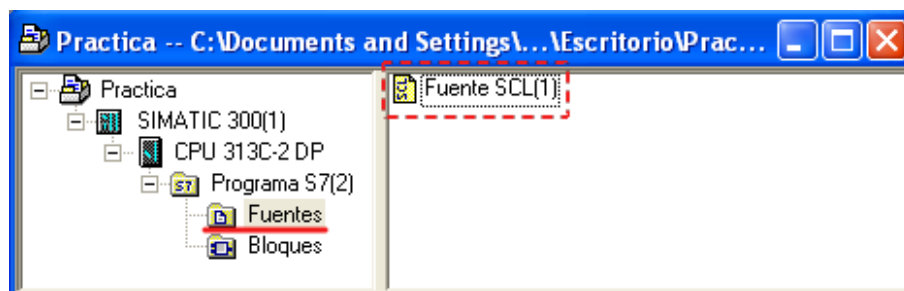


Figura 3.11 Nueva fuente SCL añadida al proyecto.

El editor SCL cuenta con herramientas para agilizar la elaboración del código, por ejemplo brinda la posibilidad de agregar plantillas para bloques de funciones y estructuras de control, en las plantillas se especifica detalladamente la estructura y los parámetros que se deben añadir para cumplir con la sintaxis de SCL.

Cabe destacar que luego de generar el código de programación es preciso guardar y compilar los cambios realizados en editor, este paso permitirá aplicar las modificaciones elaboradas en el código de la fuente, además permitirá crear y añadir automáticamente el nuevo bloque a la carpeta “bloques” del proyecto. La Figura 3.12 muestra un bloque de función FC1 añadido en la sección bloques que fue generado mediante la programación desarrollada en una fuente SCL. Para más detalles de la adición de una nueva fuente referirse al apéndice C.

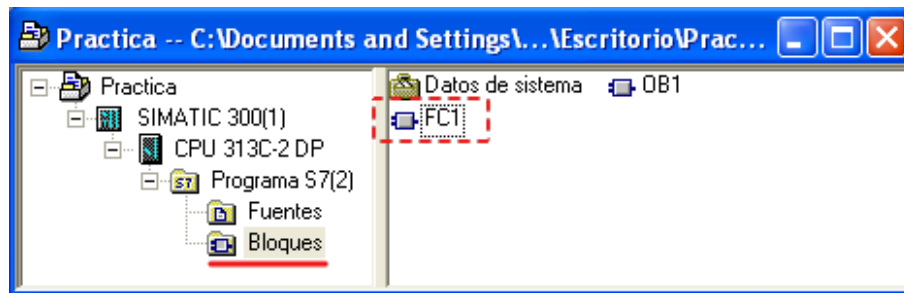


Figura 3.12 *Bloque de función SCL.*

3.2.2.1 Adición de bloques de función SCL al bloque de organización.

Los bloques de función generados mediante las fuentes SCL se encuentran en la sección bloques del proyecto, los nombres de los bloques de función poseen el prefijo FC tal como se mostró en la Figura 3.12.

Para agregar cualquier bloque de función en la programación del bloque de organización, como primer paso se debe acceder al editor del bloque OB1. Una vez abierto el editor, en el lado izquierdo de la ventana se encuentran las carpetas que contienen los elementos que pueden agregarse a los segmentos de programación incluyendo los bloques de función, tal como lo muestra la Figura 3.13.

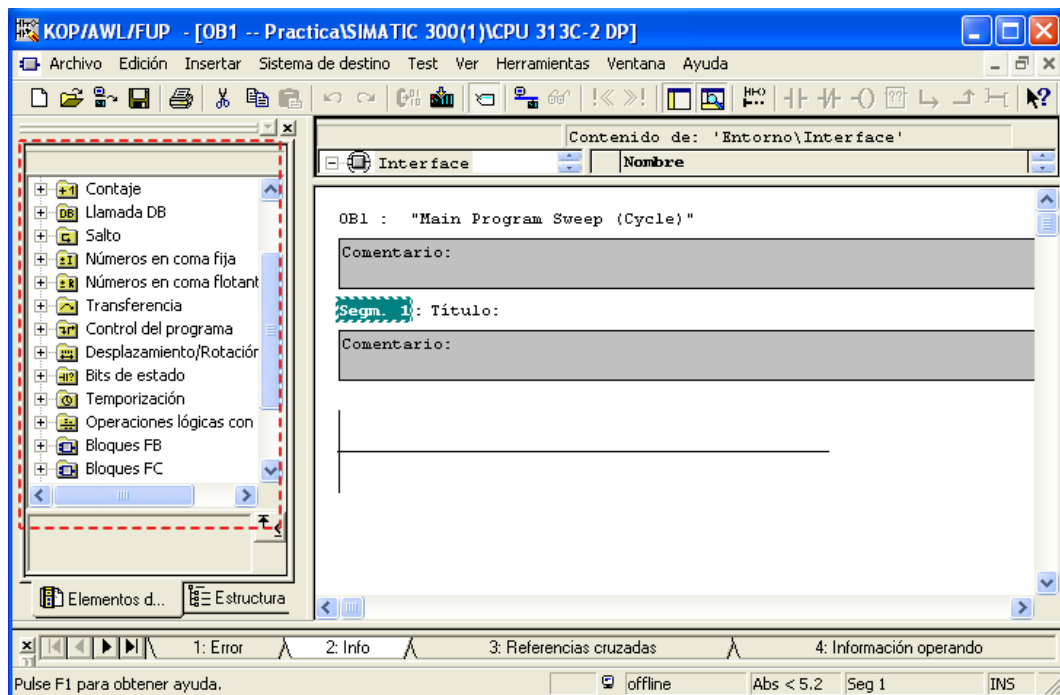


Figura 3.13 Carpetas con elementos para añadir a los segmentos del bloque OB1.

Para añadir el bloque función creado mediante la fuente SCL hay que desplegar las opciones de la carpeta BLOQUES FC, elegir el bloque y arrastrarlo para posicionarlo dentro del segmento. Los bloques mostrados tienen el mismo nombre que los mostrados en la ventana principal de proyecto. La Figura 3.14 muestra el contenido de carpeta de bloques de función para el proyecto, en donde se evidencia que aparece la opción FC1 que es el mismo nombre del bloque mostrado en la ventana principal del proyecto.

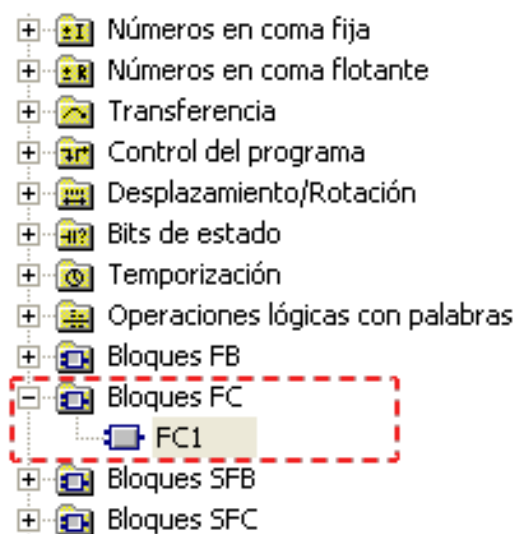


Figura 3.14 Adición de bloque de función SCL.

Los bloques de función añadidos en los segmentos de programación KOP se muestran como un rectángulo con el nombre tal como lo muestra la Figura 3.15.

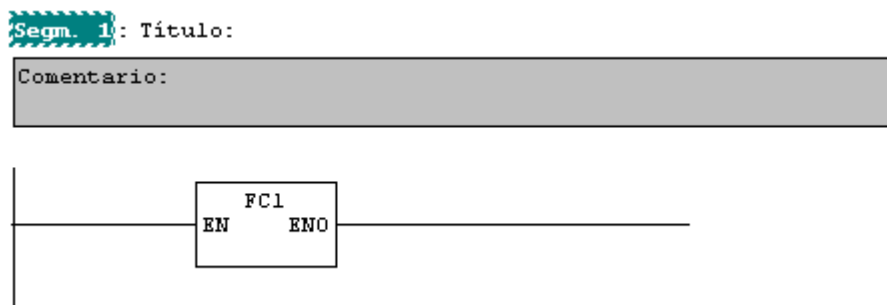


Figura 3.15 Segmento de programación KOP de bloque OB1 con un bloque de función.

3.2.3 PROGRAMACIÓN DE FUNCIÓN GRAFCET.

La elaboración de un diagrama Grafcet se realiza dentro de un nuevo bloque de función que debe ser agregado en la sección “Bloques” del programa para el autómeta, tal como se muestra en la Figura 3.16.

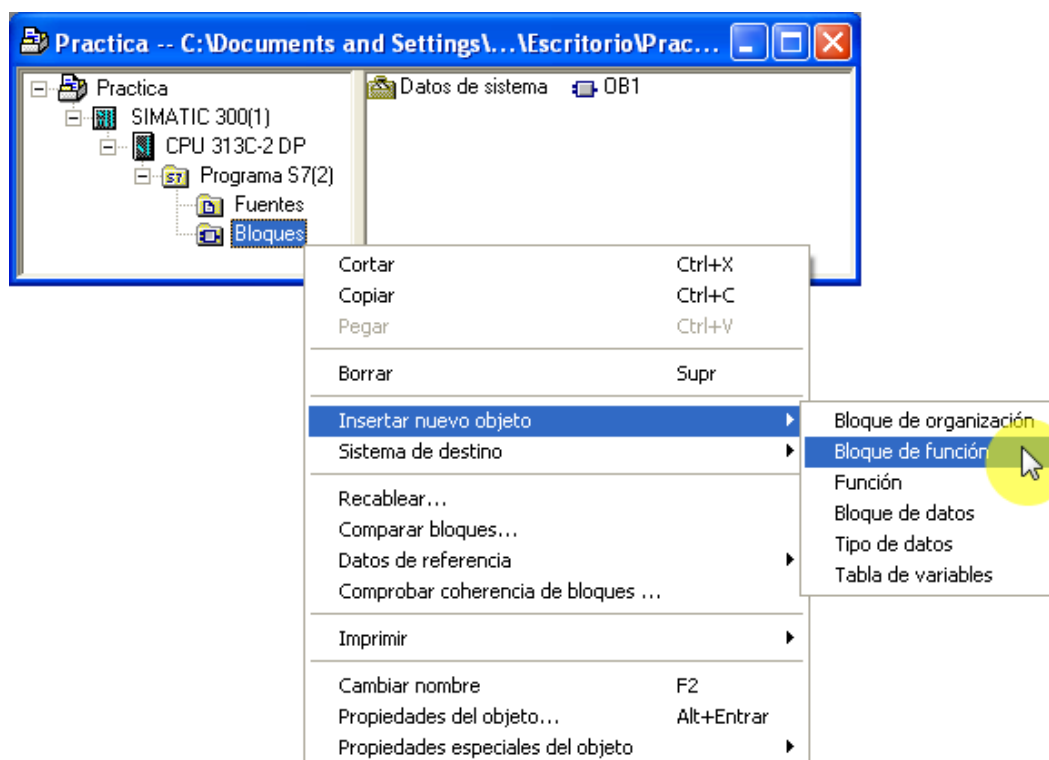


Figura 3.16 Adición de nuevo bloque de función.

El lenguaje que se utilizará en el bloque de función se configura en la ventana emergente de propiedades, tal como se muestra la Figura 3.17 existen cuatro opciones dentro de tipo de lenguaje: AWL, KOP, FUP y GRAPH (Grafcet).

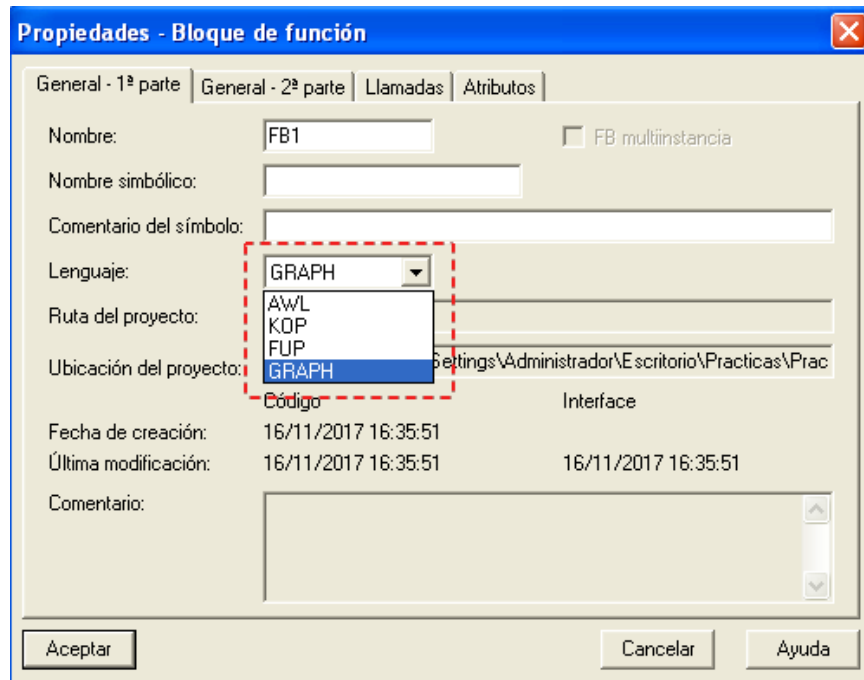


Figura 3.17 Ventana de propiedades del bloque de función.

Para abrir el editor Grafcet se debe hacer doble clic sobre el bloque de función agregado (véase la Figura 3.18), una vez dentro del editor es posible elaborar el diagrama Grafcet con elementos característicos como etapas, transiciones, ramas y saltos.

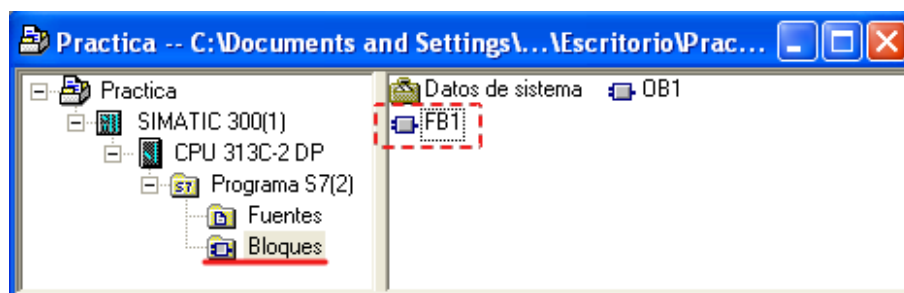


Figura 3.18 Nueva bloque de función Grafcet añadido al proyecto.

Para añadir nuevos elementos al diagrama se debe hacer clic derecho sobre la etapa o transición y seleccionar del menú emergente la opción adecuada, por ejemplo la Figura 3.19 muestra la manera en la cual se añade una “Acción” en la etapa 1.

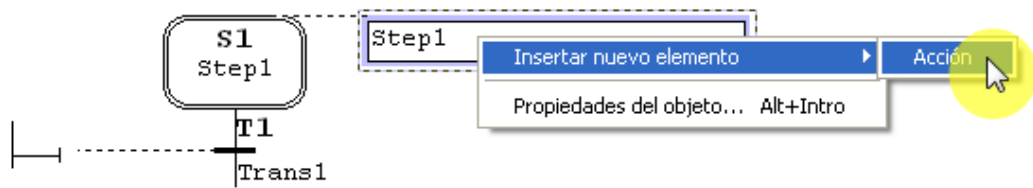


Figura 3.19 Agregar una acción en el diagrama Grafcet.

Todos los elementos que forman parte del diagrama poseen propiedades características, las cuales pueden ser modificadas según el criterio del desarrollador. Para cambiar las características se debe acceder a la ventana de propiedades de cada elemento dando clic derecho sobre el objeto, sin embargo también pueden modificarse haciendo clic sobre el objeto. Estos procedimientos se detallan el apéndice C.

Dentro del editor además se puede agregar una tabla de símbolos para asignar un nombre y colocar la dirección de las variables de entrada o salida que se utilizará en el desarrollo del diagrama. Este es un aspecto positivo, ya que si se eligen bien los nombres el diagrama será fácil de entender, ya que en lugar de colocar las direcciones de las variables se colocarán los símbolos (nombres). La Figura 3.20 muestra un ejemplo de tabla de variables que se puede elaborar dentro del editor.

Programa S7(1) (Símbolos) -- Practica\SIMATIC 300(1)\CPU 313C-2 DP					
	Estado	Símbolo ▲	Dirección	Tipo de datos	Comentario
1		INICIO	E 125.0	BOOL	Botón de Start en el panel de control
2		PARO	E 125.1	BOOL	Botón de Stop en el panel de control
3		CILINDRO	A 125.0	BOOL	Cilindro de estación de distribución
4					

Figura 3.20 Ejemplo de tabla de símbolos.

Luego, la Figura 3.21 muestra la utilización de un símbolo de la tabla dentro de una “Acción” del diagrama; en este caso la acción “R” indica que la variable “Cilindro” se debe poner en cero cuando se ejecute la etapa 1.

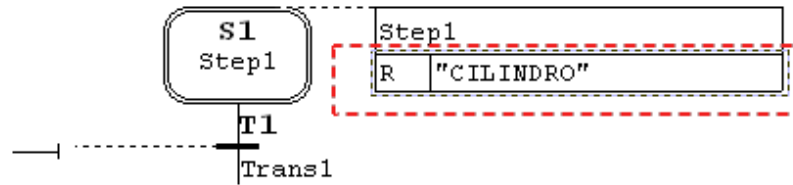


Figura 3.21 Uso de un símbolo dentro del diagrama Grafcet.

Por otra parte se pueden incorporar elementos de lenguaje KOP al esquema. En general este tipo de elementos se utilizan para añadir las condiciones de las transiciones entre cada etapa.

Luego de elaborar el diagrama Grafcet en el editor se deben guardar los cambios pues con esta acción se aplican los cambios y además se compila el código que dará origen a los nuevos bloques necesarios para que se ejecute el bloque de función Grafcet. La Figura 3.22 muestra el bloque FB1 que es el bloque Grafcet además se muestran FC72 (bloque de función), SFC64 (bloque de sistema) y DB1 (bloque de datos) que fueron generados tras guardar los cambios en el editor Grafcet.

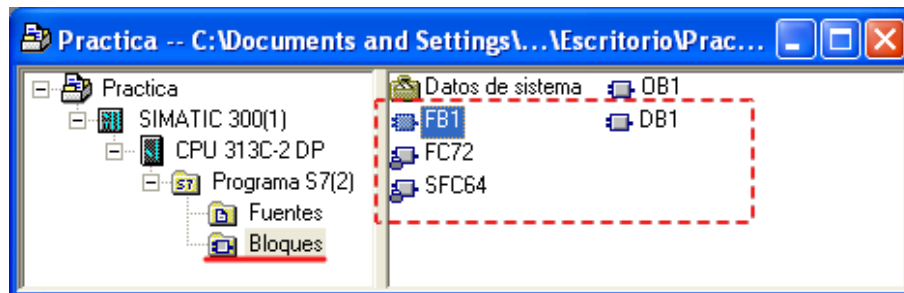


Figura 3.22 Bloques generados para Grafcet.

3.2.3.1 Adición de bloques de función Grafcet al bloque de organización.

Los bloques de función que contienen elementos del lenguaje Grafcet se encuentran en la sección bloques del proyecto, los nombres de los bloques de función poseen el prefijo FB tal como se muestra en la Figura 3.23.

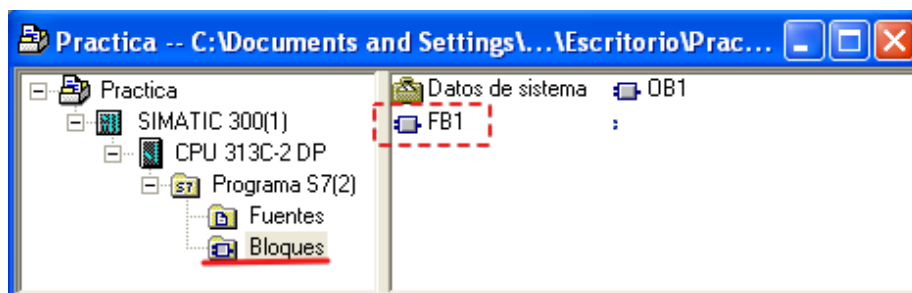


Figura 3.23 Bloque de función Grafcet.

Para agregar cualquier bloque de función en la programación del bloque de organización, como primer paso se debe acceder al editor del bloque OB1. Una vez abierto el editor en el lado izquierdo de la ventana se encuentran las carpetas que contienen los elementos que pueden agregarse a los segmentos de programación incluyendo los bloques de función.

Para añadir el bloque función Grafcet hay que desplegar las opciones de la carpeta BLOQUES FB, elegir el bloque y arrastrarlo para posicionarlo dentro del segmento. Los bloques mostrados tienen el mismo nombre que los mostrados en la ventana principal de proyecto la Figura 3.24 muestra el contenido de carpeta de bloques de función para el proyecto, en donde se evidencia que aparece la opción FB1 que es el mismo nombre del bloque mostrado en la ventana principal del proyecto.

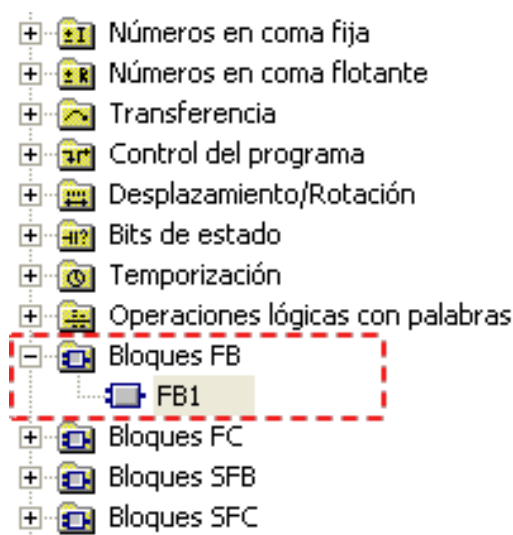


Figura 3.24 Adición de bloque de función Grafcet.

Los bloques de función añadidos en los segmentos de programación KOP se muestran como un rectángulo con entradas y salidas, además al inicio sobre el bloque aparecen tres signos de interrogación de color rojo, tal como se ve en la Figura 3.25, que indican que se requiere cargar datos al bloque.

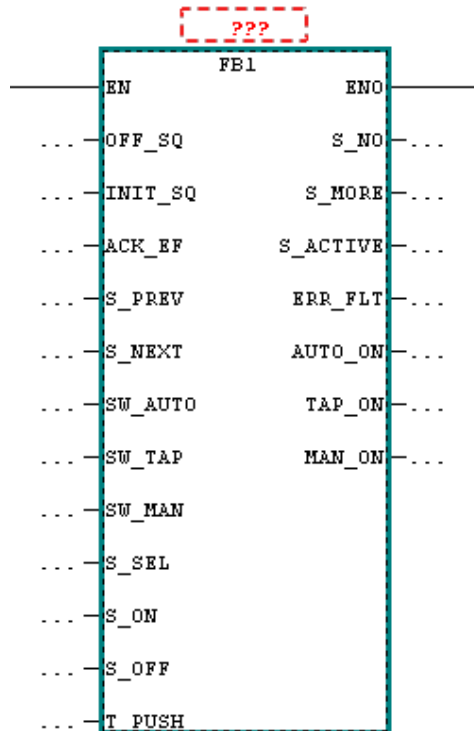


Figura 3.25 Bloque Grafcet en el segmento KOP.

Los datos que deben ser agregados se guardan en el bloque de datos que se generó automáticamente luego de guardar los cambios en el editor Grafcet

Para elegir los datos se debe hacer clic sobre los símbolos de interrogación y seleccionar según el bloque de datos generado previamente, cabe destacar que los nombres de los bloques de datos poseen el prefijo DB.

El detalle de los procedimientos para elaborar un diagrama Grafcet se encuentra en el apéndice C.

La Figura 3.26 muestra un bloque de función Grafcet con el texto DB1 en lugar de los signos de interrogación como los de la Figura 3.25, con lo cual se evidencia que se ha agregado los datos pertenecientes al bloque DB1.

Segm. 1: Título:

Comentario:

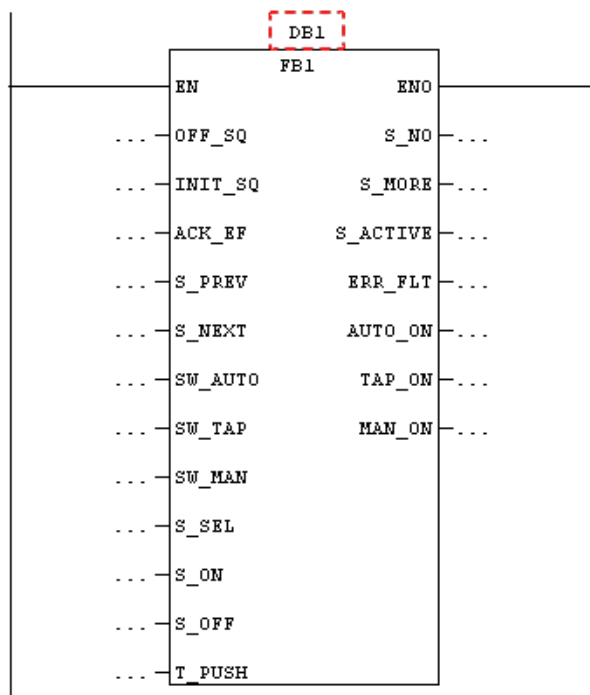


Figura 3.26 Bloque de función Grafcet añadido en el segmento de programación KOP.

3.2.4 CONFIGURACIÓN DE MARCA DE CICLO.

La marca de ciclo es un byte de memoria configurado en el CPU del autómat. La utilización de la marca de ciclo depende de los requerimientos del usuario, por ejemplo en STEP7 se puede configurar como una salida para visualizar el parpadeo de un LED debido a que el byte configurado puede cambiar su valor binario según una frecuencia asignada.

Para asignar y activar la marca de ciclo se debe ingresar en la ventana de configuración de hardware del proyecto luego en las propiedades del CPU, la Figura 3.27 muestra la ventana de propiedades del CPU ubicada en la pestaña “Ciclo/Marca de ciclo”

En la ventana de propiedades se encuentra la sección “Marca de ciclo” en donde se debe activar la opción y asignarle un byte de memoria del CPU.

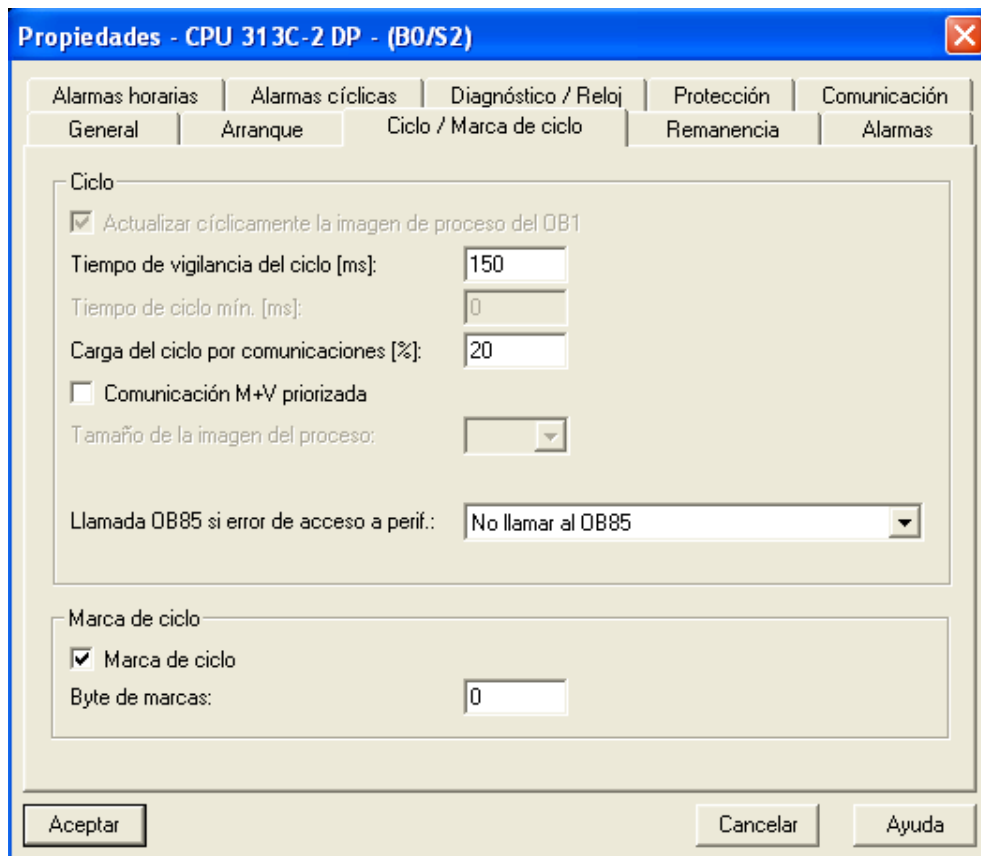


Figura 3.27 Configuración de marca de ciclo.

Una vez elegida y configurada a opción marca de ciclo, finalmente es imprescindible guardar y compilar los cambios realizados en la configuración del hardware.

3.2.5 CARGAR UN PROYECTO AL PLC.

Antes de cargar la configuración del equipo y la programación del proyecto al PLC se debe ajustar la interface de comunicación, esto se realiza en la ventana SIMATIC manager mediante la opción “Ajustar interface PG/PC” de la pestaña herramientas tal como lo muestra la Figura 3.28.

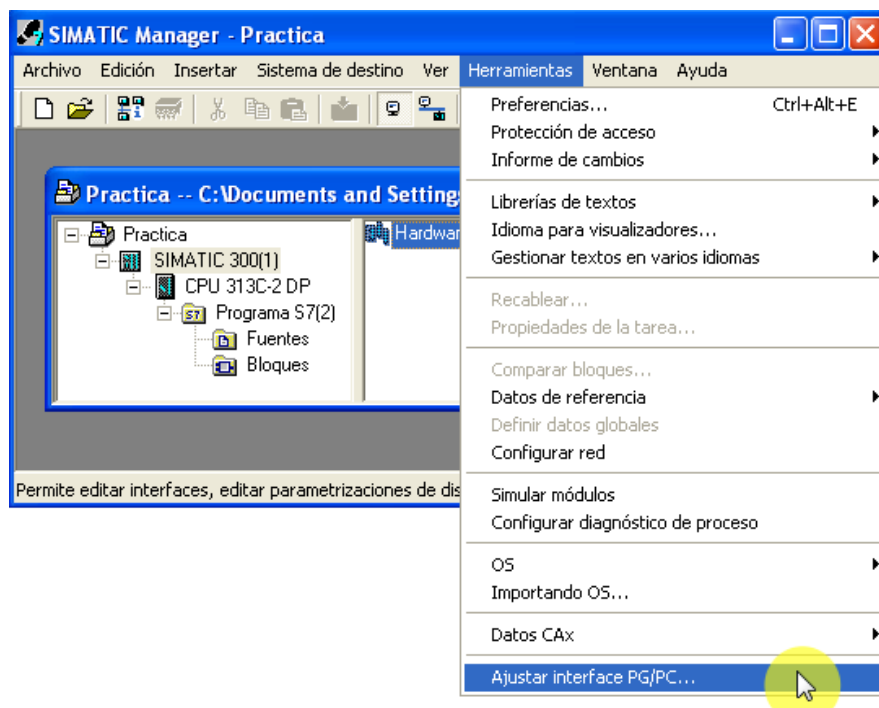


Figura 3.28 *Ajuste de interface.*

A continuación, automáticamente se abre la ventana de ajuste de interface en donde existen varias opciones para establecer la comunicación entre el computador y el PLC, la elección que se haga dependerá del método o herramienta que se utilice, por ejemplo para utilizar un adaptador MPI se debe elegir la opción “PC Adapter (MPI)” tal como lo muestra la Figura 3.29.

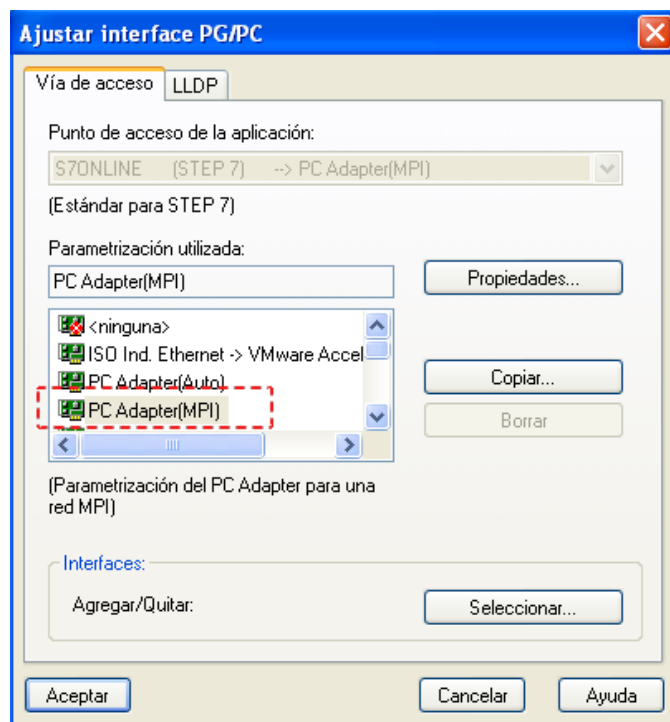



Figura 3.29 *Ventana con las opciones para ajustes del interface.*

Una vez configurado se debe conectar el adaptador desde el computador al PLC. La Figura 3.30 muestra el adaptador de marca SIEMENS el cual posee tres LEDs cuando estos se encuentran encendidos significa que se ha establecido la conexión entre el PLC y el computador por lo tanto es posible proceder a cargar el programa.



Figura 3.30 Adaptador USB para MPI.

Finalmente para cargar la configuración y programación al PLC se debe hacer clic sobre el icono “Cargar”  ubicado en la ventana principal de **SIMATIC Manager** (véase la Figura 3.31).

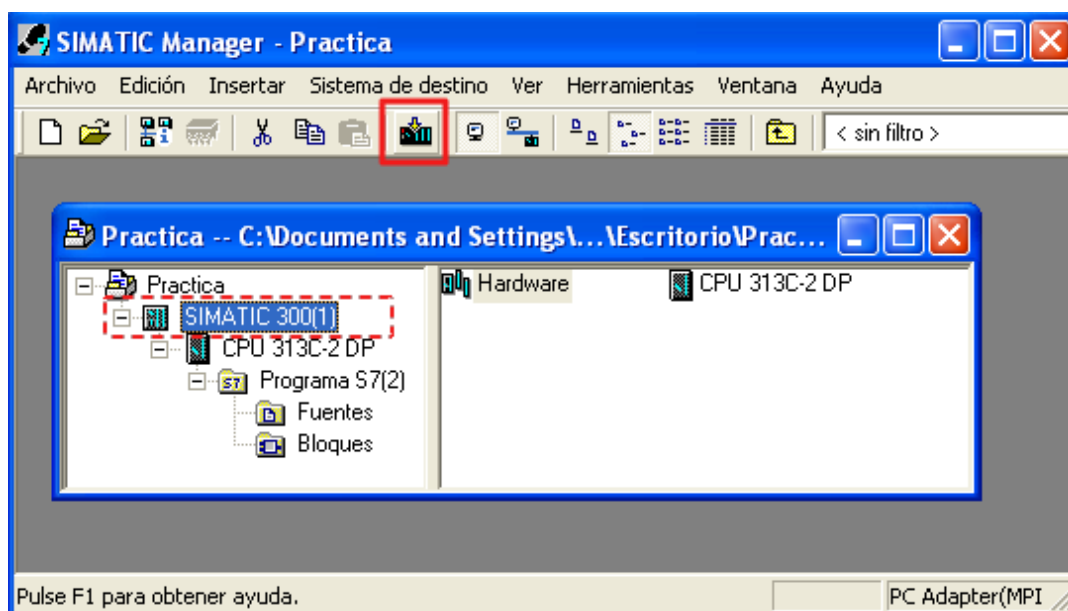


Figura 3.31 Cargar información al PLC.

Para mayor de detalle sobre la configuración de la interface y el procedimiento para cargar la configuración y programación al PLC referirse al apéndice C.

3.3 IMPLEMENTACIÓN SCADA.

La implementación de sistemas SCADA para las estaciones de la célula MPS-500 se realiza utilizando software WinCC con la ayuda de su asistente de configuración WinCC Explorer.

Para iniciar un nuevo proyecto se debe acceder en las opciones de la ventana principal de WinCC Explorer y continuar con la respectiva configuración según los requerimientos del sistema o interface que se desee generar. La Figura 3.32 muestra el acceso al menú para la creación de un nuevo proyecto SCADA.

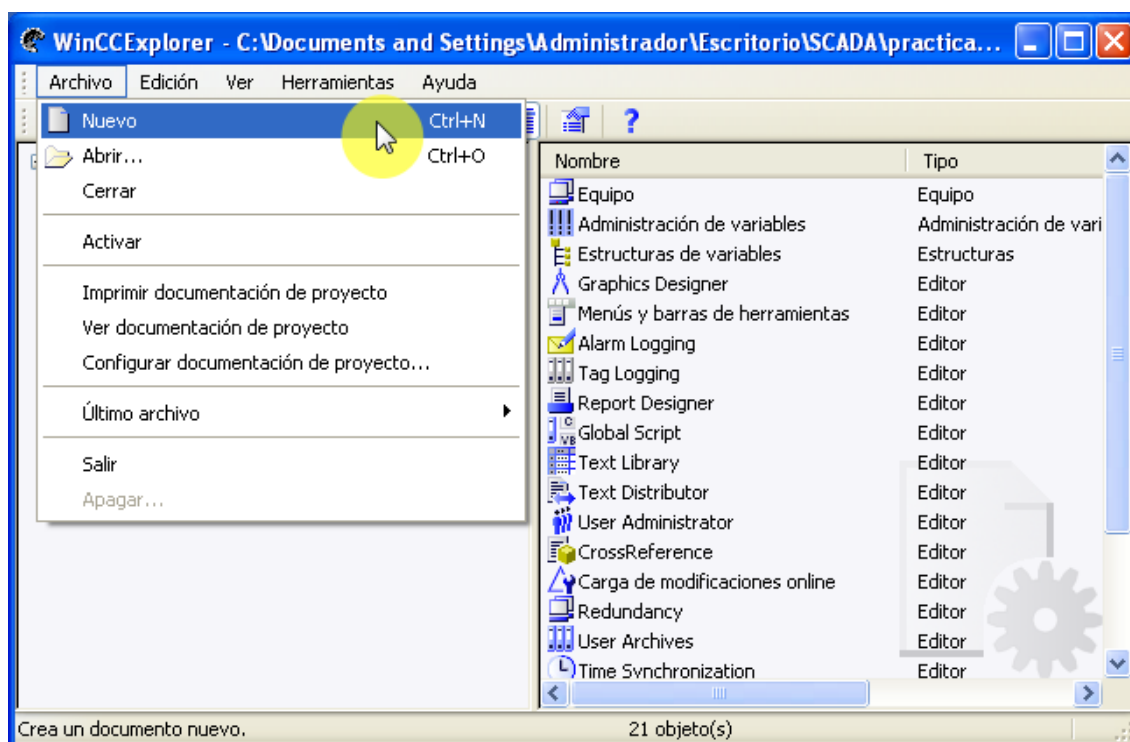


Figura 3.32 Creación de nuevo proyecto WinCC.

Una vez creado el proyecto es necesario agregar el controlador, luego configurar la conexión que servirá para establecer la comunicación con el PLC, para mayor detalle de los procedimientos para las estaciones de la célula MPS-500 referirse al apéndice C.

Para verificar la conexión con el PLC en la ventana de WinCC Explorer se debe acceder al menú “Herramientas” y elegir la opción “Estado de las conexiones”,

luego, al ingresar en la opción de inmediato emergerá una ventana en donde se muestra si ha establecido o no algún tipo de conexión entre el computador en donde se desarrollará la interface y el PLC de la estación de la célula MPS-500.

Una vez que se ha creado el proyecto y se ha verificado la conexión entre el PLC y el computador, se pueden crear variables para utilizarse dentro de la interface gráfica SCADA. Dentro de los parámetros configurables de las variables están: el nombre, la longitud, la dirección y el tipo de datos que manejará. La Figura 3.33 muestra las variables “CILINDRO” y “LED” creadas dentro del proyecto.

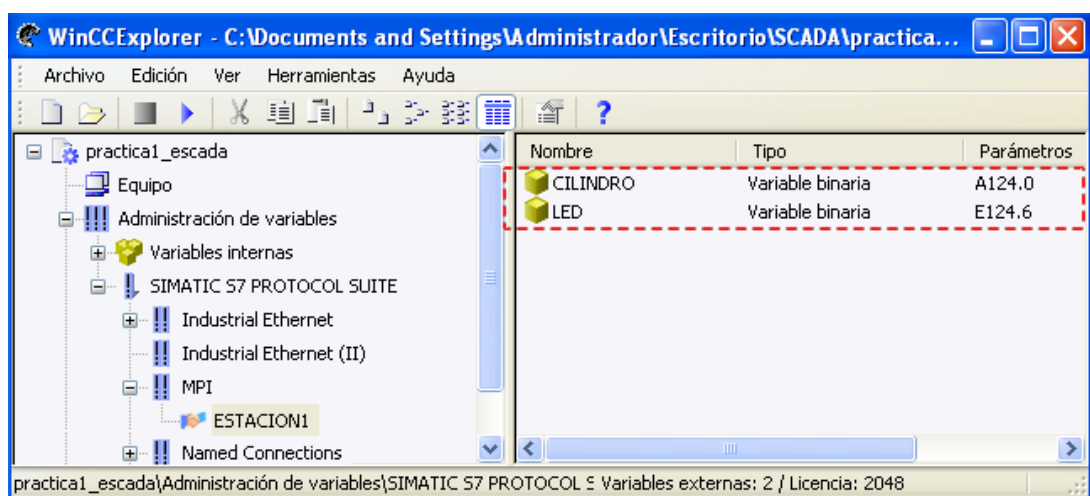


Figura 3.33 Ejemplo de variables que se utilizan en WinCC.

Para realizar la creación de la interfaz gráfica se debe ingresar a la opción “Graphics Designer” y agregar un nuevo elemento que se denomina imagen. La Figura 3.34 muestra la imagen designada con el nombre “v_ALMACEN”.

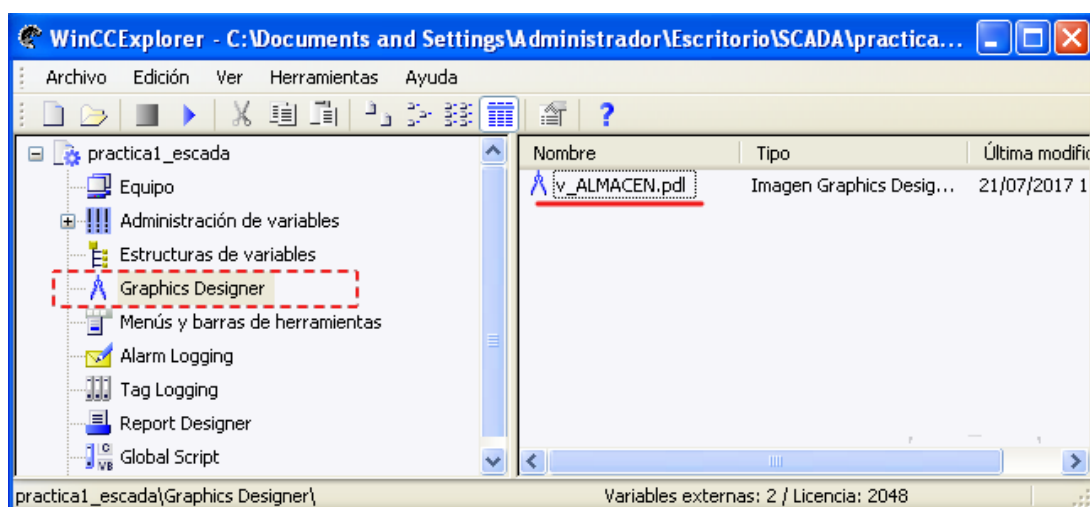


Figura 3.34 Ejemplo de imagen creada en WinCC.

Para diseñar la interface se debe hacer doble clic sobre la imagen creada pues esta acción permite ingresar a su editor mostrado en la Figura 3.35. En el editor se podrán añadir elementos que ayuden a generar una interface SCADA que satisfaga los requerimientos del usuario para la monitorización y control de la estación de la célula MPS-500. Para mayor detalle de la adición de elementos en la interface remitirse al apéndice C.

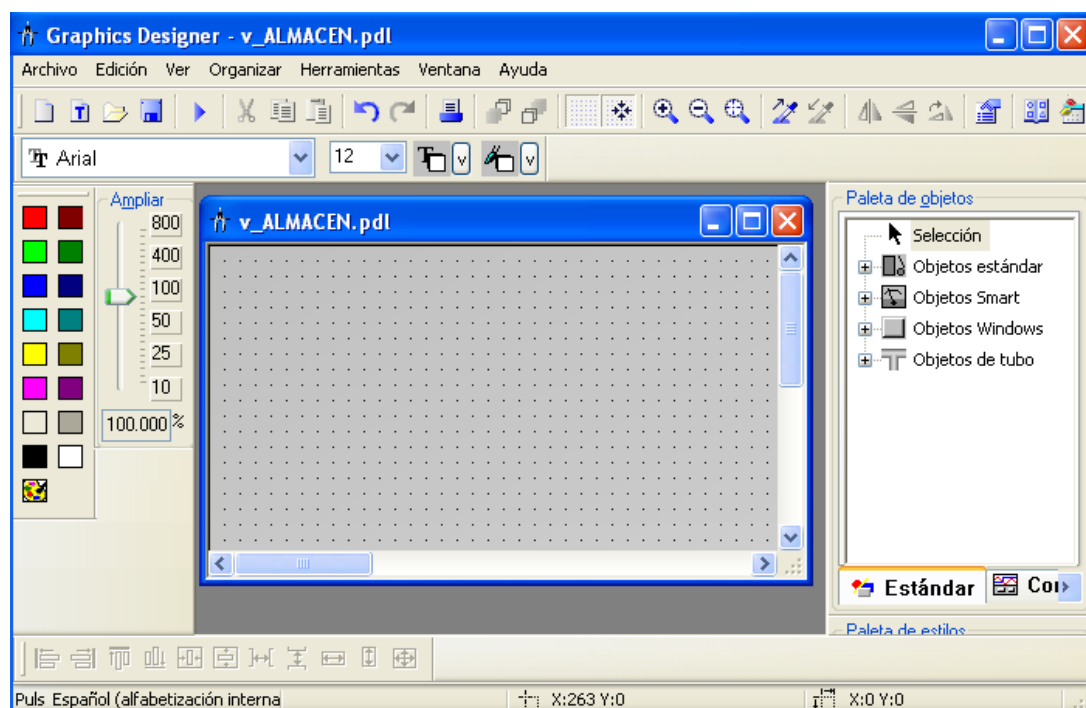



Figura 3.35 Ventana del editor "Graphics Designer" para la creación de interface.

Luego de crear, configurar y guardar todos los cambios realizados a los elementos de la interface gráfica es posible ejecutarla mediante la activación del modo "Runtime" que nos permitirá visualizar y probar el funcionamiento de la interface, para ello se debe hacer clic sobre el icono de play  ubicado en la ventana del editor "Graphics Designer" o en la ventana principal de WinCC, esto abrirá la ventana con la interface creada y lista para probar su funcionamiento. La Figura 3.36 muestra un ejemplo de ventana de interface elaborada en WinCC Explorer. Para mayor detalle de las funcionalidades y aplicaciones SCADA desarrolladas remitirse al apéndice C.

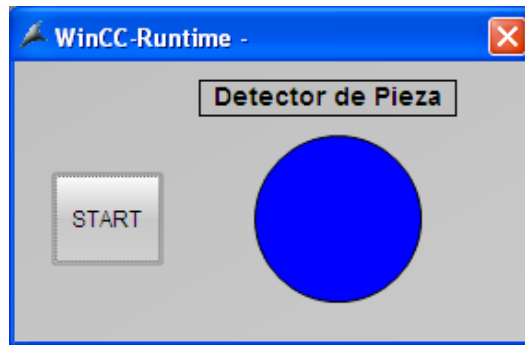


Figura 3.36 Ejemplo de interface elaborada en WinCC.

3.4 REDES DE COMUNICACIONES DENTRO DEL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN MPS-500.

3.4.1 CONFIGURACIÓN PARA UNA RED PROFIBUS.

Para la creación de una red PROFIBUS en el software STEP 7 es necesario crear y configurar los dispositivos que forman parte del proyecto como maestro y esclavos respectivamente, esto se realiza en la ventana de configuración de cada equipo; en este punto vale la pena recalcar que en primer lugar se debe configurar el equipo que cumplirá la función de “esclavo” y luego el que será el “maestro”.

Una parte importante para formar una red PROFIBUS es conocer las direcciones que se asignarán para cada estación en la red. La Tabla 3.1 presenta las direcciones PROFIBUS que se han fijado para las estaciones que forman parte de la célula.

Tabla 3.1 Direcciones de las estaciones para una red PROFIBUS.

ESTACIÓN	DIRECCIÓN
Estación de distribución	2
Estación de verificación	4
Estación de proceso	6
Estación de manipulación 1	8
Estación de brazo robot	12
Estación de almacenamiento	14
Estación de manipulación 2	16
Estación de selección	18
Estación de transporte	20

Se debe recordar que las estaciones de verificación, proceso, manipulación (I y II), almacenamiento selección y transporte están controladas por un equipo SIMATIC 300.

Ya en la ventana de configuración del equipo que hará de “esclavo”, se debe hacer clic sobre la casilla que corresponde a la configuración DP del CPU que forma parte del equipo “esclavo” tal como se muestra en la Figura 3.37.

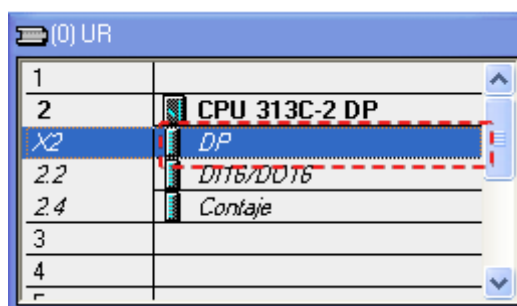


Figura 3.37 CPU agregado al bastidor del equipo.

Luego en la ventana emergente se deben configurar todos los parámetros, en la pestaña “General” se debe especificar la dirección y elegir la subred que se utilizará, mientras que en la pestaña “Modo de operación” hay que elegir la opción esclavo DP tal como lo muestra la Figura 3.38 .

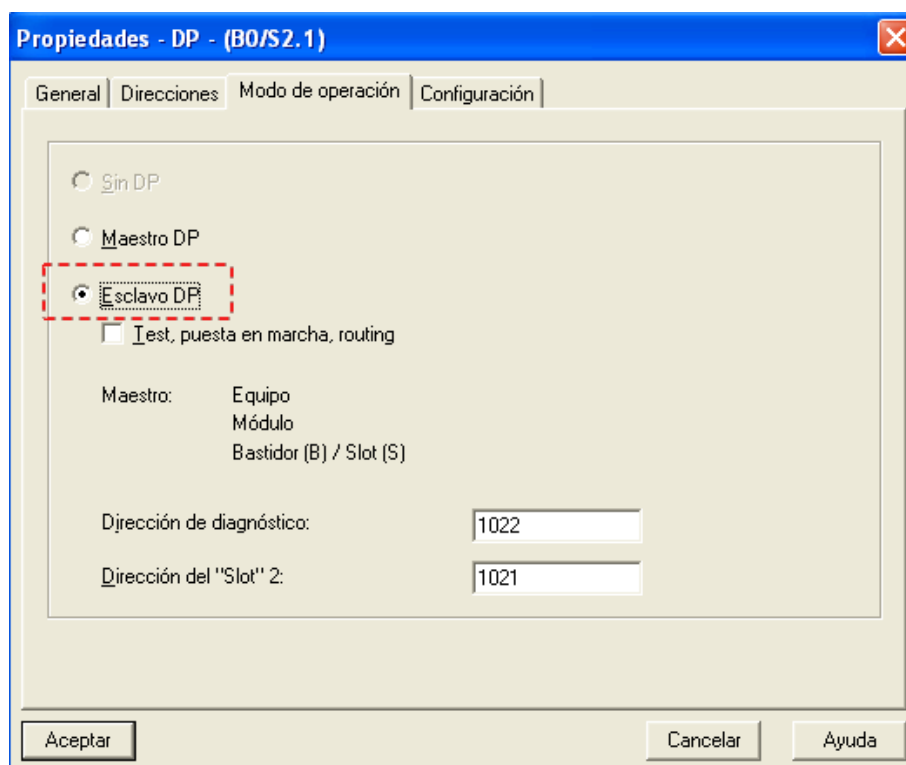


Figura 3.38 Asignación del equipo como "Esclavo DP".

Por otra parte en la pestaña “Configuración” de la ventana se crean los enlaces entre el esclavo y el maestro. Una vez que se ha terminado la configuración del esclavo es necesario guardar y compilar los cambios realizados. Para mayor detalle del procedimiento para la configuración de un equipo como “esclavo” referirse al apéndice C. Luego de configurar el “esclavo” es tiempo de configurar el “maestro” para lo cual se debe acceder a la casilla DP del CPU que pertenece al equipo que hará de “maestro” tal como se ve en la Figura 3.39.

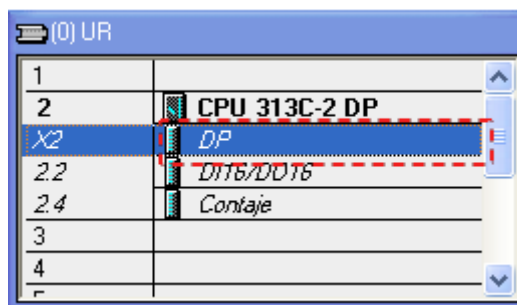


Figura 3.39 Slot DP del equipo.

En la ventana emergente se deben configurar todos los parámetros, en la pestaña “General” se debe especificar la dirección y elegir la subred que se utilizará, mientras que en la pestaña “Modo de operación” hay que elegir la opción maestro DP tal como lo muestra la Figura 3.40

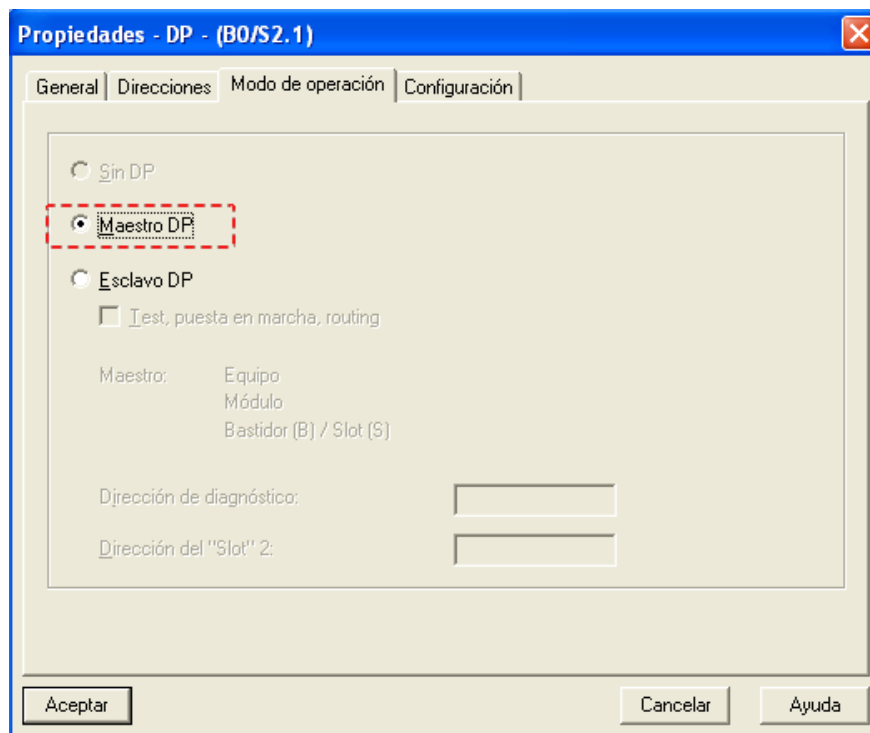


Figura 3.40 Asignación del equipo como "Maestro DP".

De inmediato en el espacio de trabajo se muestra que el sistema creado y configurado es el “maestro” en la cual se podrá añadir un CPU esclavo.

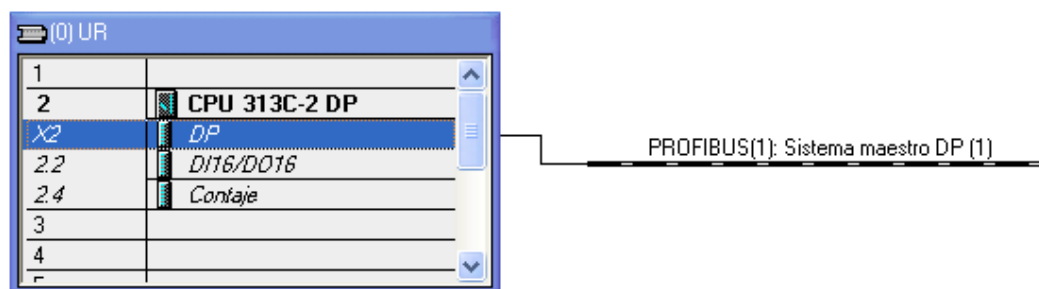


Figura 3.41 Maestro en la red PROFIBUS.

Una vez que se visualiza el maestro con la red PROFIBUS, se debe agregar el esclavo. Para enlazar un esclavo se debe acceder a “PROFIBUS DP” luego en “Estaciones ya configuradas”, y elegir el CPU o equipo que fue previamente configurado (véase Figura 3.42) y finalmente colocarlo sobre la red.

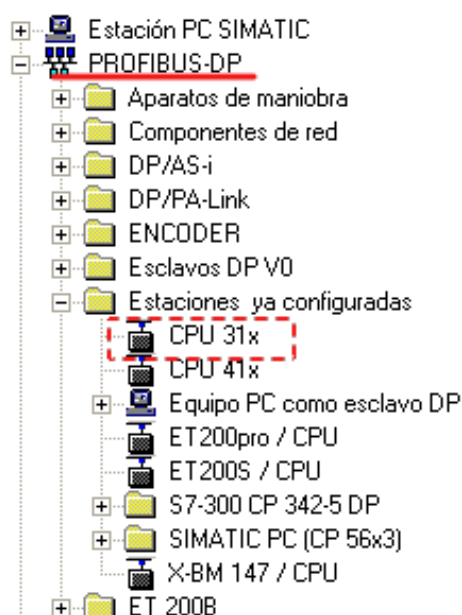


Figura 3.42 Adición de esclavo a red PROFIBUS del maestro.

La Figura 3.43 muestra el equipo “esclavo” añadido a la red del maestro

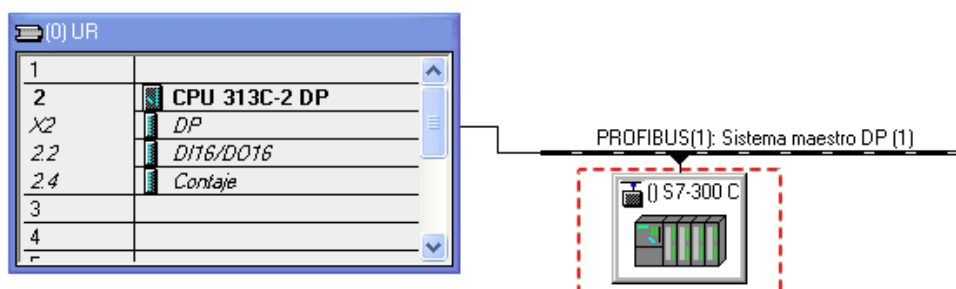
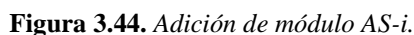


Figura 3.43 Esclavo añadido a la red PROFIBUS.

En el apéndice se encuentra los detalles de la configuración de los equipos para formar una red PROFIBUS con un equipo SIMATIC 300 que cumple la función de “maestro” y otro SIMATIC 300 como “esclavo”.

Las posiciones de operación de la estación de transporte están conectadas con el control principal a través de la red industrial AS-i, por ello es necesario añadir un módulo que permita manejar la red AS-i.

El módulo se añade en un slot del equipo SIMATIC 300, mediante la ventana de configuración. La Figura 3.44 muestra el directorio para añadir un módulo “CP 342-2 AS-i”.



47

[0] UR	
1	
2	CPU 313C-2 DP
X2	DP
2.2	DI16/DO16
2.4	Contaje
3	
4	CP 342-2
5	
6	

Figura 3.45 Módulo AS-i añadido al bastidor de un equipo SIMATIC 300.

CAPÍTULO 4: ESTRUCTURA Y PROCESO DE VALIDACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

4.1 ESTRUCTURA DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS.

Las guías de prácticas propuestas poseen las secciones descritas a continuación, las cuales están enfocadas a cumplir los objetivos propuestos y aprovechar los conocimientos del estudiante:

- *Presentación:* Esta sección contiene el título y número de la práctica, además el nombre de la asignatura en la cual se utiliza.
- *Objetivos:* Los objetivos describen el enfoque y lo que se pretende lograr con el desarrollo de la práctica, en este sentido existe el objetivo general y los objetivos específicos.
- *Instrucciones:* Describen brevemente las acciones, precauciones y recomendaciones que el estudiante debe tomar en cuenta durante el desarrollo de la práctica.
- *Requisitos y conocimientos previos:* En esta sección se lista los requerimientos tanto a nivel de conocimientos como los relacionados al manejo de herramientas que el estudiante necesita para desarrollar la práctica.

- Equipos, instrumentos y software: En esta sección se encuentra una tabla que contiene la descripción, cantidad, marca e identificación de los equipos respectivos, instrumentos y software que se usará durante la práctica.
- Exposición: Es el fundamento teórico relevante para la realización de la práctica. Cuenta con las referencias, de manera que el estudiante pueda profundizar su aprendizaje si así lo requiere.
- Proceso: Indica mediante un diagrama el procedimiento general que se llevará a cabo en la práctica.
- Actividades por desarrollar: Aquí se describe paso a paso las actividades que el estudiante deberá seguir para el cumplimiento de la práctica. La sección culmina con ejercicios propuestos o actividades adicionales enfocadas en afianzar el aprendizaje adquirido con el desarrollo de la práctica.
- Resultado(s) obtenido(s): Esta parte muestra los resultados obtenidos luego de realizar la práctica. Es conveniente que los resultados estén expuesto mediante tablas o gráficos estadísticos, sin embargo de no ser posible los resultados deben estar redactados de manera concreta.
- Conclusiones y recomendaciones: En este punto el estudiante debe señalar lo más importante del desarrollo de la práctica e indicar si se cumplieron o no los objetivos propuestos. Además el estudiante puede agregar sugerencias para mejorar la ejecución de la práctica.
- Referencias: es el material bibliográfico que sirvió como base para desarrollar la práctica.

El apéndice A muestra la plantilla y formato de las prácticas de laboratorio con la estructura y secciones que fueron descritas.

4.2 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN.

Una vez que se terminó el desarrollo de cada una de las prácticas de laboratorio, estas fueron sometidas a un proceso de revisión por parte del tutor del proyecto de titulación. El proceso consistió en verificar que las prácticas estén estructuradas de tal manera que sea posible aprovechar al máximo las estaciones de la célula MPS-500, como herramienta para desarrollar las destrezas del estudiante, en

el campo de la programación de los autómatas programables, las redes industriales y los sistemas SCADA. Luego de la verificación realizada por parte del tutor se realizó la validación con estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

Los estudiantes realizaron las prácticas de acuerdo a la temática que les correspondía, es decir según la asignatura que se hallaban cursando. Al terminar cada práctica se formuló una encuesta anónima para que ellos puedan dar su opinión y valorar los aspectos abordados en el desarrollo.

La encuesta contiene enunciados enfocados en tres aspectos: visual, procedimental y consecución de objetivos; para cuantificar los resultados de la encuesta se utilizó la escala ordinal Likert [23], [24], pues esta permite valorar la actitud de un encuestado con respecto a una temática [24]. En este sentido, los indicadores planteados en la encuesta para la evaluación de las prácticas fueron:

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo.

Las once afirmaciones formuladas para evaluar cada aspecto se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Enunciados para la encuesta de validación.

ASPECTO	PREGUNTAS	
	Nro.	Enunciado
Visual	1	El tipo de letra, redacción y ortografía permiten una lectura fluida y comprensible de la práctica.
	2	Las imágenes presentadas en el documento son de utilidad al momento del desarrollo de la práctica.
	3	La resolución de las imágenes es adecuada para una correcta interpretación de los procedimientos.
	4	El preámbulo de la práctica (exposición del tema y marco teórico) aporta con la información necesaria para el desarrollo de la práctica.

Procedimental	5	La información de la práctica se encuentra desarrollada de forma clara, comprensible y manteniendo una secuencia lógica.
	6	Los materiales, equipos y software necesarios para la práctica estaban disponibles en el laboratorio.
	7	Los temas abordados por la práctica corresponden al nivel de estudio en el que se encuentra.
	8	El tiempo para el desarrollo de la práctica fue el adecuado.
Consecución de objetivos	9	Los objetivos planteados en la práctica se cumplieron con satisfacción.
	10	La práctica proporcionada propone acciones o procedimientos que promueven procesos de aprendizaje (investigar, analizar, deducir, observar).
	11	El desarrollo de la práctica permite potenciar las destrezas del estudiante adquiridas en el transcurso de sus estudios.

Además, al final de la encuesta se añadió un espacio en donde el estudiante podrá agregar observaciones de cualquier aspecto de la práctica que necesite ser mejorado o no se haya tomado en cuenta, y posteriormente tomar acciones correctivas. El formato de la encuesta se encuentra en el apéndice B.

Las respuestas obtenidas de las encuestas pueden ser catalogadas como favorables y no favorables, se considera favorable solamente los valores “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”.

Para validar los resultados de cada encuesta, las respuestas fueron recopiladas en tablas y evaluadas porcentualmente mediante una gráfica 100% apilada. Las prácticas se consideran validadas cuando cumplan con dos requisitos, el primero es que cada pregunta posea un porcentaje de respuestas favorables igual o mayor al 80% y el segundo es que se hayan ejecutado acciones para corregir las observaciones brindadas por el estudiante.

Los resultados de la validación de las prácticas en la sección 4.3

4.3 EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS PROPUESTAS.

4.3.1 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 1.

El desarrollo de la práctica # 1 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.2, la Figura 4.1 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.2 Resultados para la validación de la práctica # 1.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
2	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
3	0,00	0,00	8,33	16,67	75,00
4	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
5	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
6	0,00	0,00	8,33	33,33	58,33
7	0,00	0,00	0,00	58,33	41,67
8	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
9	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
10	0,00	0,00	0,00	41,67	58,33
11	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00

En la Figura 4.1 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica. Sin embargo existen respuestas desfavorables para las preguntas 3 y 6, las cuales serán examinadas en la etapa de corrección de la práctica.

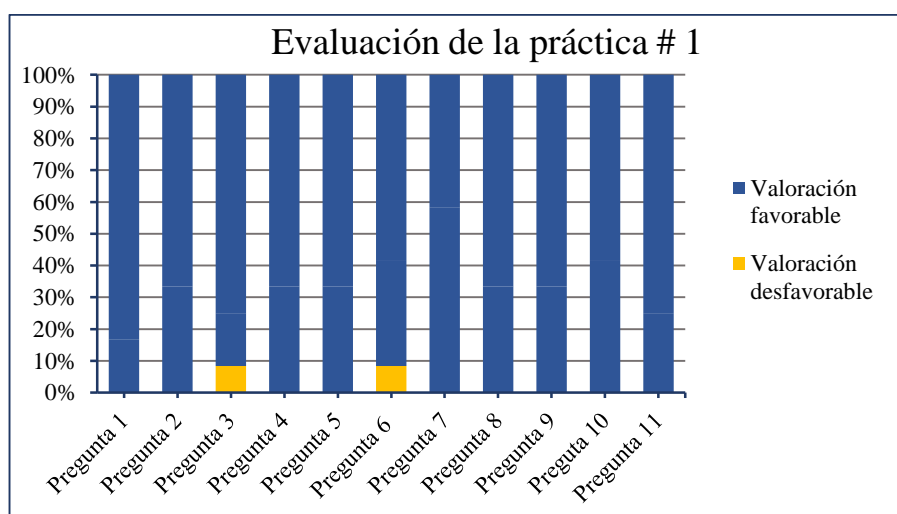


Figura 4.1 Evaluación de la práctica # 1.

4.3.2 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 2.

El desarrollo de la práctica # 2 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.3, la Figura 4.2 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.3 Resultados para la validación de la práctica # 2.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
2	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
3	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
4	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
5	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
6	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
7	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
8	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
9	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
11	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00

En la Figura 4.2 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

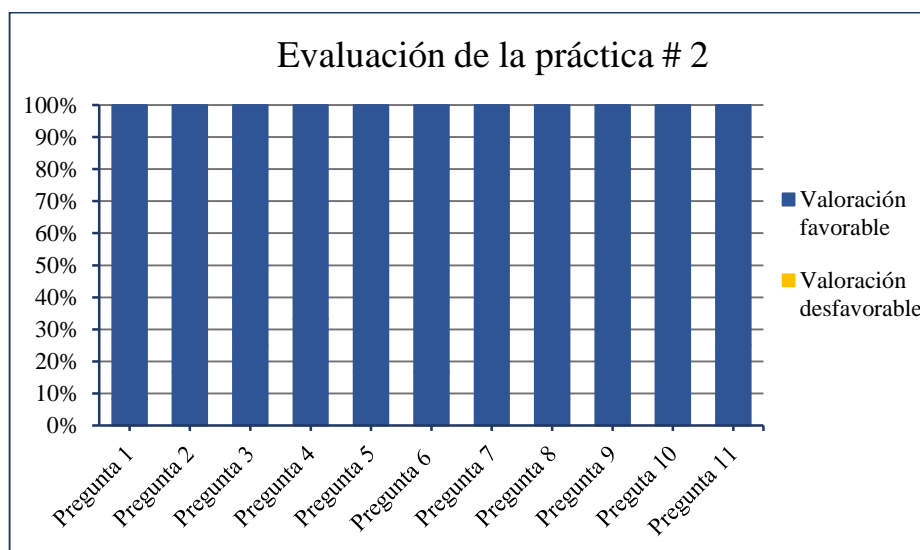


Figura 4.2 Evaluación de la práctica # 2.

4.3.3 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 3.

El desarrollo de la práctica # 3 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.4, la Figura 4.3 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.4 Resultados para la validación de la práctica # 3.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
2	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
3	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
4	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
5	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
6	0,00	0,00	18,18	0,00	81,82
7	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
8	0,00	0,00	8,33	16,67	75,00
9	0,00	0,00	8,33	25,00	66,67
10	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
11	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33

En la Figura 4.3 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica. Sin embargo existen respuestas desfavorables para las preguntas 6, 8 y 9 las cuales serán examinadas en la etapa de corrección de la práctica.

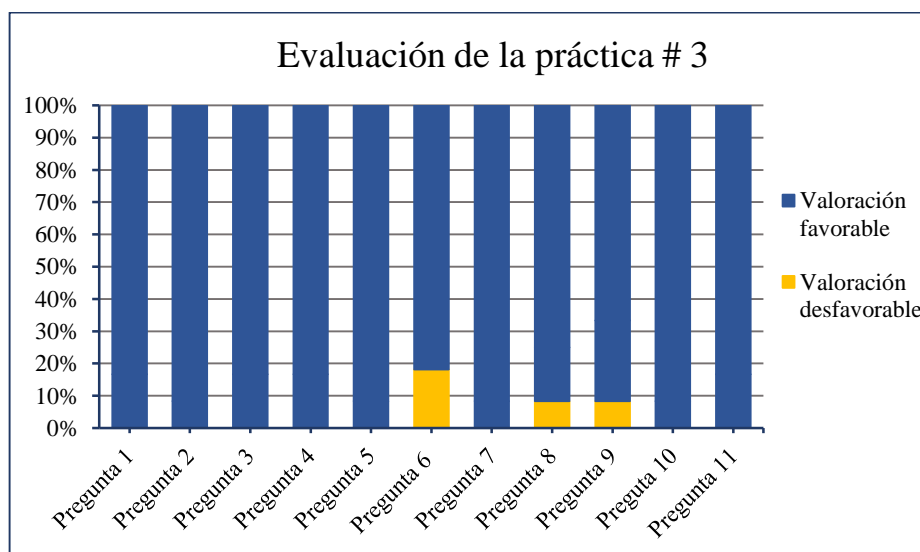


Figura 4.3 Evaluación de la práctica # 3.

4.3.4 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 4.

El desarrollo de la práctica # 4 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.5, la Figura 4.4 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.5 Resultados para la validación de la práctica # 4.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
2	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
5	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
6	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
7	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
8	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
9	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
11	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00

En la Figura 4.4 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

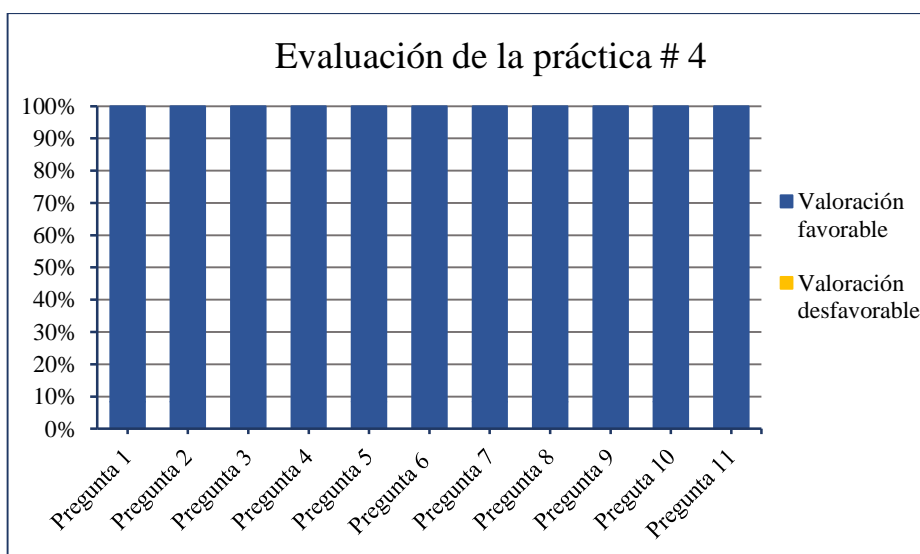


Figura 4.4 Evaluación de la práctica # 4.

4.3.5 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 5.

El desarrollo de la práctica # 5 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.6, la Figura 4.5 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.6 Resultados para la validación de la práctica # 5.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
2	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
3	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
4	0,00	0,00	8,33	16,67	75,00
5	0,00	0,00	0,00	45,45	54,55
6	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
7	0,00	0,00	8,33	41,67	50,00
8	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
9	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
10	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
11	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00

En la Figura 4.5 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica. Sin embargo existen respuestas desfavorables para las preguntas 4 y 7, las cuales serán examinadas en la etapa de corrección de la práctica.

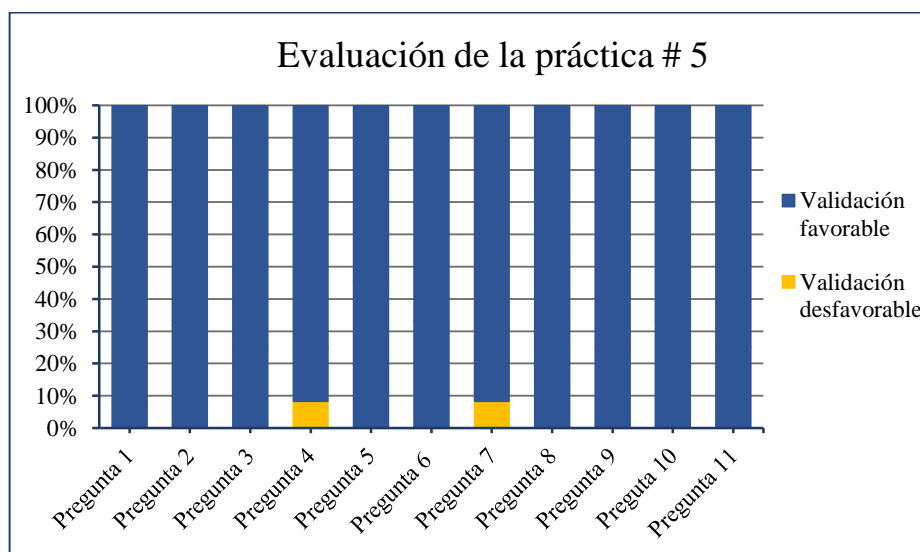


Figura 4.5 Evaluación de la práctica # 5.

4.3.6 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 6.

El desarrollo de la práctica # 6 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.7, la Figura 4.6 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.7 Resultados para la validación de la práctica # 6.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
2	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
3	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
4	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
5	0,00	0,00	0,00	41,67	58,33
6	0,00	0,00	0,00	41,67	58,33
7	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00
8	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
9	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
10	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
11	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00

En la Figura 4.6 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

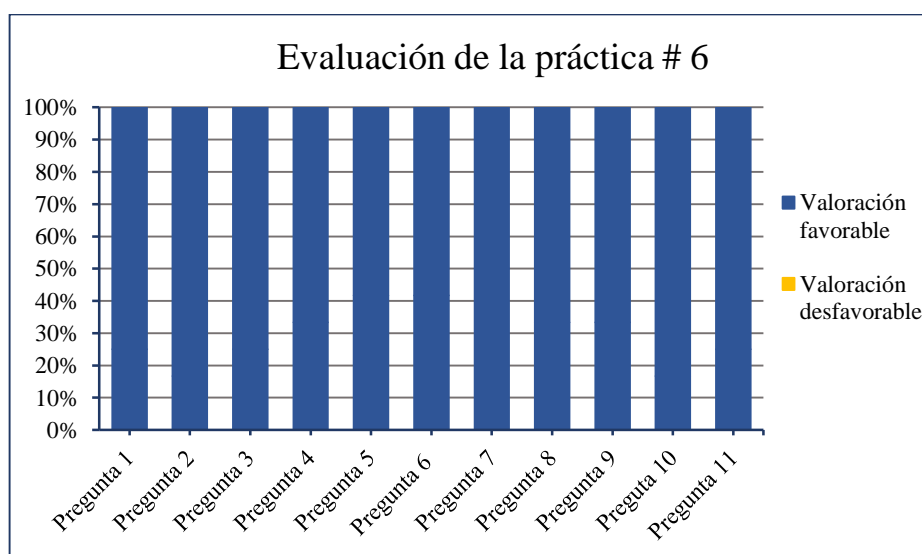


Figura 4.6 Evaluación de la práctica # 6.

4.3.7 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 7.

El desarrollo de la práctica # 7 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.8, la Figura 4.7 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.8 Resultados para la validación de la práctica # 7.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
3	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
4	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
5	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
6	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
7	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
8	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
9	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67
10	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
11	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67

En la Figura 4.7 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

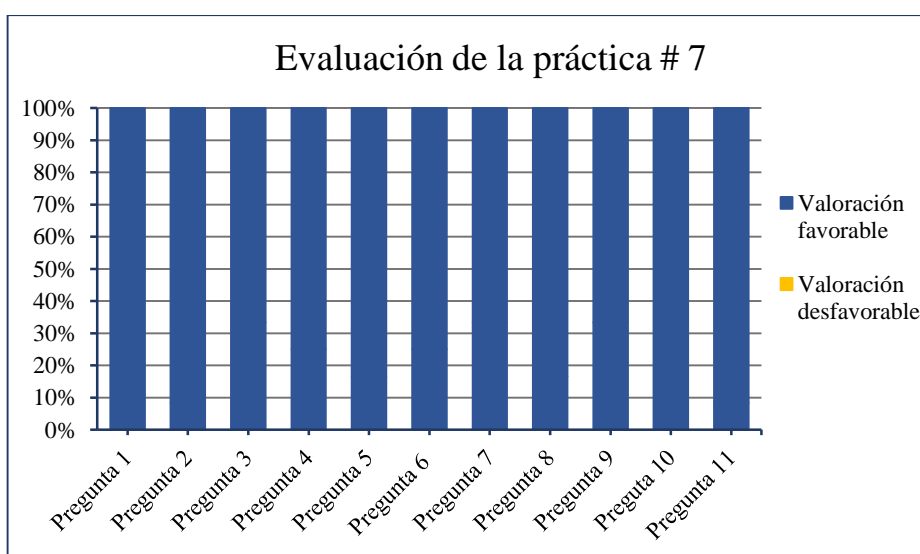


Figura 4.7 Evaluación de la práctica # 7.

4.3.8 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 8.

El desarrollo de la práctica # 8 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.9, la Figura 4.8 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.9 Resultados para la validación de la práctica # 8.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
3	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
4	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
5	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
6	0,00	0,00	8,33	8,33	83,33
7	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	0,00	0,00	8,33	33,33	58,33
9	0,00	0,00	16,67	25,00	58,33
10	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
11	0,00	0,00	0,00	58,33	41,67

En la Figura 4.8 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica. Sin embargo existen respuestas desfavorables para las preguntas 6 y 9, las cuales serán examinadas en la etapa de corrección de la práctica.

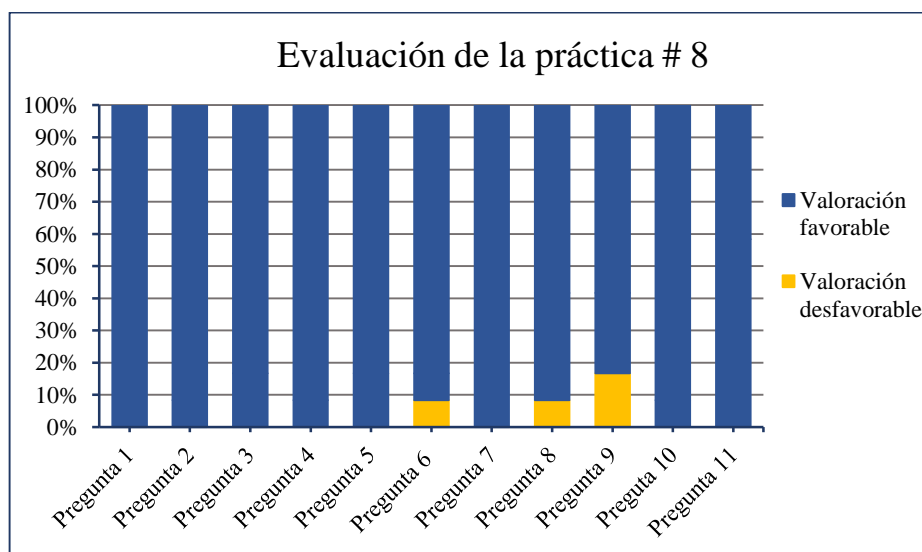


Figura 4.8 Evaluación de la práctica # 8.

4.3.9 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 9.

El desarrollo de la práctica # 9 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.10, la Figura 4.9 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.10 Resultados para la validación de la práctica # 9.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
5	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
7	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
8	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
9	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
10	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00

En la Figura 4.9 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

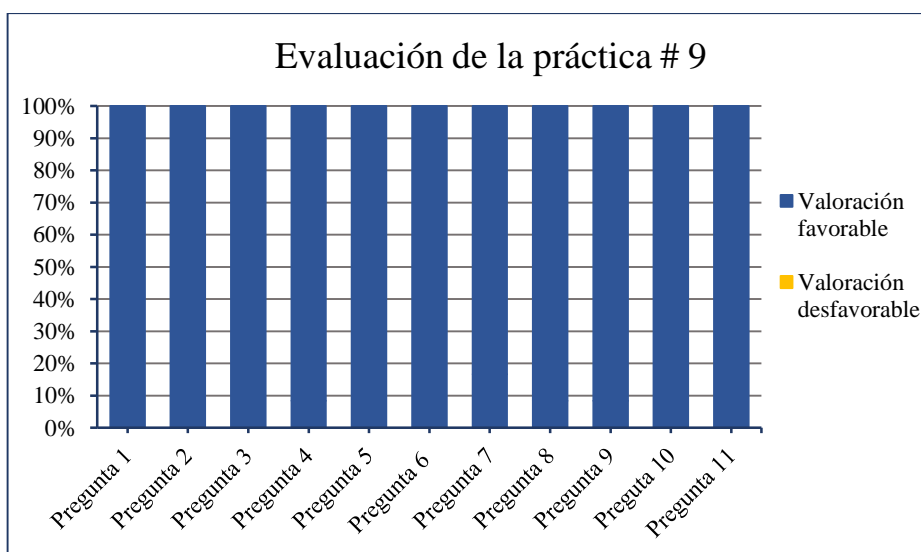


Figura 4.9 Evaluación de la práctica # 9.

4.3.10 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 10.

El desarrollo de la práctica # 10 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.11, la Figura 4.10 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.11 Resultados para la validación de la práctica # 10.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
4	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
6	0,00	0,00	0,00	25,00	75,00
7	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
8	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
9	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
10	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00

En la Figura 4.10 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

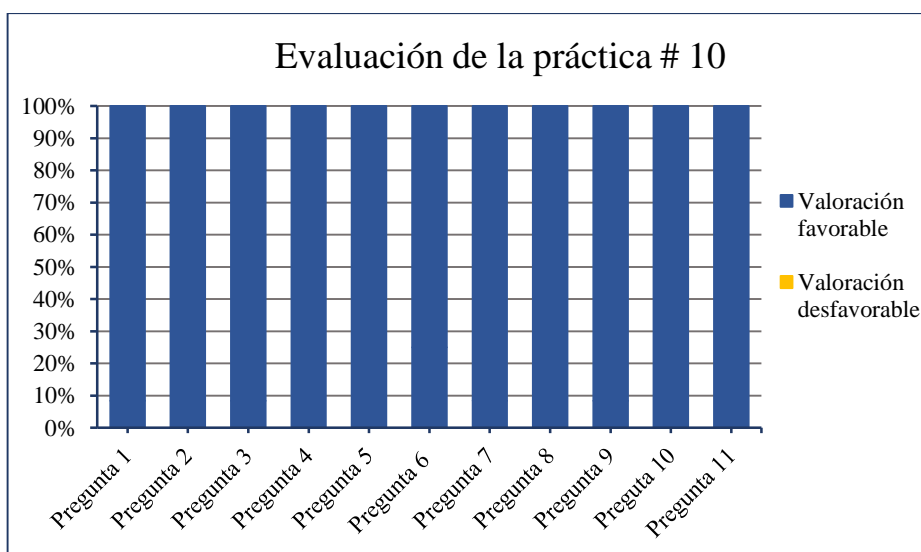


Figura 4.10 Evaluación de la práctica # 10.

4.3.11 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 11.

El desarrollo de la práctica # 11 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 12, la Figura 4.11 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.12 Resultados para la validación de la práctica # 11.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
5	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
11	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67

En la Figura 4.11 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

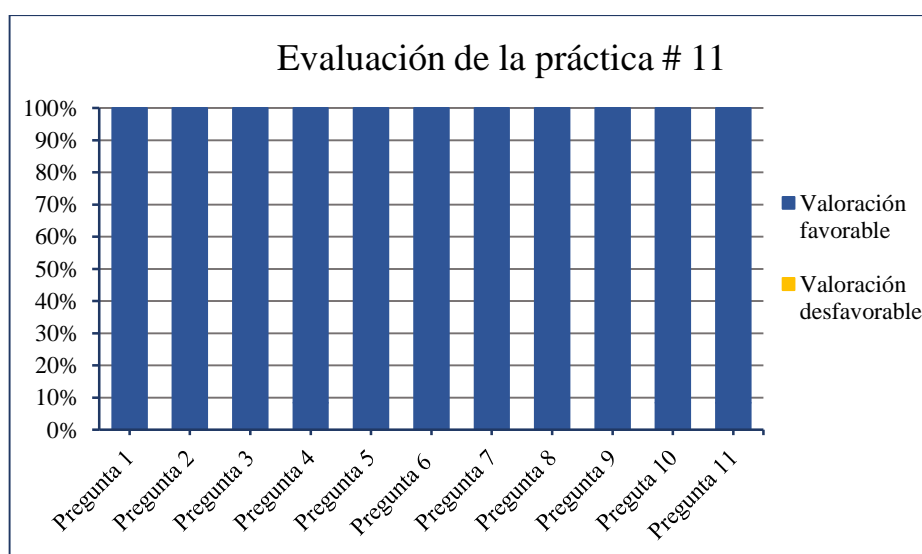


Figura 4.11 Evaluación de la práctica # 11.

4.3.12 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 12.

El desarrollo de la práctica # 12 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.13, la Figura 4.12 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.13 Resultados para la validación de la práctica # 12.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
5	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
6	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00

En la Figura 4.12 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

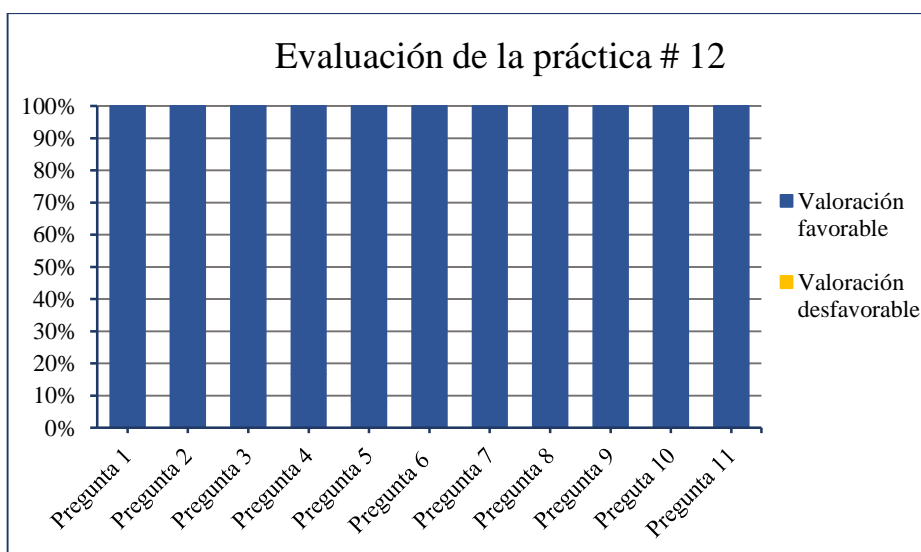


Figura 4.12 Evaluación de la práctica # 12.

4.3.13 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 13.

El desarrollo de la práctica # 13 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 14, la Figura 13 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.14 Resultados para la validación de la práctica # 13.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
5	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
6	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
7	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
9	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
10	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
11	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67

En la Figura 4.13 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

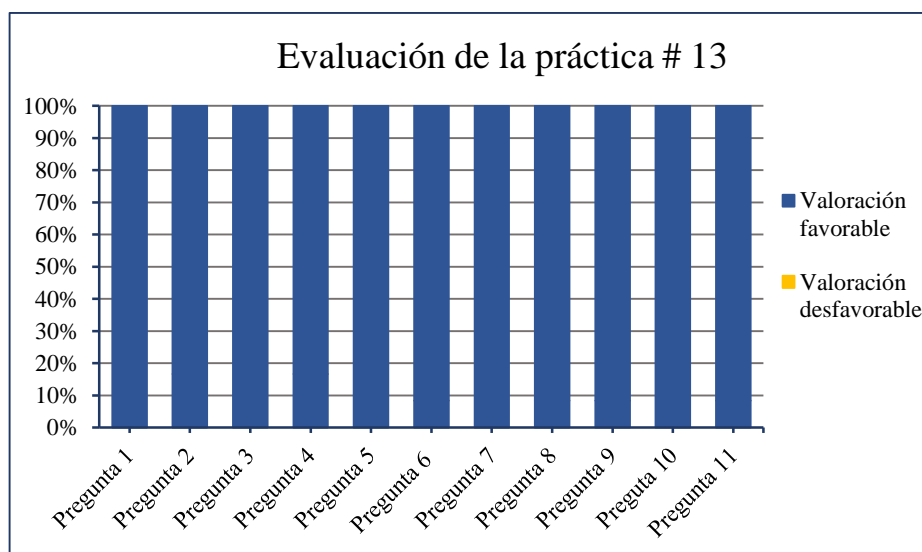


Figura 4.13 Evaluación de la práctica # 13.

4.3.14 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 14.

El desarrollo de la práctica # 14 se realizó con la participación de 12 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.15, la Figura 4.14 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.15 Resultados para la validación de la práctica # 14.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
5	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
9	0,00	0,00	0,00	8,33	91,67
10	0,00	0,00	0,00	16,67	83,33
11	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67

En la Figura 4.14 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

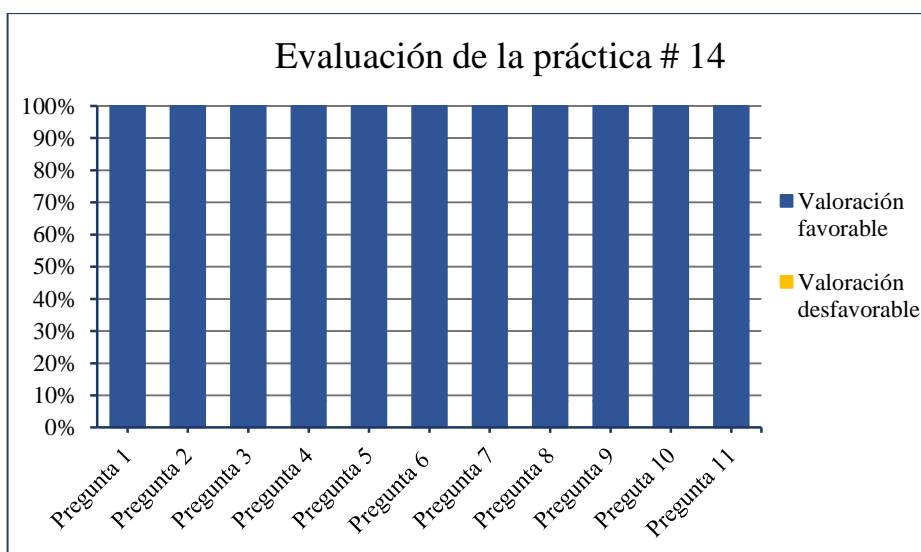


Figura 4.14 Evaluación de la práctica # 14.

4.3.15 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 15.

El desarrollo de la práctica # 15 se realizó con la participación de 25 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.16, la Figura 4.15 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.16 Resultados para la validación de la práctica # 15.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	12,00	88,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
6	0,00	0,00	0,00	12,00	88,00
7	0,00	0,00	0,00	28,00	72,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,00	0,00	0,00	16,00	84,00
11	0,00	0,00	0,00	12,00	88,00

En la Figura 4.15 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

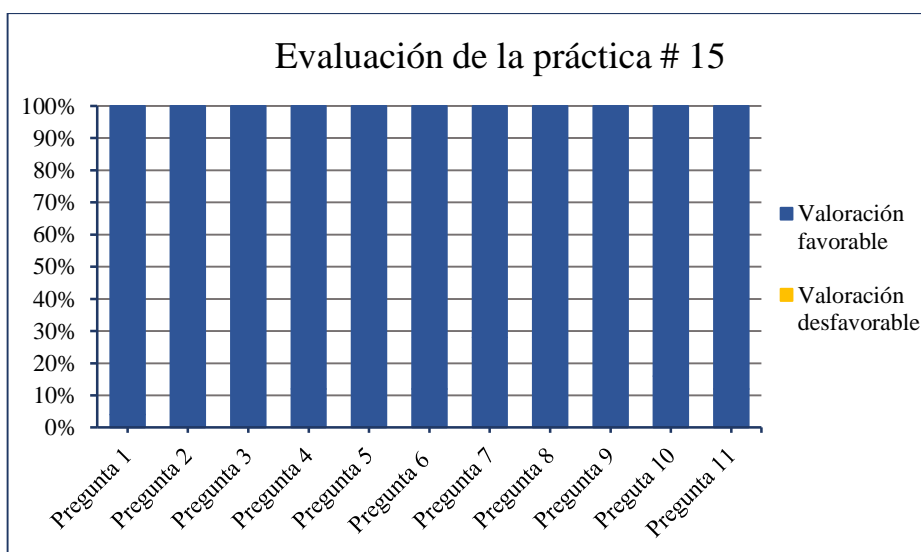


Figura 4.15 Evaluación de la práctica # 15.

4.3.16 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 16.

El desarrollo de la práctica # 16 se realizó con la participación de 17 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.17, la Figura 4.16 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.17 Resultados para la validación de la práctica # 16.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
2	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
3	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
4	0,00	0,00	0,00	29,41	70,59
5	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
6	0,00	0,00	0,00	23,53	76,47
7	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
8	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
9	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
10	0,00	0,00	0,00	29,41	70,59
11	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12

En la Figura 4.16 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

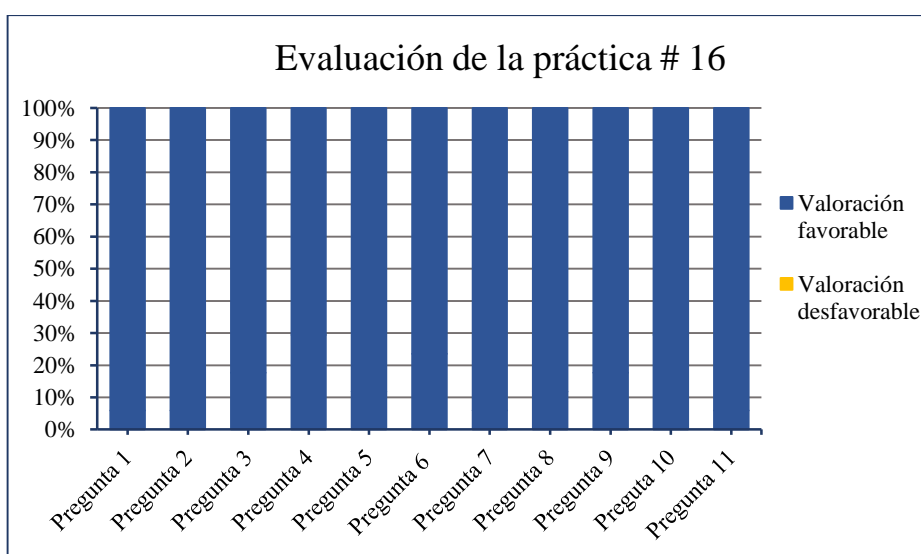


Figura 4.16: Evaluación de la práctica # 16.

4.3.17 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 17.

El desarrollo de la práctica # 17 se realizó con la participación de 17 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.18, la Figura 4.17 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.18 Resultados para la validación de la práctica # 17.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	23,53	76,47
5	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
6	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
7	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
8	0,00	0,00	0,00	23,53	76,47
9	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
10	0,00	0,00	0,00	29,41	70,59
11	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12

En la Figura 4.17 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

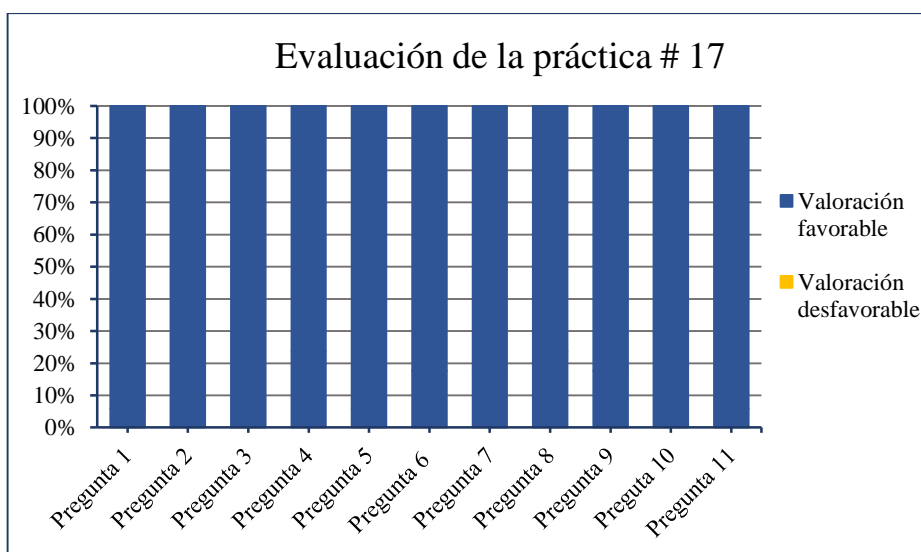


Figura 4.17 Evaluación de la práctica # 17.

4.3.18 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 18.

El desarrollo de la práctica # 18 se realizó con la participación de 17 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.19 la Figura 4.18 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.19 Resultados para la validación de la práctica # 18.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
2	0,00	0,00	0,00	5,88	94,12
3	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
4	0,00	0,00	0,00	23,53	76,47
5	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
6	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
7	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
8	0,00	0,00	0,00	29,41	70,59
9	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
10	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
11	0,00	0,00	0,00	23,53	76,47

En la Figura 4.18 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

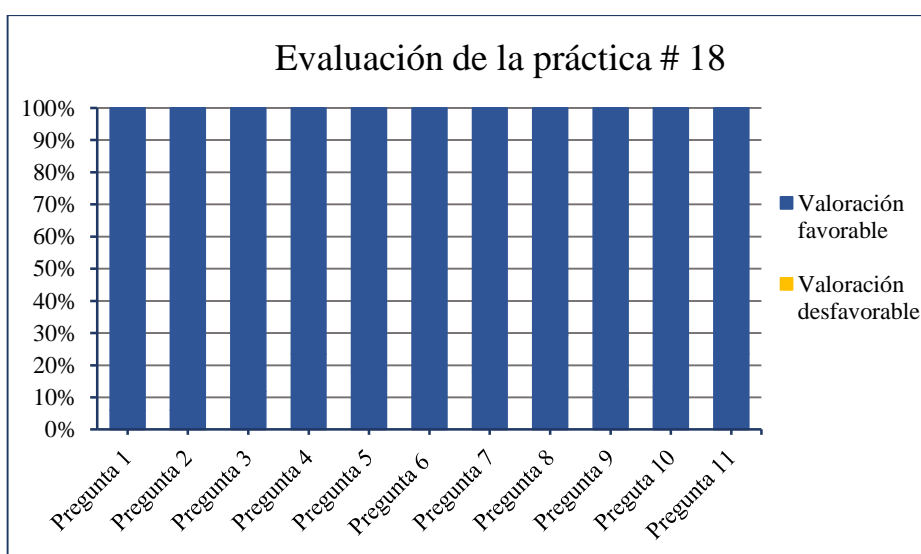


Figura 4.18 Evaluación de la práctica # 18.

4.3.19 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 19.

El desarrollo de la práctica # 19 se realizó con la participación de 17 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.20, la Figura 4.19 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.20 Resultados para la validación de la práctica # 19.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
4	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
5	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
6	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
7	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
8	0,00	0,00	0,00	17,65	82,35
9	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24
11	0,00	0,00	0,00	11,76	88,24

En la Figura 4.19 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

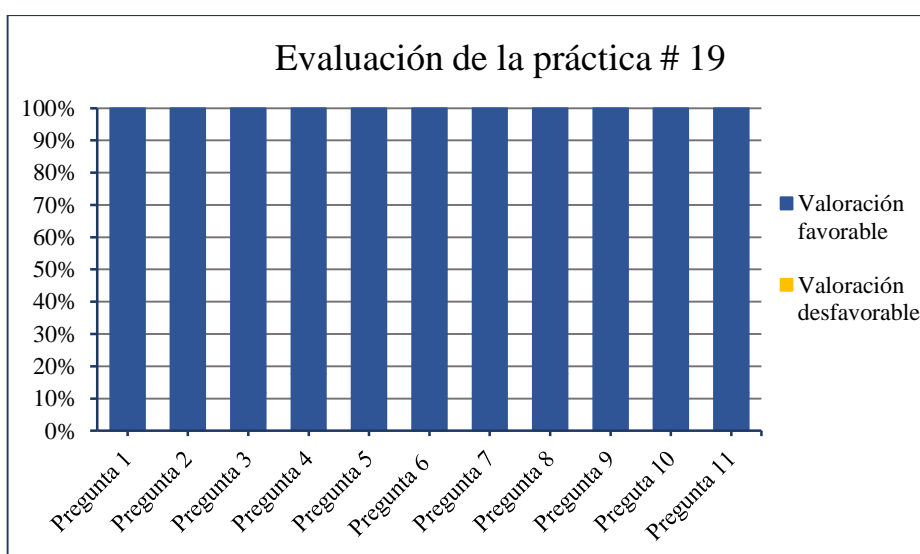


Figura 4.19 Evaluación de la práctica # 19.

4.3.20 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 20.

El desarrollo de la práctica # 20 se realizó con la participación de 25 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.21, la Figura 4.20 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.21 Resultados para la validación de la práctica # 20.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	4,00	96,00
4	0,00	0,00	0,00	12,00	88,00
5	0,00	0,00	0,00	4,00	96,00
6	0,00	0,00	0,00	20,00	80,00
7	0,00	0,00	0,00	4,00	96,00
8	0,00	0,00	0,00	12,00	88,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,00	0,00	0,00	16,00	84,00
11	0,00	0,00	0,00	16,00	84,00

En la Figura 4.20 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica, además no se registraron respuestas desfavorables.

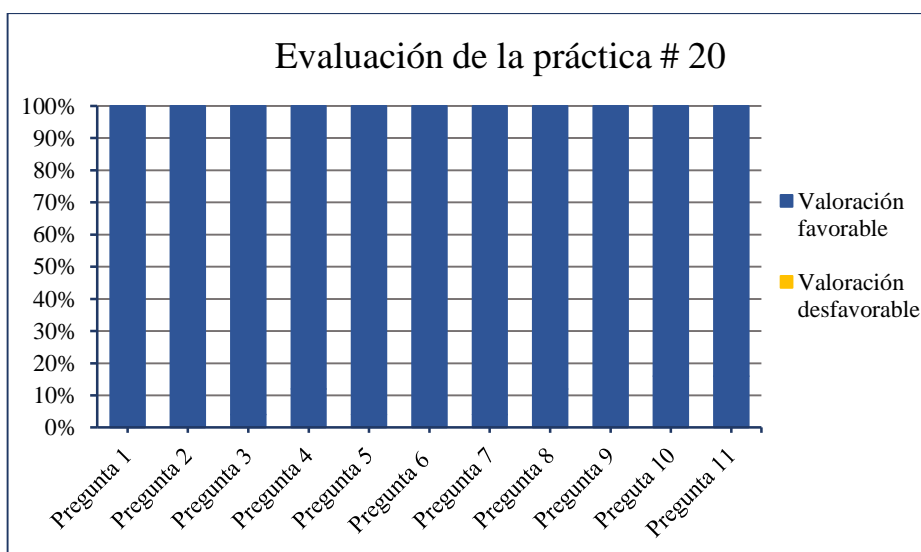


Figura 4.20 Evaluación de la práctica # 20.

4.3.21 EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA # 21.

El desarrollo de la práctica # 21 se realizó con la participación de 25 estudiantes. Con base en los resultados de la encuesta contenidos en la Tabla 4.22, la Figura 4.21 muestra los resultados de validación en forma porcentual.

Tabla 4.22 Resultados para la validación de la práctica # 21.

Número de pregunta	Validación				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	0,00	8,00	92,00
4	0,00	0,00	0,00	8,00	92,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
6	0,00	0,00	16,00	28,00	56,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	0,00	0,00	0,00	8,00	92,00
9	0,00	0,00	0,00	12,00	88,00
10	0,00	0,00	0,00	8,00	92,00
11	0,00	0,00	0,00	16,00	84,00

En la Figura 4.21 se muestra que todas las preguntas se encuentran valoradas favorablemente por encima de 80%, con lo cual se puede dar por validada la práctica. Sin embargo existen respuestas desfavorables para la pregunta 6 las cuál será examinada en la etapa de corrección de la práctica.

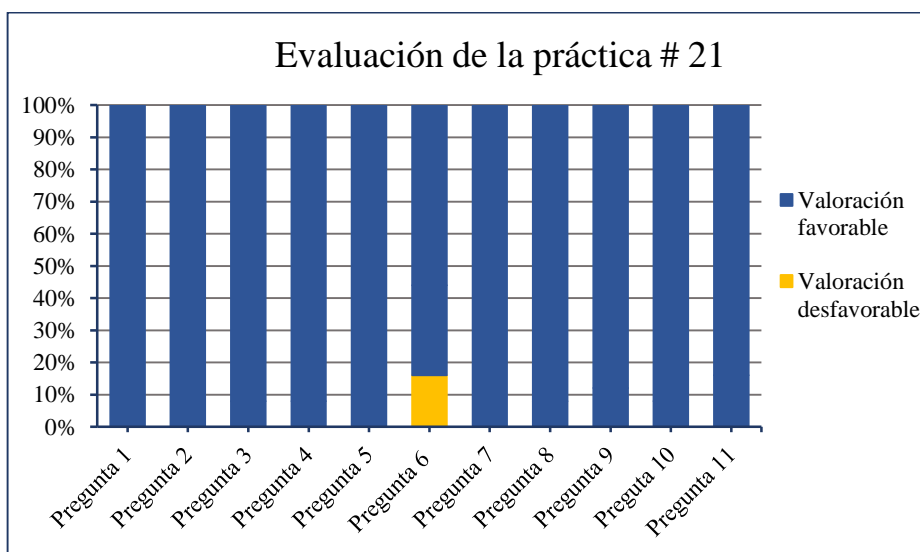


Figura 4.21: Evaluación de la práctica # 21.

4.4 RETROALIMENTACIÓN DEL PROCESO DE EVALUACIÓN.

4.4.1 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 1.

En esta práctica se presentaron valoraciones desfavorables en el campo relacionado con el aspecto visual, en las observaciones algunos estudiantes opinaron que la resolución de las imagen de la caja de simulación no era la adecuada pues no se distinguía el bit activo, además mencionaron que les gustaría experimentar el accionamiento manual de todas las estaciones de la célula MPS-500.

Se corrigió el error de la resolución de la imagen colocando fotos de mayor calidad. En cuanto al interés de los estudiantes por conocer todas las señales mediante la caja de simulación, se explicó que el procedimiento para levantar las señales de las estaciones de Distribución, Verificación, Procesamiento, Manipulación y Selección es similar pues poseen el mismo PLC, de tal manera que es suficiente aprender el manejo de la caja de simulación en una estación para luego replicarlo en otra.

La práctica corregida se encuentra en el apéndice C.

4.4.2 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 2.

La práctica 2 no posee valoraciones desfavorables, sin embargo entre las observaciones se encontró que, las computadoras del laboratorio en donde se encuentra la célula MPS-500 no cuentan con la licencia para el programa STEP7, por lo cual el docente tutor tuvo que transferir las licencias desde un pendrive hasta el computador, una vez que los estudiantes terminaron las prácticas formuladas para la clase, nuevamente volvió a guardar las licencias en el pendrive. Este proceso provoca una ligera demora, pues debe hacerse manualmente cada vez que se requiera utilizar el programa STEP7 instalado en las computadoras del laboratorio.

La práctica 2 se encuentra en el apéndice C.

4.4.3 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 3.

La práctica 3 presenta valoraciones desfavorables en el aspecto procedimental, más específicamente en el tema de equipos, pues en el momento que los estudiantes deseaban empezar a trabajar en la estación asignada, el cable del

adaptador MPI no tenía el largo suficiente para conectar las computadoras con las estaciones respectivamente.

Originalmente la práctica 3 se enfocaba en el levantamiento de las señales de la estación de Distribución, sin embargo, se observó que los estudiantes no podían realizar la práctica al mismo tiempo pues solo existe una estación de Distribución, por ello se decidió agregar una tabla con la descripción de todas las señales de las estaciones que se utilizarían para las prácticas siguientes, y la tarea de estudiante sería verificar las direcciones y familiarizarse con los componentes (sensores/actuadores) de las estaciones.

La práctica corregida y con la tabla de direcciones para cada estación se encuentra en el apéndice C.

4.4.4 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 4.

La práctica 4 no presenta valoraciones desfavorables, esto se debe a que la práctica 4 es un documento de carácter informativo que sirve como introducción a la programación de los bloques de funciones SCL y Grafcet, que indica procedimientos que se utilizarán en las prácticas subsecuentes.

La práctica 4 se encuentra en el apéndice C.

4.4.5 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 5.

En esta práctica se presentaron valoraciones desfavorables pues los estudiantes opinaron que hacía falta más información sobre la estación, por ello en las correcciones se añadió un gráfico que muestra la ubicación de los componentes en la estación que se utilizarán en la práctica, además de una breve descripción.

El apéndice C. muestra la práctica 5 con las correcciones.

Otra observación fue acerca de los temas abordados, pues ellos no habían utilizado el software STEP7 ni tampoco programado en SCL, por lo cual se mostraron inconformes pero a la vez entusiastas de conocer una nueva manera para la programación de autómatas.

4.4.6 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 6.

La práctica 6 no posee valoraciones desfavorables, sin embargo una de las observaciones es que se agregue el proceso para cargar el programa a PLC.

La práctica 6 corregida se muestra en el apéndice C.

4.4.7 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 7.

La práctica 7 no presenta valoraciones desfavorables, no obstante a pesar de que en la práctica 4 se aborda el tema de creación y programación de bloques de funciones, los estudiantes opinaron que era conveniente agregar una sección de recordatorio o resumen de los procedimientos más relevantes para la práctica.

El apéndice C muestra la práctica 7 con las modificaciones.

4.4.8 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 8.

Esta práctica posee valoraciones desfavorables en el aspecto relacionado con el equipo ya que los estudiantes debían cargar el programa y probar su funcionamiento en la misma estación, para solucionar este problema se asignó una estación a cada grupo de estudiantes.

En las prácticas 5 a la 14 se agregó una sección que indica brevemente los procedimientos para la creación de bloques de funciones, de esta manera el estudiante podrá guiarse y aplicar estos conocimientos para desarrollar las prácticas planificadas para la estación que le fue determinada. Las prácticas corregidas se encuentran en el apéndice C.

Los cambios se efectuaron en la práctica 5 hasta la 14, pues estas se enfocan en la programación del PLC y manejo de las estaciones de la célula MPS-500.

4.4.9 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 9.

La práctica 9 no presenta valoraciones desfavorables, una observación fue especificar que, antes de iniciar la prueba de funcionamiento en la mesa de la estación de proceso, esta debe ser girada de manera que se active sus sensores.

La práctica 9 corregida se muestra en el apéndice C.

4.4.10 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 10.

No existen valoraciones negativas para la practica 10, pero los estudiantes recomendaron que se explique cómo se deben colocar las piezas sobre la mesa giratoria para simular la secuencia planteada en el ejemplo.

La práctica 10 corregida se muestra en el apéndice C.

4.4.11 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 11.

La práctica 11 no posee valoraciones desfavorables, sin embargo existía un error ortográfico en la descripción de la tabla de variables utilizada para el sensor de la entrada de la banda de selección.

La práctica 11 corregida se muestra en el apéndice C.

4.4.12 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 12.

No existen valoraciones desfavorables para la práctica 12 ni tampoco observaciones por parte de los estudiantes, luego de revisar la redacción del contenido de la práctica se colocó en el apéndice C.

4.4.13 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 13.

La práctica 13 no posee valoraciones desfavorables. Existe una observación respecto a aspecto visual, pues la práctica no contiene el número especificado en el encabezado de presentación.

La práctica 13 muestra en el apéndice C.

4.4.14 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 14.

La práctica 14 no tiene valoraciones desfavorables, una de las observaciones es que la estación pinza de la estación no baja hasta el nivel del receptáculo de la estación sino que es colocada sobre la banda transportadora, lo cual le resta funcionalidad.

El apéndice C muestra la práctica 14.

4.4.15 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 15.

La práctica 15 no presenta valoraciones desfavorables. Entre las opiniones se encontró que hace falta la descripción de la estación, por ello se añadió parte de la exposición de la práctica 5, pues en la práctica 15 intervendrán los mismos elementos que los indicados en la práctica 5.

La práctica 15 muestra en el apéndice C.

4.4.16 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 16.

No existen valoraciones desfavorables para la práctica 16. Revisando las observaciones se encontró que existen Figura sin nombre y además que no se distingue el nombre del driver añadido al proyecto.

La práctica 16 se muestra en el apéndice C.

4.4.17 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 17.

La práctica 17 no contiene valoraciones desfavorables, sin embargo entre las observaciones se encontró que faltan dos direcciones para las variables de la interface gráfica. La práctica 15 de muestra en el apéndice C.

4.4.18 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 18.

La práctica 18 no contiene valoraciones negativas, sin embargo entre las observaciones se encontraban que se necesitaba más explicación sobre los sensores de la estación.

La práctica 18 de muestra en el apéndice C.

4.4.19 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 19.

La práctica no posee observaciones desfavorables, por lo cual se procede a revisar el formato y los demás aspectos de la práctica para luego colocarla en el apéndice C.

4.4.20 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 20.

No existen valoraciones negativas para la práctica 20, en las observaciones se encontró que es necesario añadir en la sección de exposición una tabla o gráfico que muestre las direcciones PROFIBUS de las estaciones en lugar de explicarlo en el desarrollo. Atendiendo a esta inquietud se agregó una tabla en donde se indican las direcciones PROFIBUS de todas las estaciones de la célula MPS-500. El apéndice C muestra la práctica modificada.

4.4.21 RETROALIMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA # 21.

La práctica 21 posee valoraciones desfavorables en el aspecto de los equipos debido a que la práctica estaba propuesta en la estación de transporte, que es la única que tiene red industrial AS-i, lo cual generó inconformidad en los estudiantes pues debían esperar su turno para probar el funcionamiento de la banda.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

El trabajo realizado para el Sistema Modular de producción, permitió aprender el manejo del software STEP7 usado para la programación de autómatas.

Mediante pruebas e investigación recopilada de las hojas de datos del MPS-500, se pudo conocer las características y funcionalidad de las diez estaciones que la conforman el sistema. Sin embargo se profundizó en el estudio de las estaciones de Distribución, Verificación, Manipulación II, Proceso, Selección y Transporte, pues en estas se realizaron las prácticas de laboratorio.

Luego de conocer las características de las estaciones seleccionadas fue posible elaborar secuencias para el manejo de las mismas en el software STEP7, para generar los bloques del programa se utilizaron los lenguajes KOP, SCL y Grafcet. La programación en diferentes lenguajes brinda la posibilidad de elegir el que sea más conveniente según el proceso y la estación en la que se aplique.

Para las estaciones de Distribución, Verificación, Manipulación II, Proceso y Selección se desarrollaron dos aplicaciones en cada una de ellas, que buscan potenciar el aprendizaje de la programación de los autómatas programables.

En cuanto a las redes industriales se pudieron elaborar dos aplicaciones orientadas al aprendizaje de las redes industriales PROFIBUS y AS-i. Aquí es importante tener en

cuenta las direcciones del BUS PROFIBUS al momento de programar los diferentes PLCs dado que si hay dos o más direcciones duplicadas se producirán errores en la comunicación.

Por otra parte se aprendió el manejo del software WinCC, en donde se realizaron aplicaciones SCADA para las estaciones de Distribución, Verificación, Manipulación II, Proceso y Selección, en las interfaces desarrolladas se colocó elementos que permitan visualizar el proceso o estado de las señales de las estaciones.

En base a las experiencias adquiridas mediante la familiarización y programación de secuencias para las estaciones, se logró desarrollar guías de prácticas que están enfocadas en potenciar el aprendizaje de sistemas automáticos, redes industriales y sistemas SCADA.

El desarrollo de las guías permite al estudiante aprender el manejo de las estaciones antes mencionadas, pues cada práctica contiene un ejemplo explicado paso a paso y luego se formula un ejercicio propuesto con lo cual se pondrá poner a prueba los procedimientos aprendidos.

Cabe recalcar que a pesar que el procedimiento para desarrollar cada aplicación en las estaciones está explicado detalladamente en la respectiva guía de práctica, hace falta la colaboración de un docente tutor o laboratorista, con el fin de precautelar la integridad de estudiante y la conservación de los equipos del laboratorio.

Finalmente, las prácticas fueron validadas por estudiantes de la carrera de ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, los cuales mediante una encuesta basada en una escala Likert dieron su opinión y evaluación sobre los procedimientos abordados. Con las observaciones recopiladas de esta encuesta se corrigieron y mejoraron ciertos aspectos que los estudiantes creían necesario; con lo cual finalmente se pudo dar por validadas todas las prácticas contenidas en la guía de laboratorio.

5.2 RECOMENDACIONES.

Luego de elaborar la guía de prácticas se evidenció la utilidad del sistema modular de producción MPS-500, pues cuenta con elementos que permiten simular un proceso de producción completo, además mediante el software WinCC se pueden programar alarmas, supervisión de eventos, entre otras. Por ello es importante el desarrollo de más aplicaciones para las estaciones que no fueron abordadas en el presente trabajo pues solo de esta manera se podrá aprovechar las características del MPS-500.

Se recomienda continuar con la programación de las estaciones y después trabajar sobre el sistema completo y además generar una interfaz en WinCC integrando elementos como alarmas, supervisión de procesos a través de Internet y diagnóstico de eventos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Festo Didactic, “MPS® 500-FMS: Producción flexible – compatible, modular y versátil”. [En línea]. Disponible en: <http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/mps-500-fms/mps-500-fms-produccion-flexible-compatible,modular-y-versatil.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC44NTUuNDI2MQ>.
- [2] W. Eckart and Intercon-Asia, *FMS50 Conveyor MPS 2000 Instructors Edition*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2004.
- [3] F. Ebel y M. Pany, *Distributing Station Manual*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2006.
- [4] F. Ebel y C. Knoblich, *Control console Manual*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2005.
- [5] Festo Didactic, “The stations in the Modular Production System at a glance”. [En línea]. Disponible en: http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/overview_mps_stations.pdf.
- [6] F. Ebel y M. Pany, *Testing Station Manual*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2006.
- [7] F. Ebel, *Handling station Assembly instructions*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2002.
- [8] F. Ebel y M. Pany, *Processing station Manual*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2006.

- [9] F. Ebel and M. Pany, *Robot station Manual*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2006.
- [10] Mitsubishi Electric, *MELFA Industrial Robot Standard Specification Manual Rv-1a/rv-2aj*. 2001.
- [11] F. Ebel and M. Pany, *Sorting station Manual*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2006.
- [12] G. Kinder, *MPS500 Conveyor*, no. 66. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2009.
- [13] E. Group, *EMCO CAM Concept M Software description*, no. 0. Hallein: EMCO group, 2009.
- [14] EMCO group, *TECHNICAL SPECIFICATION Concept TURN 55*, no. October. Hallein: EMCO group, 2012.
- [15] Siemens, *SIMATIC, Introducción y ejercicios prácticos*. 2010.
- [16] A. Barrientos and E. Gambao, *Sistemas de Producción Automatizados*. Madrid: Dextra Editorial S.L.
- [17] Siemens, *Training Document for Comprehensive Automation Solutions Totally Integrated Automation (T I A)*. 2008.
- [18] Siemens - Step7, "Programar con STEP 7," 2010.
- [19] Siemens AG, *SIMATIC HMI WinCC V7.4 Getting Started*. Núremberg, 2016.
- [20] P. Daneri, *PLC. Automatización y control industrial*. Buenos Aires: Editorial Americana S.A - H.A.S.A, 2008.
- [21] Siemens, *S7-SCL V5.3 para S7-300/400*. Núremberg, 2005.
- [22] F. Didactic, *Input/Output Simulator IOsim*. Festo Didactic.
- [23] J. Escobar and G. Domínguez, "ESTUDIO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS DE LA PANTA DE CONTROL DE PROCESOS 'A' DEL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA," Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2015.
- [24] J. Murillo, *Cuestionarios y escalas de actitudes*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2006.

APÉNDICES

APÉNDICE A: PLANTILLA PARA LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS


		PRÁCTICAS DE LABORATORIO MPS-500	
CARRERA:		ASIGNATURA:	
Nº. PRÁCTICA:		TÍTULO PRÁCTICA:	
OBJETIVOS			
INSTRUCCIONES		1. Requisitos y conocimientos previos	
		2. Equipos, instrumentos y software	
		3. Exposición	
		4. Proceso	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR			
RESULTADO(S) OBTENIDO(S):			
CONCLUSIONES:			
RECOMENDACIONES:			
REFERENCIAS:			

Figura A. 1 Plantilla para las guías de prácticas de laboratorio.

APÉNDICE B: MODELO DE ENCUESTAS PARA LA VALIDACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Encuesta para validación de las guías de práctica Laboratorio de MPS

Práctica No.....

Tema.....

De acuerdo a la escala proporcionada seleccione libremente la opción que Usted considere (solamente una)

Aspecto Visual

1. El tipo de letra, redacción y ortografía permiten una lectura fluida y comprensible de la práctica.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

2. Las imágenes presentadas en el documento son de utilidad al momento del desarrollo de la práctica.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

3. La resolución de las imágenes es adecuada para una correcta interpretación de los procedimientos.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

4. El preámbulo de la práctica (exposición del tema y marco teórico) aporta con la información necesaria para el desarrollo de la práctica.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

Aspecto procedimental

5. La información de la práctica se encuentra desarrollada de forma clara, comprensible y manteniendo una secuencia lógica.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

Figura B. 1 Hoja 1 del modelo de encuesta.

6. Los materiales, equipos y software necesarios para la práctica estaban disponibles en el laboratorio.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

7. Los temas abordados por la práctica corresponden al nivel de estudio en el que se encuentra.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

8. El tiempo para el desarrollo de la práctica fue el adecuado.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

Consecución de objetivos

9. Los objetivos planteados en la práctica se cumplieron con satisfacción.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

10. La práctica proporcionada propone acciones o procedimientos que promueven procesos de aprendizaje (investigar, analizar, deducir, observar).

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

11. El desarrollo de la práctica permite potenciar las destrezas del estudiante adquiridas en el transcurso de sus estudios.

Totalmente en desacuerdo	
En desacuerdo	
Ni de acuerdo ni desacuerdo	
De acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

Observaciones

.....

Figura B. 2 Hoja 2 del modelo de encuesta.

**APÉNDICE C: GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA
EL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN MPS-500.**