

**OBJETO DE APRENDIZAJE PARA LOS AUTÓMATAS S7-200 Y LOGO
SIEMENS BASADO EN AUTOMATISMOS LÓGICOS MEDIANTE LA
EMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES**

**JUAN CARLOS MESA DUARTE
RAMÓN ALEXIS ROJAS VARGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

**OBJETO DE APRENDIZAJE PARA LOS AUTÓMATAS S7-200 Y LOGO
SIEMENS BASADO EN AUTOMATISMOS LÓGICOS MEDIANTE LA
EMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES**

**JUAN CARLOS MESA DUARTE
RAMÓN ALEXIS ROJAS VARGAS**

Trabajo de grado para optar al título de INGENIERO MECÁNICO

**Director
JORGE ENRIQUE MENESES FLÓREZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

*A Dios, por preservar mi existencia en el mundo
y hacerme partícipe de su creación.*

*A mi mami Consuelito, por ser el ente de amor
y unión familiar.*

*A mi papá Horacio, por su innata nobleza y
destacable responsabilidad.*

*A mi hermana Silvita, por su excelente labor
como segunda mamá.*

*A mi hermanito consentido Farid Camilo,
por conservar el espíritu de pureza familiar.*

RAMÓN ALEXIS ROJAS VARGAS.

A mi madre Doralba por el cariño y amor incondicional.

*A mi padre pablo Eduardo por las palabras de apoyo, consejos
y el ejemplo dado en mi formación como persona.*

*A mis hermanos Jorge Eduardo y Diego Alejandro que
siempre han sido una fuente de motivación.*

JUAN CARLOS MESA DUARTE

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Familiares, quienes permiten complementar la labor de padre y madre, incentivando el deseo de superación personal y fortaleciendo las bases éticas y morales, haciéndonos personas íntegras.

Al profesor **Jorge Enrique Meneses Florez**, por compartir sus conocimientos y guiar el desarrollo del proyecto en cuestión.

A nuestros **Allegados**, por ser partícipes de nuestro logro y por servir como medio complementario en nuestra formación personal.

Muchas gracias.

Ramón Alexis Rojas Vargas
Juan Carlos Mesa Duarte

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. OBJETO DE APRENDIZAJE PARA LOS AUTÓMATAS S7-200 Y LOGO SIEMENS BASADO EN AUTOMATISMOS LÓGICOS MEDIANTE LA EMULACION DE PROCESOS INDUSTRIALES	22
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	23
1.3 OBJETIVOS	25
1.3.1 Objetivo general	25
1.3.2 Objetivos específicos	26
2. SÍNTESIS: OBJETO DE APRENDIZAJE EMULADOR DE PROCESOS INDUSTRIALES	29
3. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES EMULADOS	36
3.1 ESTACIÓN DE LLENADO DE CAJAS	36
3.2 HERRAMIENTA DE CORTE	39
3.3 SISTEMA LLENADO DE SILO	42
3.4 SISTEMA DE CUATRO BANDAS TRANSPORTADORAS	43
4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO EMULADOR	47
5. FUNCIONAMIENTO DEL BANCO EMULADOR	69
5.1 GENERALIDADES	69
5.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	72

5.3 PARTE DE CONTROL	73
5.3.1 Autómata S7-200 y LOGO de SIEMENS	73
5.4 PARTE OPERATIVA	77
5.4.1 Tarjeta controladora 5V-24V	77
5.4.2 Tarjeta controladora 24V-5V	77
5.4.3 Arduino 2560	78
5.5 HMI (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA)	80
5.5.1 HMI tablero de mando	80
5.5.2 HMI Logo	81
5.6 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DEL OBJETO DE APRENDIZAJE	82
6. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO “SIMATIC S7-200 SIEMENS”	86
6.1 CAPÍTULO 1 GAMA DE PRODUCTOS	87
6.2 CAPÍTULO 2 INSTALAR EL HARDWARE	88
6.3 CAPÍTULO 3 INSTALAR EL SOFTWARE	89
6.4 CAPÍTULO 4 GENERALIDADES DEL S7-200	90
6.5 CAPÍTULO 5 SOFTWARE STEP 7-MICRO/WIN	91
6.6 CAPÍTULO 6 CONFIGURACIÓN BÁSICA	92
6.7 CAPÍTULO 7 EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN STEP 7-Micro/WIN	93
6.8 CAPÍTULO 8 SIMULADOR S7-200	94
6.9 CAPÍTULO 9 PC SIMU	95
7. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO “LOGO SIEMENS”	97
7.1 CAPÍTULO 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	98
7.2 CAPÍTULO 2 VARIACIONES DE LOGO SIN PANTALLA	99
7.3 CAPÍTULO 3 PROGRAMACIÓN LOGO SIEMENS	100
7.4 CAPÍTULO 4 FUNCIONES DISPONIBLES LOGO SIEMENS	101
7.5 CAPÍTULO 5 CONFIGURACIÓN DE TEXTOS DE AVISO	102

7.6 CAPÍTULO 6 PROGRAMACIÓN POR MEDIO DE TABLERO DE MANDO	103
7.7 CAPÍTULO 7 LOGO SOFT COMFORT	104
8. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA GUÍA DE PRÁCTICAS (S7-200 Y LOGO SIEMENS)	106
9. CONCLUSIONES	108
10. RECOMENDACIONES	110
BIBLIOGRAFÍA	111
ANEXOS	112

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema general del proceso automático diseñado en el proyecto	31
Figura 2. Interacción entre la máquina (Arduino) y el autómeta	34
Figura 3. Tablero Emulador de una Estación de Llenado de Cajas	38
Figura 4. Tablero Emulador Control de una Herramienta de Corte	41
Figura 5. Tablero Emulador Sistema de Llenado de un Silo	45
Figura 6. Tablero Emulador Sistema de 4 Bandas Transportadoras	46
Figura 7. Banco Emulador de Proceso Industriales	48
Figura 8. Perfil de Construcción	49
Figura 9. Unión	50
Figura 10. Patas de Base	51
Figura 11. Carcasa superior	51
Figura 12. Soporte del Autómata	52
Figura 13. Conexiones Internas del Soporte	53
Figura 14. Detalles del autómeta Simatic S7-200 CPU 222 Siemens	54
Figura 15. Autómata LOGO! 12/24RC y su módulo de expansión	55
Figura 16. Módulo de Ampliación S7-200	56
Figura 17. Esquema del Puerto de Conexión	57
Figura 18. Pines del puerto estandarizado	58
Figura 19. Cable de Conexión	59
Figura 20. Tablero Emulador	60
Figura 21. Pulsador de apagado	61
Figura 22. Pulsador de arranque	61
Figura 23. Pulsador para parada de emergencia	62
Figura 24. Regletas de Comunicación	62
Figura 25. Arduino MEGA 2560 (vista lateral)	63

Figura 26. Arduino MEGA 2560 (vista superior)	64
Figura 27. Tarjeta integrada (Relés activados a 5V)	66
Figura 28. Tarjeta integrada (Relés activados a 24V)	66
Figura 29. Relé electrónico	67
Figura 30. Relé JQC-3F (T73) Activado a 24V	68
Figura 31. Relé JQC 3F (T73) Activado a 5V	68
Figura 32. Ciclo de funcionamiento del objeto de aprendizaje	71
Figura 33. Interacción persona-máquina en un proceso de automatización	72
Figura 34. Esquema general de un sistema automatizado	73
Figura 35. Autómata S7-200 SIMATIC CPU 222	74
Figura 36. LOGO BASIC 12/24 RC	74
Figura 37. EM 221 DC de siemens (8 entradas digitales a 24V)	75
Figura 38. EM 222 DC de siemens (8 salidas digitales 24V)	75
Figura 39. Dm8 12/24 RC (4 entradas 12V-24V y cuatro salidas tipo relé)	76
Figura 40. Esquema general de distribución de los pines	78
Figura 41. Tablero de mando	80
Figura 42. HMI Logo	81
Figura 43. Montaje -parte operativa-	84
Figura 44. Circuito general de conexiones -parte operativa-	85
Figura 45. Manual de usuario S7-200 Siemens	86
Figura 46. CPU S7-200	88
Figura 47. Diagrama interno del cableado del hardware	89
Figura 48. Pantalla de inicio STEP 7-Micro/WIN	90
Figura 49. Procesamiento de un esquema de circuitos en el S7-200	91
Figura 50. Plataforma de comunicación	93
Figura 51. Activación de cuatro bombas y su ciclado	94
Figura 52. Simulador S7-200 versión 3.0	95
Figura 53. Simulador PC_SIMU	96
Figura 54. Manual de usuario LOGO Siemens	97
Figura 55. LOGO! 24RC	99

Figura 56. LOGO! 230RCo	100
Figura 57. LOGO! Soft Comfort V6.0	101
Figura 58. Disponibilidad de funciones	102
Figura 59. Plataforma texto de aviso	103
Figura 60. LOGO! 12/24 RC	104
Figura 61. Plataforma general del software LOGO Soft Comfort	105
Figura 62. Guía de prácticas	106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Nomenclatura Estación de Llenado de cajas	37
Tabla 2. Nomenclatura Herramienta de corte	40
Tabla 3. Características técnicas	54
Tabla 4. Características LOGO! Basic	55
Tabla 5. Combinaciones E/S para Módulos	56
Tabla 6. Puerto Estandarizado	58
Tabla 7. Zonas del Tablero Emulador	61
Tabla 8. Características funcionales del Arduino MEGA 2560	63
Tabla 9. Conexión entre autómatas y pines del Arduino “Entradas”	79
Tabla 10. Conexión entre autómatas y pines del Arduino “Salidas”	79

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS	113
ANEXO B. FICHAS TÉCNICAS	124
ANEXO C. DIAGRAMAS DE CABLEADO	127
ANEXO D. MÓDULOS DE AMPLIACIÓN	130
ANEXO E. FICHA TÉCNICA DE UN RELÉ ELECTRÓNICO	133
ANEXO F. DISEÑO DE LAS TARJETAS CONTROLADORAS	135

RESUMEN

TITULO: OBJETO DE APRENDIZAJE PARA LOS AUTÓMATAS S7-200 Y LOGO SIEMENS BASADO EN AUTOMATISMOS LÓGICOS MEDIANTE LA EMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES*

AUTORES: ROJAS VARGAS Ramón Alexis,
MESA DUARTE Juan Carlos**

PALABRAS CLAVES: Automatismo, emulador, autómata programable, arduino, proceso industrial, control.

DESCRIPCIÓN

La formación del ingeniero mecánico requiere de la implementación de los recursos necesarios sobre la temática relacionada con la automatización industrial, dado el auge que se presenta en la industria por el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan la optimización de recursos. Por este motivo se hace necesario que se presente un acercamiento por parte del estudiante a los API (autómatas programables industriales) y las tecnologías relacionadas con el control de procesos, para que de este modo adquiera las herramientas y competencias necesarias para el desarrollo de su ejercicio profesional.

Debido a lo anterior, se realiza el diseño y construcción del objeto de aprendizaje para los autómatas S7-200 y LOGO de Siemens, que mediante el uso de automatismos lógicos efectúa el control de cuatro procesos industriales, estos son, “Sistema de llenado de cajas, Sistema de cuatro bandas transportadoras, Sistema de llenado de un silo y Sistema de herramienta de corte”, los cuales son emulados por medio de una placa Arduino MEGA 2560 y visualizados por medio de tableros esquemáticos, permitiendo consolidar los conocimientos sobre los autómatas programables de una manera práctica y fomentando un aprendizaje gradual en los estudiantes.

Se estructuraron 2 manuales teóricos en los cuales se compila la información sobre la constitución, manipulación, programación, simulación e implementación de los PLC’S de interés, permitiendo crear las bases y conocimientos necesarios para el desarrollo de los ejercicios propuestos en la guía de prácticas.

Mediante el uso del microcontrolador Arduino MEGA 2560 se logró la emulación de procesos industriales, dando la flexibilidad de reproducir las condiciones de funcionamiento real de una máquina.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica. Ing. Jorge Enrique Meneses Flórez.

ABSTRACT

TITLE: LEARNING OBJECTS FOR S7-200 AND LOGO SIEMENS PLC'S BASED IN LOGICAL AUTOMATISMS BY MEANS OF EMULATING INDUSTRIAL PROCESSES^{*}.

AUTHORS: ROJAS VARGAS Ramón Alexis,
MESA DUARTE Juan Carlos^{**}.

KEY WORDS: Automatism, emulator, programmable controller (PLC), arduino, industrial process, control.

DESCRIPTION:

Mechanical engineering education requires the implementation of the necessary resources on related issues to industrial automation, due to development of new industrial technologies that allows the optimization of resources. For this reason, the approach of the student with the API (industrial PLC) and related technologies to process control are required. In this way, students acquire tools and skills for the development of their professional practice.

Because of this, the design and construction of the learning object for S7-200 and LOGO Siemens PLC'S is performed. The learning object uses logical automatism to effect control of four industrial processes, these are, "Boxes filling system, system of four conveyor belts, Silo filling system and cutting tool system", which are emulated by an Arduino MEGA 2560 and displayed by schematic boards, this allows to consolidate knowledge about programmable controllers in a practical way and promotes a gradual learning in students.

Two theoretical manuals were structured, in which information is compiled according to these parameters: formation, handling, programming, simulation and implementation of the interest PLC'S, allowing the creation of knowledge bases for the development of the exercises in the practice guide.

Through Arduino MEGA 2560 microcontroller was achieved the industrial processes emulation, giving flexibility to reproduce the actual operating conditions of a machine.

^{*} Graduation Project

^{**} Faculty of Physical – Mechanical Engineering. Mechanical Engineering School. Eng. Jorge Enrique Meneses Florez.

INTRODUCCIÓN

Desde su creación, el hombre ha venido perfeccionando su forma de proyectarse en entornos ligados a su diario vivir, es por esto, que en cierto punto de su vida, ha pretendido complementarla con aspectos de índole tecnológico, que promuevan un bienestar e impulsen sus deseos de subsistencia; es aquí donde yace la Automatización Industrial, producto de la necesidad en el mejoramiento de la calidad de vida, reflejado en la optimización de procesos que posibiliten contrarrestar el incremento de la demanda en todos los aspectos ligados con el ser humano.

La ingeniería Mecánica, como herramienta útil en el desarrollo humano, permite abordar aspectos relacionados con la transformación y utilización de la energía, diseño de maquinaria, equipos de transporte, producción de aeronaves, elevadores entre otros, los cuales, ya son temas ampliamente abordados, aunque esto no indica que no puedan ser objetivos de nuevas tecnologías, en pro del bienestar humano; por ende surge la necesidad de ligar diversos aspectos de las ingenierías para afianzar herramientas mucho más eficaces y complejas, que permitan satisfacer las necesidades de las sociedades actuales.

La escuela de ingeniería mecánica no ha hecho caso omiso al evidente cambio tecnológico que ha sufrido la humanidad en el sector industrial, y desde hace varios años ha incentivado al desarrollo tecnológico en sus pertenecientes (estudiantes) y a incursionado en temas relacionados con la Automatización Industrial, es por esto que surge nuestro proyecto de grado, como medio para difundir dicho legado, y tocar el campo relacionado con la optimización de procesos industriales.

Producto de lo anteriormente establecido, el proyecto de grado abarca aspectos de tipo industrial y consecuentemente a lo afirmado, se afianzó rotundamente el concepto de Automatización Industrial en procesos industriales, brindando a los estudiantes una visión específica de los alcances que tiene la Automatización Industrial, por medio de los Autómatas Programables, en este caso los S7-200 y LOGO de Siemens, en el sector productivo.

Teniendo en cuenta la objetividad del presente trabajo de grado, se establecieron dos parámetros base complementarios, con el fin de estructurar eficientemente toda la información, acorde a un proceso de aprendizaje gradual:

1. Parámetro base teórico: determinado con el diseño y elaboración de material bibliográfico, que permita la adquisición de conocimiento referente al campo.
2. Parámetro base práctico: establecido mediante la emulación de cuatro procesos industriales, por medio de los autómatas S7-200 y LOGO de Siemens, y con la implementación del microcontrolador Arduino Mega 2560.

1. OBJETO DE APRENDIZAJE PARA LOS AUTÓMATAS S7-200 Y LOGO SIEMENS BASADO EN AUTOMATISMOS LÓGICOS MEDIANTE LA EMULACION DE PROCESOS INDUSTRIALES

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Desde sus inicios como parte representativa de la universidad industrial de Santander -UIS-, la escuela de ingeniería mecánica ha venido fomentando una formación profesional en sus pertenecientes, acorde a las necesidades actuales de la sociedad en el campo ingenieril y humano, por medio de sus enseñanzas de orden teórico-prácticas, ya que se ha demostrado que es un método de enseñanza viable en el desarrollo mental de los aprendices.

A causa de la constante evolución tecnológica referente al campo de la automatización industrial, surge la necesidad de una renovación permanente tanto de equipos como de conceptos ligados al tema; por tal motivo la escuela de ingeniería mecánica hace parte íntegra en este aspecto y promueve este cambio, a tal punto de actualizar su pensum académico e implementar en sus instalaciones los medios propicios para tal fin; de esta forma se pretende promover un ambiente acorde a las circunstancias. Dicho cambio sustancial liga al surgimiento de nuevas estrategias académicas para satisfacer los nuevos contenidos presentes en las asignaturas relacionadas con la temática en cuestión.

A partir del año 1991, la escuela de ingeniería mecánica incursionó en el campo de la automatización industrial con la creación de un laboratorio dedicado a la enseñanza de la misma, este proceso se llevó a cabo por alrededor de 15 años mediante la materia electiva autómatas programables, en la cual se trabaja con autómatas de gama media (S7-300 Siemens). En el año 2006, se realizó la

reforma al plan de estudios de Ingeniería Mecánica, por lo cual se hizo necesaria la reestructuración del laboratorio de Automatización Industrial debido a la inclusión de materias como Electricidad y Electrónica Básica y Sistemas Mecatrónicos. Dada la necesidad de equipos que contaran con características acordes para el aprendizaje de estas asignaturas, se adquirieron autómatas de gama baja (S7-200 Siemens) y nano autómatas (LOGO Siemens), los cuales además de tener un costo reducido con una programación sencilla ofrecen un gran potencial para crear las bases necesarias para la programación de PLC's de alto nivel.

Con la compra de equipos (S7-200 y LOGO Siemens) se viabilizó la realización de proyectos ligados a las nuevas materias (Accionamiento de Motores Eléctricos Basados en Lógica Programada), los cuales incorporan los autómatas de interés; sin embargo, debido a que en la actualidad no se poseen las herramientas didácticas óptimas que ayuden a fomentar un aprendizaje eficiente por parte de los estudiantes, dichos proyectos no han sido del dominio de los aprendices.

La falta de información estructuralmente acorde y enfatizada al aprendizaje de estudiantes que no han tenido contacto alguno con elementos utilizados en la Automatización Industrial se hace notable y es la causa más relevante del poco conocimiento que se tiene sobre dicho tema, siendo este ítem el inconveniente más notable a la hora de emprender una relación fructífera con los autómatas programables de Siemens, más específicamente con los S7-200 y los Logos de la misma marca.

1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

El proceso de aprendizaje por el cual se adquieren habilidades para determinadas áreas debe ser llevado de una manera gradual y de un modo que se le facilite al

estudiante la comprensión de los conceptos; una de las formas más eficientes en la consolidación del conocimiento es mediante la realización de un estudio teórico de la información con una posterior aplicación en la práctica de la misma. En la actualidad la escuela de Ingeniería Mecánica cuenta con el laboratorio de Automatización Industrial que es el medio propicio para que se lleve a cabo el proceso de aprendizaje de materias impartidas en el plan de estudio como lo son Automatas Programables, Automatización Industrial, Sistemas Mecatrónicos, Electricidad y Electrónica Básica.

Con el fin de promover el legado de enseñanza y para contribuir a que el estudiantado posea las herramientas necesarias para una formación integral, se estructura la solución al problema que se ha identificado, teniendo en cuenta los aspectos que potencialicen las habilidades y necesidades demandadas en el entorno laboral, por ende se hace necesaria la selección, organización y estructuración de la información relacionada con los autómatas S7-200 y Logo Siemens, para una posterior compilación en manuales que permitan al estudiante adquirir el conocimiento relacionado concerniente a la constitución, manipulación, programación, simulación e implementación de los mismos para un correcto funcionamiento.

Por otra parte, se construirá un banco didáctico, que permita al usuario, tener la posibilidad de plasmar y reforzar sus conocimientos previos teóricos relacionados con los PLC's; aunque se podría encontrar en el mercado un modelo práctico referente a estos autómatas, no se consideró la compra de este debido a su alto costo de adquisición y a su inadecuado enfoque didáctico con respecto al contenido preestablecido en las asignaturas pertinentes, ya que no fomenta un aprendizaje gradual que permita originar y afianzar las bases necesarias para una manipulación fructífera de los elementos utilizados.

Dicho banco funcionará con un autómata S7-200 y un Logo de Siemens, los cuales proporcionarán un control flexible y eficiente de un sistema que emule ciertos procesos industriales de amplia aplicación en la industria, permitiendo un modelo de enseñanza apto al poco conocimiento que se tiene frente al tema en materias como Electricidad y Electrónica Básica y Sistemas Mecatrónicos, y que forme al estudiante en parámetros básicos relacionados con la automatización industrial, para su evidente y posterior paso por la asignatura Autómatas Programables. En dicho banco se pretende la estandarización del puerto de conexión entre el autómata y el objeto de aprendizaje, con el fin de dar compatibilidad entre diversos autómatas y el sistema.

En el banco se podrán realizar simultáneamente dos prácticas, una relacionada con el autómata S7-200 Siemens y la otra ligada con la utilización del LOGO Siemens, teniendo una capacidad total de cuatro alternativas de procesos emulados, de esta forma se pretende el aprovechamiento apropiado de los elementos disponibles, por lo cual la distribución de las prácticas a realizar in-situ debe ser planteada de una manera independiente aunque contando con una estructura en común.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar herramientas pedagógicas adecuadas para el óptimo y progresivo aprendizaje de los autómatas S7-200 y LOGO Siemens, contribuyendo al desarrollo de la misión de la Universidad Industrial de Santander en la formación de profesionales con alta calidad y desempeño laboral eficiente.

1.3.2 Objetivos específicos

Diseñar y construir un banco de entrenamiento didáctico para los autómatas S7-200 y Logo de Siemens, en el cual se emulen cuatro procesos de aplicación industrial¹:

- Sistema de control de cuatro cintas transportadoras conectadas en serie.
- Control de un sistema de llenado de un silo.
- Control de una Herramienta de corte.
- Llenado de una estación.

Especificaciones del banco:

- Funcionamiento por medio de automatismos lógicos (on/off).
- Dimensiones del banco 150 x 100 x 70 cm.
- Puerto de conexión estandarizado que permitirá la conexión entre el emulador y los autómatas S7-200 y LOGO de Siemens.
- Dimensiones de cada emulador 40 x 30 cm.
- Cada autómata contará con una estructura independiente ensamblable al banco principal.

Diseñar 5 prácticas con características estructurales enfatizadas en un aprendizaje gradual del autómata S7-200 y LOGO Siemens por parte del estudiante, fomentando y asegurando un proceso eficaz, ascendente e integrativo de conceptos relacionados con los parámetros descritos a continuación

¹ Ver numeral 3

- Montaje, desmontaje y cableado tanto del LOGO Siemens como del Autómata S7-200. Teniendo en cuenta: montaje en el perfil soporte, conexión de la alimentación, conexión de las entradas y las salidas de los ya mencionados.
- Programación respectiva de los autómatas programables, a partir de Step7-MicroWin V4.0 y Logo Soft comfort, software para los Autómatas S7-200 y LOGO Siemens respectivamente, identificando bornes de entrada y salida, relacionándolos con los bloques y enfatizando en las funciones lógicas GF y funciones especiales SF pertinentes.
- Parametrización de aspectos relacionados con la estructura de programación y su posterior influencia en los sistemas emulados. Dichos parámetros modificables se reflejan en temas como: tiempos de retardo de funciones de tiempo, tiempos de conexión de los temporizadores, valores umbral de un contador, intervalo de supervisión de un contador de horas de servicio, umbrales de conexión y desconexión del interruptor de valor umbral, entre otros.
- Comunicación y transferencia de datos entre el PC y los autómatas a trabajar, teniendo en cuenta criterios de conexión entre las partes.

Elaborar un manual en el cual se compile la información relacionada con el manejo, uso y programación del autómata S7-200 Siemens. Se incluirá en el mismo la temática necesaria para la manipulación de los siguientes programas:

1. Step7-MicroWin V4.0.
2. PC-Simu.
3. Simulador S7-200

Elaborar un manual para manejo y programación del Logo Siemens con el fin de brindar soporte al aprendiz, dicho manual enfatizará en las bases de programación tanto de modo manual como la realizada por computadora con el software Logo Comfort.

2. SÍNTESIS: OBJETO DE APRENDIZAJE EMULADOR DE PROCESOS INDUSTRIALES

El presente capítulo permite al lector tener una idea general sobre el desarrollo y ejecución del proyecto de grado.

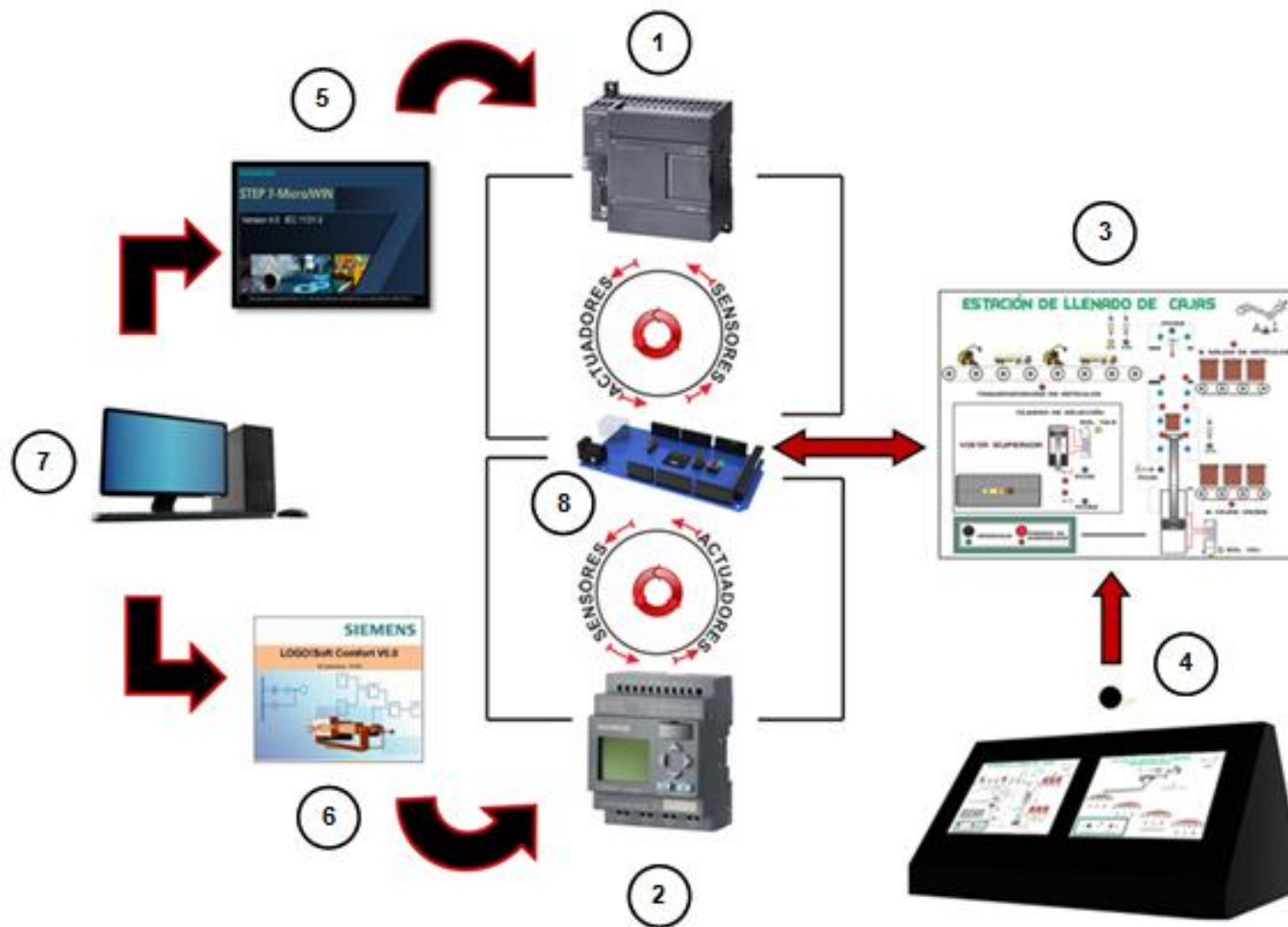
La finalidad del objeto de aprendizaje es brindar un soporte práctico en la aplicación de los conocimientos teóricos sobre los autómatas de gama baja S7-200 **(1)** y LOGO BASIC de SIEMENS **(2)**. Dicha herramienta de aprendizaje se estructuró teniendo en cuenta que el usuario adquiriera las competencias básicas en el campo de la Automatización Industrial y previendo que se presente un enlace con los conocimientos previamente adquiridos en las materias de Electricidad y Electrónica Básica, y Sistemas Mecatrónicos.

El objeto de aprendizaje dispone de una estructura de aluminio que soporta los elementos del sistema emulador. El fin práctico de un sistema emulador es reproducir el comportamiento real del proceso industrial, sin la necesidad de la construcción e implementación de los elementos reales, lo que ofrece ventajas de tipo pedagógico, económico y espacial. Ubicados sobre la superficie de la carcasa, se encuentran los cuatro tableros emuladores **(3)**, cada uno de los cuales representa un proceso industrial diferente. La visualización del proceso se realiza por medio de un esquema gráfico complementado con indicadores luminosos (led's) que muestran en qué etapa se encuentra la emulación.

La selección de los procesos estuvo basada en el criterio de una utilización general de todos y cada uno de los elementos de programación con que cuentan los autómatas programables previstos y del alcance respectivo propuesto por el software de dominio individual de éstos; por otra parte, se tuvo en cuenta que los

sistemas emulados pertenecieran y estuvieran ligados rotundamente al margen de procesos industriales utilizados en la actualidad.

Figura 1. Esquema general del proceso automático diseñado en el proyecto



Fuente: Autores

Cuando se puso en marcha la implementación del banco de aprendizaje **(4)**, se estudiaron alternativas que permitieran realizar un sistema de emulación, en el cual se reformara el modo en que se generaban las señales de entrada al Autómata Programable. En emuladores precedentes, las señales eran generadas por medio de interruptores que el usuario activaba sin tener una limitación de procedimiento, es decir, éstas podían ser producidas de manera errónea sin tener en cuenta las condiciones de funcionamiento específicas para el proceso emulado, es por ello, que se implementa una herramienta que permite al usuario atender a los requerimientos reales del proceso y además de esto, adquiera habilidades de programación que complementen los conocimientos sobre el manejo de señales digitales, inmersas en el álgebra booleana y representadas mediante automatismos lógicos. Dicha herramienta se conoce con el nombre de Arduino MEGA 2560 **(8)**, y es la encargada de generar las señales emuladas de los sensores, ya sean estos de tipo capacitivo, inductivo, finales de carrera entre otros, que funcionan mediante el uso de señales digitales.

La placa Arduino **(8)** se presenta como el mecanismo para que el estudiante tenga un enlace entre la temática tratada en la actualidad en Sistemas Mecatrónicos y la que se imparte en Autómatas Programables, de este modo se permite consolidar los conocimientos adquiridos, y se tiene la posibilidad de realizar una comparación entre una herramienta pedagógica como lo es el Arduino y los autómatas que son usados ampliamente en la industria.

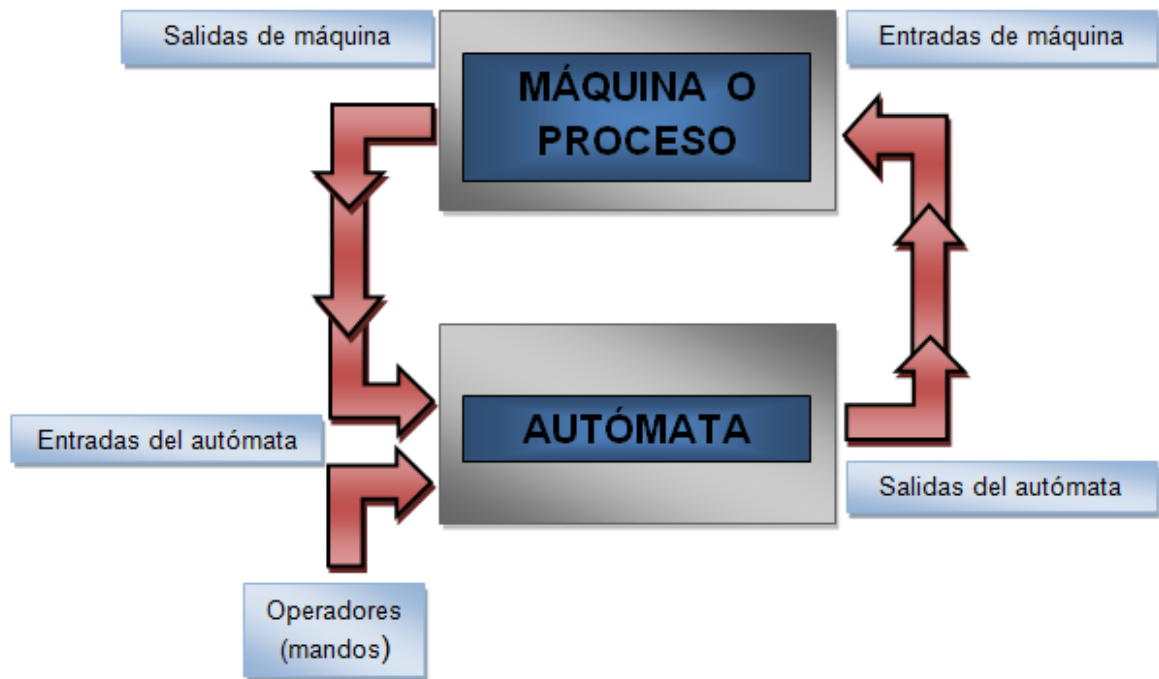
La visualización del proceso se realiza por medio del tablero emulador **(3)**, éste se encuentra comunicado con el Arduino MEGA 2560 **(8)**, que es el encargado de activar los indicadores luminosos, los cuales hacen referencia a sensores, actuadores y preactuadores. Dicha activación es consecuencia del proceso lógico que se lleva a cabo tanto en el Arduino como en el Autómata Programable, ya que el primero es el encargado de emular los sensores y el segundo está a cargo del control del proceso (activación de actuadores y preactuadores).

El Autómata Programable S7-200 CPU 222 **(1)** requiere de una tensión mínima en las entradas de 15 VDC para que sea reconocida la señal de activación (1 o verdadero, en lógica booleana), y el Micro PLC LOGO Basic 12/24RC **(2)** requiere de 12 VDC para la activación de las mismas, por lo cual, la placa Arduino no puede comunicarse directamente con el Autómata, ya que las salidas digitales del Arduino MEGA 2560 proporcionan una tensión de 5 VDC, la cual no es suficiente para que se presente la activación de las mencionadas. Es por esto, que se requiere la implementación de una tarjeta que utiliza cada una de las salidas del Arduino como señal de control, estas señales provenientes del Arduino permiten la activación de relés de 5 VDC que producen comunicación con 24 VDC hacia la entrada del autómata, realizando por consiguiente su activación.

Una vez se presenta la activación de las entradas del autómata, éstas son memorizadas en la imagen de proceso de las entradas (PAE) y mediante esta información, el PLC ejecutará el programa de control que ha sido cargado previamente y de acuerdo a la lógica que se ha establecido, se modifica el estado de las salidas.

El control del proceso que se emula se realiza por medio del PLC. En el objeto de aprendizaje se ha implementado el uso de los autómatas S7-200 CPU 222 **(1)** y LOGO BASIC 12/24 RC **(2)**, los cuales cuentan con características similares en cuanto a la tensión que requieren para la activación de sus entradas, lo que permite tener flexibilidad en cuanto al uso de cualquiera de éstos al momento de realizar las prácticas.

Figura 2. Interacción entre la máquina (Arduino) y el autómata



Fuente: Autores

Luego que el autómata genera las señales de salida, éstas deben ser comunicadas a la máquina (emulada por la placa Arduino), la cual es la encargada de ejecutar las acciones y como consecuencia de esto, es generada la información que debe ser enviada de vuelta al autómata (activación de sensores), indicando los resultados de las mismas.

Los PLC que se usan en el banco emulador generan sus salidas con una tensión de 24 VDC, por lo cual se presenta el inconveniente de que éstas no pueden ser conectadas directamente con la placa Arduino, dado que los pines digitales que se han configurado como entradas en ella, funcionan con una alimentación de 5VDC, por tal motivo, se requiere el uso de una tarjeta controladora que mediante la señal de salida del autómata, realiza la activación de relés de 24 VDC, que al energizar su bobina permitan el paso de 5 VDC, requeridos para generar una señal lógica 1 en las entradas del Arduino. Cada uno de los autómatas anteriormente

mencionados, requieren de un software específico para estructurar la programación pertinente con el control de los procesos:

- **Software STEP 7-Micro/WIN (5)**

Plataforma de programación para la gama de autómatas SIMATIC S7-200 de Siemens, cuenta con tres lenguajes de programación **KOP** (esquema de contactos), **FUP** (bloque de funciones) y **AWL** (lista de instrucciones), cada programa cuenta con un conjunto de operaciones lógicas que permiten mediante su combinación lograr la secuencia de funcionamiento requerida.

- **LOGO Soft Comfort (6)**

Software de programación para la familia de autómatas LOGO de Siemens, cuenta con dos lenguajes de programación **KOP** y **FUP**. Ofrece un entorno de trabajo sencillo y práctico, permitiendo al usuario que se desarrollen programas con cierto grado de facilidad.

La información necesaria para la aprehensión relacionada con el funcionamiento de los autómatas previstos como objetos de control en el banco, se focalizó en el diseño y posterior realización de dos (2) manuales de usuario, denominados “SIMATIC S7-200 SIEMENS y LOGO SIEMENS”, junto con el desarrollo de un tercer mecanismo de aprendizaje enfatizado en el desarrollo práctico de los conocimientos previamente adquiridos.

3. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES EMULADOS

Los procesos emulados presentados en este capítulo son de tópicos conceptual cuya finalidad es la de interrelacionar las ventajas provenientes de la automatización industrial con la optimización de procesos industriales, estos últimos fueron planteados, estructurados y ensamblados en el objeto de aprendizaje con el fin de brindar las bases necesarias en estudiantes que no han tenido contacto alguno con autómatas programables industriales, por ende la complejidad del proceso no es primicia, cabe resaltar que con esto no se inhibe la aprehensión de conceptos relacionados con el funcionamiento de un proceso actual, ya que cada proceso fue seleccionado con esta finalidad.

3.1 ESTACIÓN DE LLENADO DE CAJAS

En este proceso se emula el llenado de cajas con dos artículos de características y referencias diferentes, la cantidad necesaria de cada elemento es predeterminada por el usuario a través del programa que se carga en el PLC.

El operador es el encargado de iniciar la secuencia del proceso mediante el pulsador de arranque ubicado en el tablero de control, en este momento se activa la banda encargada de transportar las cajas vacías, cuando el sensor **S.PO** detecta su paso, envía la señal que permite la activación de **SOL. V.D.I**, permitiendo de esta forma que el cilindro de elevación se expanda hasta que el final de carrera **FCCE2** es activado. Cuando la caja se encuentra en la posición adecuada, en las condiciones óptimas de llenado, la banda transportadora de artículos inicia su marcha, donde los artículos son dispuestos de manera aleatoria y son detectados por dos sensores (1 inductivo, 1 capacitivo). Cada sensor es el encargado de

contar el paso de un artículo específico. Dado que las cajas son llenadas con una cantidad establecida de cada artículo, y que su colocación en la línea de llenado de cajas se lleva a cabo de un modo aleatorio, los artículos que son transportados una vez es alcanzado el umbral, son rechazados por medio de un cilindro de selección, permitiendo de esta forma que la caja sea llenada con el número establecido de artículos de cada referencia.

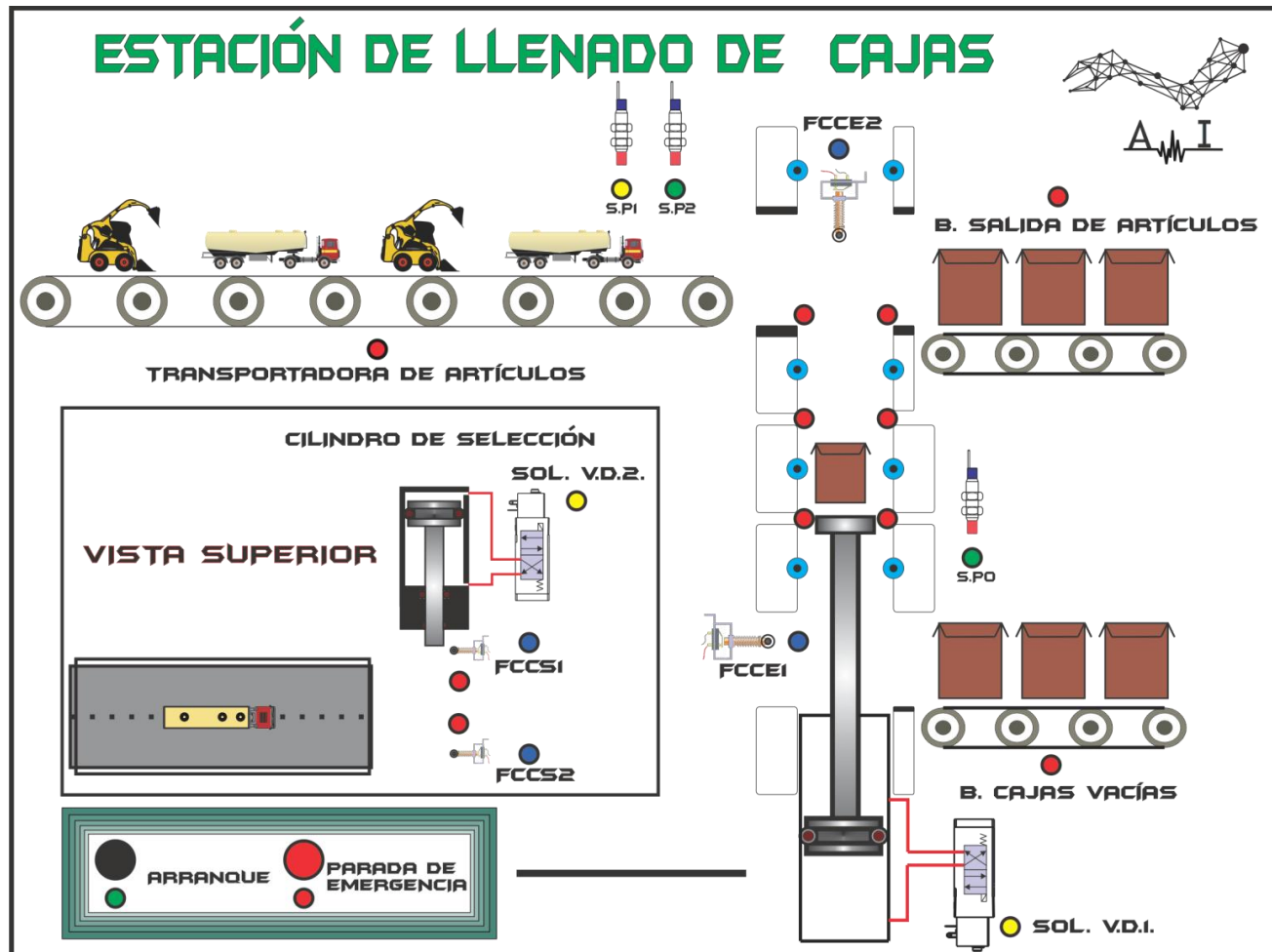
Una vez son cumplidos los requerimientos en el llenado de la caja, se desactiva la banda de transporte de artículos y la caja es retirada de la estación de llenado por medio de la banda de salida de artículos. Además de ello, el cilindro de elevación se contrae hasta llegar al sensor final de carrera **FCCE1**, luego de ser desactivado el solenoide **SOL. V.D.I**, para de este modo tener a disposición el sistema e iniciar la secuencia de llenado. El tablero emulador cuenta con un pulsador de emergencia que coloca el proceso en las condiciones iniciales, para que una vez solucionado el inconveniente pueda volver a efectuarse el proceso.

Tabla 1. Nomenclatura Estación de Llenado de cajas

SIGLAS	DEFINICIÓN
SOL. V.D.I	Solenoide de la válvula direccional 1.
S.P0	Sensor de posición 0.
S.P1	Sensor de posición 1.
S.P2	Sensor de posición 2.
FCCE1	Final de carrera cilindro de elevación 1.
FCCE2	Final de carrera cilindro de elevación 2.
FCCS1	Final de carrera cilindro de selección 1.
FCCS2	Final de carrera cilindro de selección 2.
SOL. V.D.2	Solenoide de la válvula direccional 2.

Fuente: Autores.

Figura 3. Tablero Emulador de una Estación de Llenado de Cajas



Fuente: autores.

3.2 HERRAMIENTA DE CORTE

Se presenta la emulación de un proceso que realiza el corte de una cantidad establecida de varillas con una longitud determinada. Una vez el umbral de varillas a cortar es alcanzado, el proceso es finalizado de forma automática.

El proceso cuenta con una etapa de corte y otra de transporte. La secuencia del proceso es iniciada por medio del pulsador de arranque, el cual energiza el sistema, luego el subsistema que proporciona la presión es encendido, permitiendo de esta forma que los cilindros realicen el transporte y corte de las varillas.

Una vez el subsistema de presión es encendido y los cilindros se encuentran en la posición inicial (**FCCT1** y **FCCC1** se encuentren activados), se inicia el corte de las varillas. Primero es activado el solenoide **SOL. V.D.1**, haciendo que el cilindro de transporte salga hasta que activa su final de carrera correspondiente **FCCT2**, el cual envía la señal que acciona el solenoide **SOL. V.D.2** y de esta manera el cilindro de corte se expande hasta que llega al final de carrera **FCCC2**, en este momento, la varilla ha sido cortada y es transportada para su embalaje por medio de una banda transportadora, la cual se activa sólo por un tiempo determinado.

Los cilindros después de realizar el corte vuelven a su posición inicial debido a que **SOL. V.D.1** y **SOL. V.D.2** son desactivados. La secuencia se repite hasta que la cantidad de varillas requeridas es alcanzada y se indica al usuario que el proceso ha finalizado.

El proceso cuenta con un pulsador para apagado y otro para realizar la parada de emergencia, la principal diferencia entre éstos, se encuentra en que la parada de emergencia no reinicia el contador de las varillas y una vez reactivado el proceso por el fallo, éste continuará efectuando el corte de las varillas restantes.

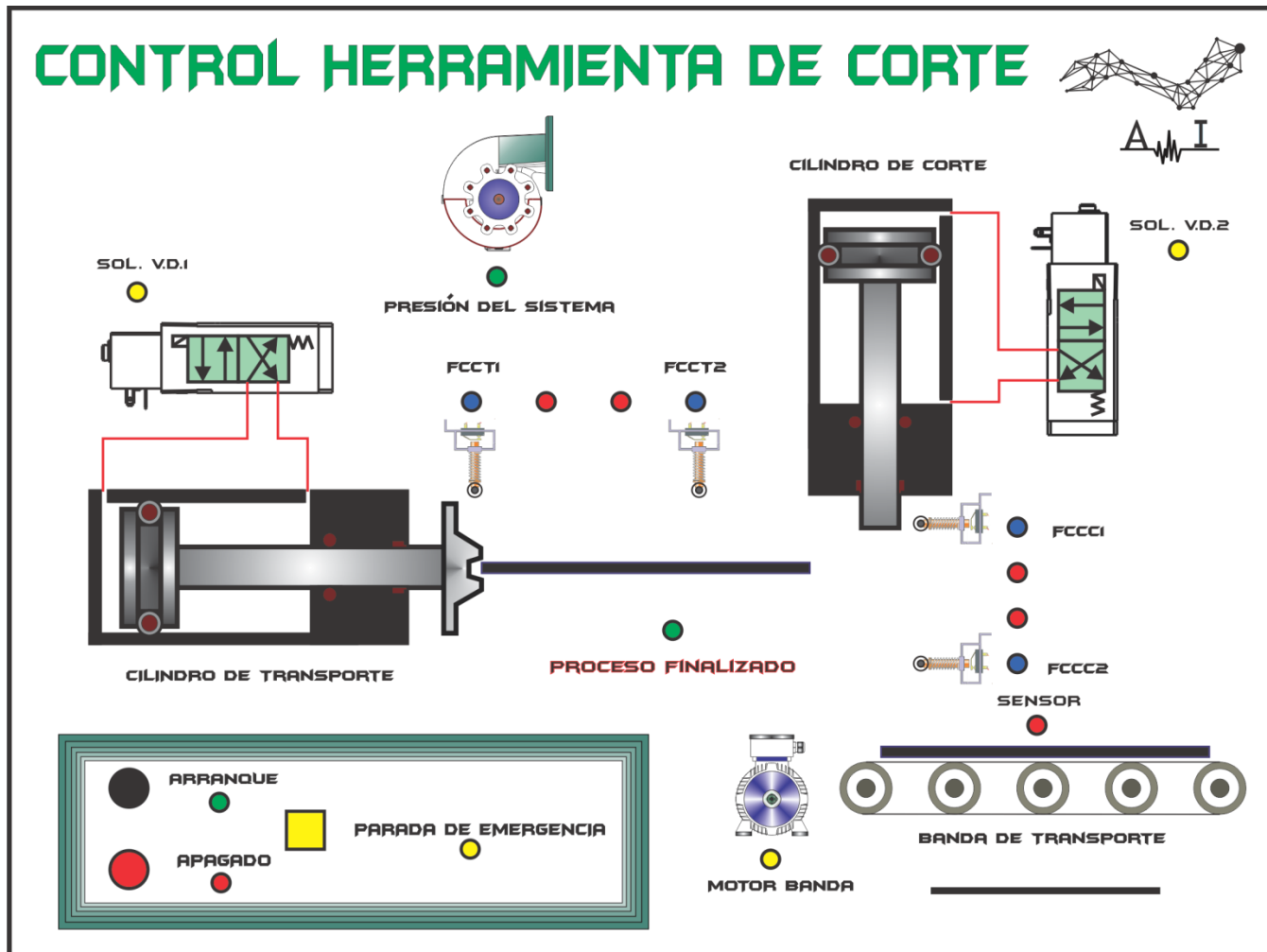
Cuando la varilla ha sido cortada, es activado el motor de la banda transportadora y tiempo después, un detector de movimiento indicará si ésta efectivamente está en funcionamiento.

Tabla 2. Nomenclatura Herramienta de corte

SIGLAS	SIGNIFICADO
FCCC1	Final de carrera cilindro de corte 1.
FCCC2	Final de carrera cilindro de corte 2.
FCCT1	Final de carrera cilindro de transporte 1.
FCCT2	Final de carrera cilindro de transporte 2.
SOL V.D.1	Solenoides válvula direccional 1.
SOL V.D.2	Solenoides válvula direccional 2.

Fuente. Autores.

Figura 4. Tablero Emulador Control de una Herramienta de Corte



Fuente: Autores

3.3 SISTEMA LLENADO DE SILO

Proceso en el cual se emula el llenado de un silo por medio de mangueras, se tiene en cuenta que el proceso cumpla con ciertos requerimientos de funcionamiento y de seguridad, por ello se manejan: alarma de presión, alarma de llenado, vaciado auxiliar, verificación de conexión de mangueras. El procedimiento de emulación se inicia por medio del pulsador de arranque, el cual energiza el sistema. Para que se inicie la succión, el sistema de acople de la manguera debe tener una conexión adecuada, cuando el autómatas recibe la señal que indica que se ha cumplido con esta condición, se activa el sistema de filtración, el cual debe permanecer activo durante todo el proceso de llenado, y comienza a depositarse el material en el silo.

El material es depositado por la parte superior del silo hasta que el nivel máximo sea alcanzado, lo cual es indicado mediante un sensor, este último, envía la señal para que el sistema de succión sea desactivado, además de ello, la alarma es activada. Dado que en la manguera quedan residuos de material, éstos se podrán evacuar activando el vaciado auxiliar que restaurará el sistema de succión por un tiempo determinado hasta lograr un vaciado total de la manguera, pero sin que el nivel del silo aumente de manera considerable, ya que son sólo residuos del proceso de succión.

Durante el llenado del silo, se debe monitorear la presión, dado que obstrucciones en el ducto de llenado pueden causar problemas en el transporte y en el mecanismo de succión. Cuando es activado el sensor de sobrepresión el sistema de llenado debe ser detenido de manera inmediata, activando la alarma por un tiempo determinado. Si el proceso es finalizado debido a la activación del sensor de sobrepresión, no existe la posibilidad de la activación del vaciado auxiliar que permita evacuar los residuos de material en la manguera. Se tiene la posibilidad de apagar el sistema mediante el interruptor de apagado, en este caso el proceso

se debe inicializar desde el principio, es decir, se da arranque por medio del pulsador y se verifica nuevamente la conexión adecuada de la manguera.

3.4 SISTEMA DE CUATRO BANDAS TRANSPORTADORAS

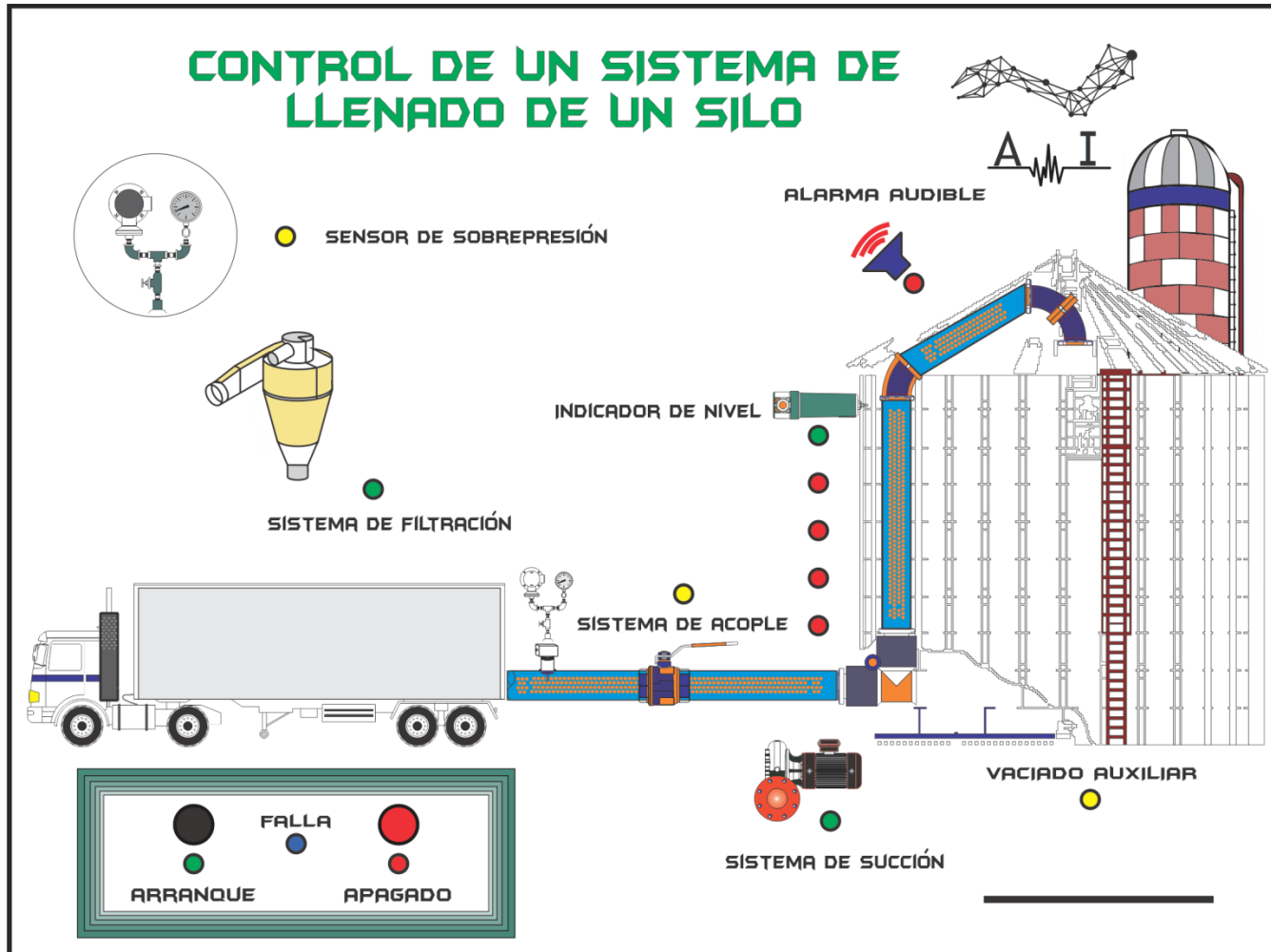
Se realiza la emulación de un sistema de transporte de material por medio de 4 bandas transportadoras que actúan de manera independiente, este método es utilizado para transportar minerales en largas distancias. Por medio de una tolva se dosifica y deposita el material en la primera banda. Aunque sea oprimido el interruptor que activa el mecanismo que permite la caída del material en la banda, no se inicia el respectivo depósito del mismo, hasta que haya iniciado el funcionamiento de las 4 bandas, esto debido a que se puede presentar acumulamiento de material en alguna de ellas.

La activación de cada una de las bandas se puede realizar de manera individual o como consecuencia de un proceso de encendido secuencial. En el encendido secuencial, la primera banda en activarse será la que se encuentra más alejada de la tolva, siendo la última, la más cercana al depósito del material, garantizando con esto, que el material sea llevado hasta el final de su recorrido. El apagado de las bandas también se realiza de manera individual o secuencial. Pero en el caso del apagado secuencial la primera banda en dejar de funcionar será la más cercana a la tolva y la última será la más lejana, esto con el fin de garantizar que no queden residuos de material al momento de la detención.

En caso de que suceda una falla de funcionamiento en alguna de las bandas, la tolva y todas las bandas que la preceden serán desactivadas, con el fin de que no se presente acumulación de material mientras el daño persista, y las que están después continúan en funcionamiento para evacuar el material que ya estaba

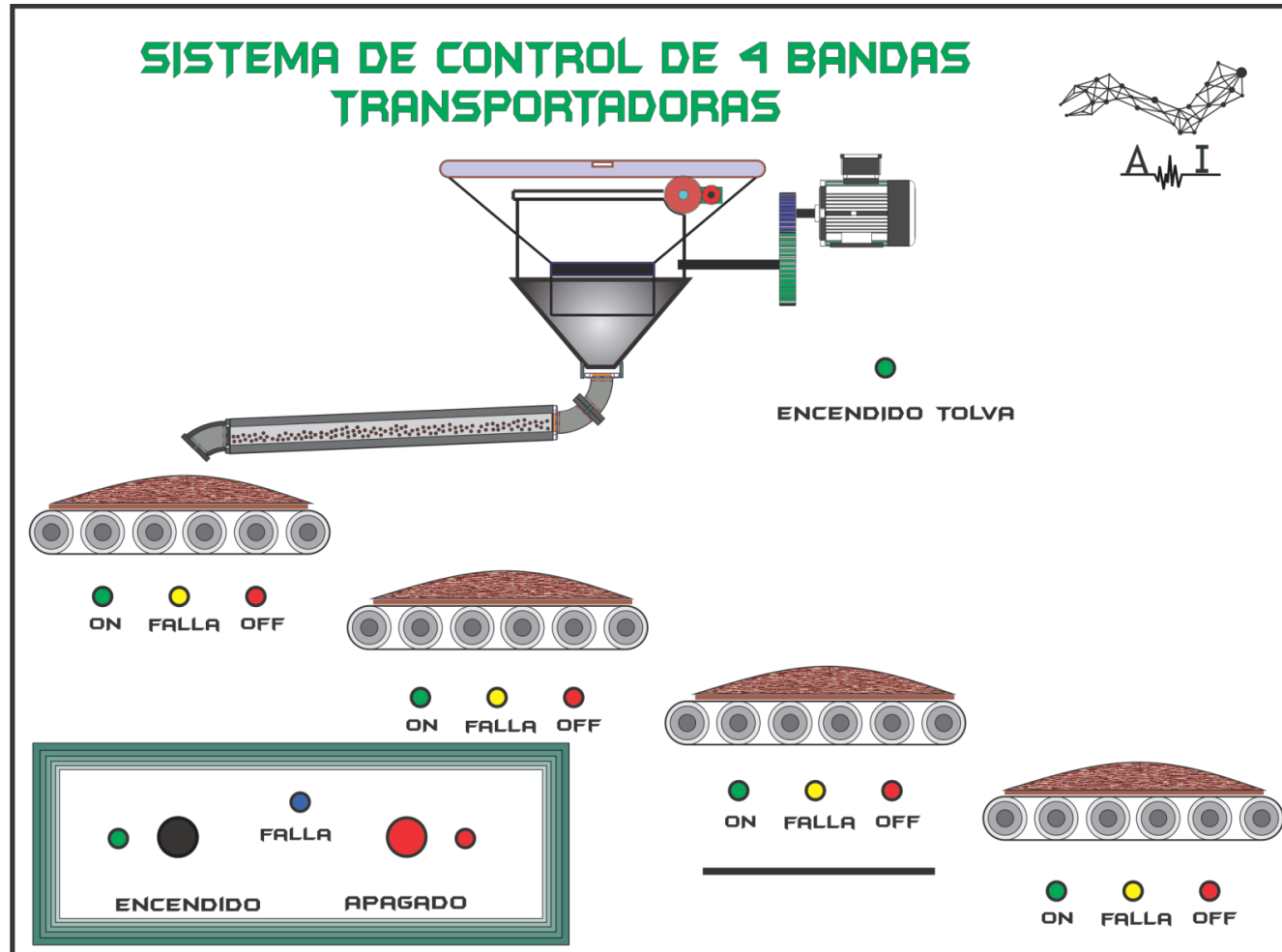
siendo transportado. Al usuario se le informa mediante un indicador que se está presentando un problema y debe ser reparado.

Figura 5. Tablero Emulador Sistema de Llenado de un Silo



Fuente: Autores

Figura 6. Tablero Emulador Sistema de 4 Bandas Transportadoras



Fuente: Autores

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO EMULADOR

El planteamiento del banco estuvo basado de tal forma que el espacio del cual se dispone en el laboratorio de Automatización Industrial sea aprovechado óptimamente, es por ello que la estructura se ha dispuesto para que se puedan realizar prácticas de manera simultánea con cada uno de los autómatas, en los cuales se ha enfocado el presente trabajo de grado.

En la implementación de los emuladores se tuvo en cuenta varios factores que incidieron en la elección de los procesos, entre ellos, que el estudiante además de tener una formación sobre la Automatización Industrial, complementa conocimientos previamente adquiridos.

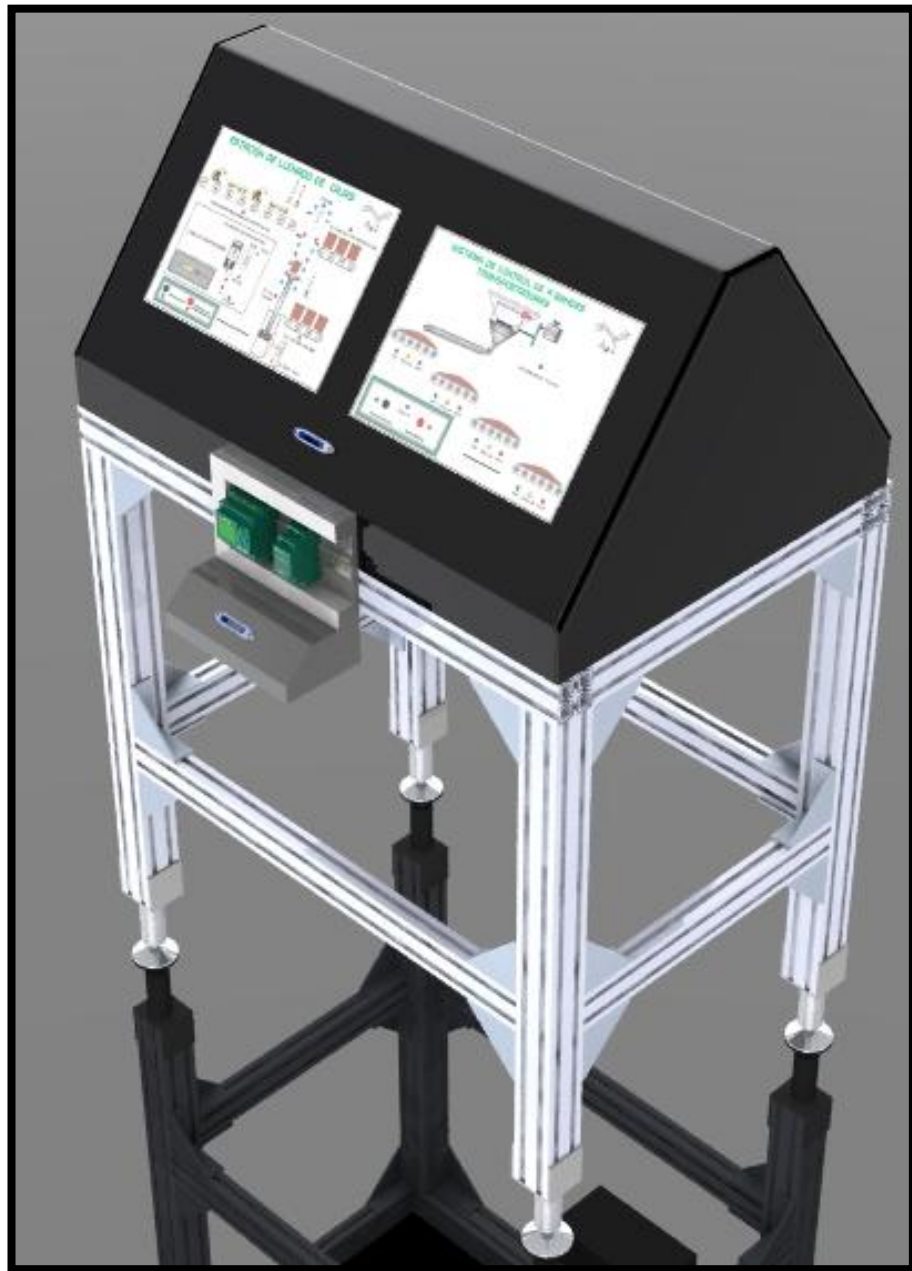
Para la construcción del banco se eligieron materiales y elementos que dieran continuidad a la ambientación que se desarrolla en el laboratorio de Automatización Industrial y que además de ello, ofrecieran las características necesarias para cumplir con los requerimientos de funcionamiento establecidos.

Se tuvo en cuenta que los elementos referentes al funcionamiento se protegieran contra manipulación indeseada, pero que al mismo tiempo fueran accesibles para entender su labor y disposición en el sistema emulador, ya que es parte esencial en el aprendizaje y desempeño del estudiante al momento de operar tanto el autómatas como los tableros emuladores.

En la realización de las prácticas, los estudiantes tienen acceso y visibilidad a todos los elementos que componen el tablero emulador, dado el acomodo que presenta la estructura, se ofrece la posibilidad de que cada autómatas pueda maniobrase para que controle cada uno de los cuatro procesos con tan solo un cambio de costado en el objeto de aprendizaje.

Se ha previsto que las conexiones realizadas no aten el banco a tan solo los cuatro procesos a disposición, en el caso de que se desee implementar una nueva práctica, el cambio se realizará de una manera rápida en lo que concierne a la parte física. Aunque se debe tener en cuenta que el nuevo proceso cumpla con las especificaciones en cuanto al número de entradas, salidas, elementos de control y visualización.

Figura 7. Banco Emulador de Proceso Industriales

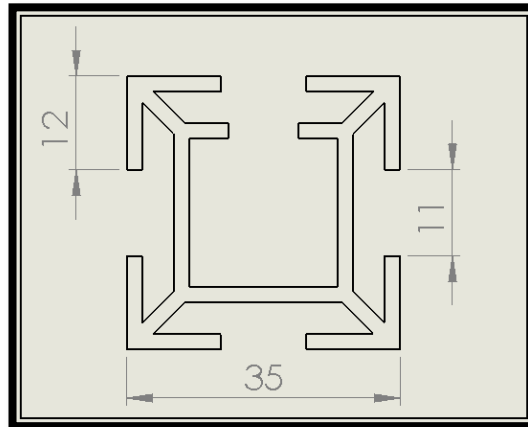


Fuente: autores.

A continuación se mostrarán los elementos que componen el objeto de aprendizaje:

- **PERFIL**

Figura 8. Perfil de Construcción



Medidas en mm

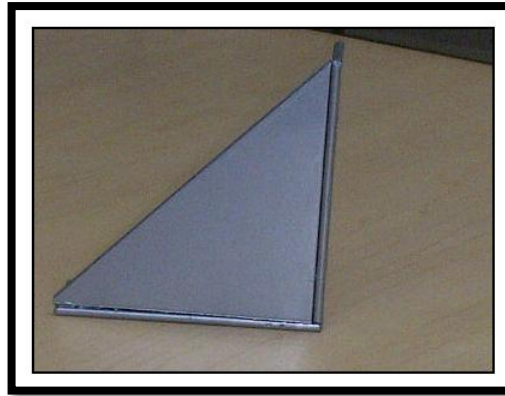
Fuente: autores.

Se utilizó para la fabricación de la estructura, perfil de aluminio, el cual se ensambló en tramos de diversa longitud para dar soporte a los diferentes elementos que componen el objeto de aprendizaje.

- **UNIONES**

La finalidad de las uniones es permitir ensamblar los perfiles en una disposición de 90° para conformar una estructura rígida, el acoplamiento entre uniones y perfiles se realiza por medio de tornillos de acero inoxidable.

Figura 9. Unión



Fuente: autores.

Referencia de los tornillos.

- Tornillos con cabeza tipo Button M6 x 12.
- Tornillos cabeza tipo Bristol (1/4) X 2(1/2).

• PATAS DE SOPORTE

Permiten ajustar la altura del banco, además de ello ofrecen estabilidad necesaria para la manipulación del mismo soportando el peso de todos los elementos que lo conforman.

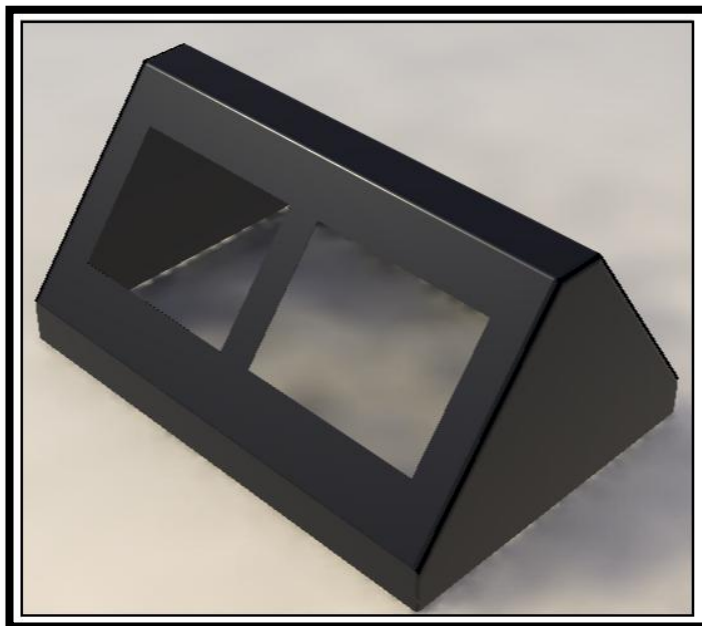
Figura 10. Patas de Base



Fuente: autores.

- **CARCASA**

Figura 11. Carcasa superior



Fuente: autores.

Sirve como soporte a los tableros emuladores y además de ello en su interior se encuentran componentes como: Arduino, tarjetas de control de **5V – 24V** y **24V – 5V**, protegiendo estos elementos de una manipulación indeseada.

La manufactura de ésta, se realizó en lámina de acero calibre 16, las dimensiones de la carcasa son de 50cm (altura) X 70cm (profundidad) X 100cm (ancho).

- **SOPORTE DEL AUTÓMATA**

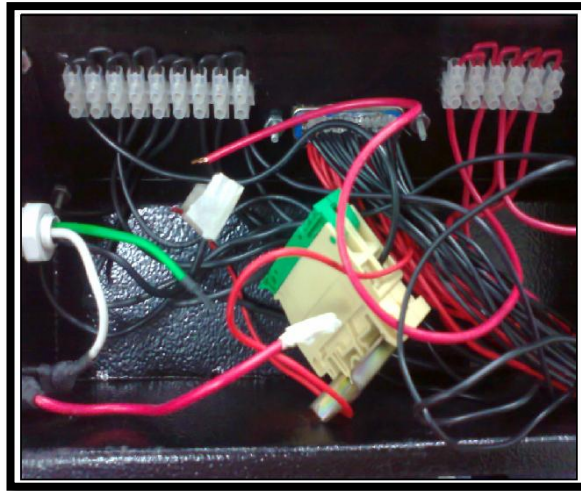
Módulo del banco en el cual se ubica el autómata programable mediante un raíl DIN, cumpliendo las recomendaciones dadas por el proveedor (Siemens); el cableado referente al autómata se encuentra en su interior, contando con un puerto de conexión estandarizado, que hace posible la comunicación con los elementos ubicados dentro de la carcasa.

Figura 12. Soporte del Autómata



Fuente: autores.

Figura 13. Conexiones Internas del Soporte



Fuente: autores.

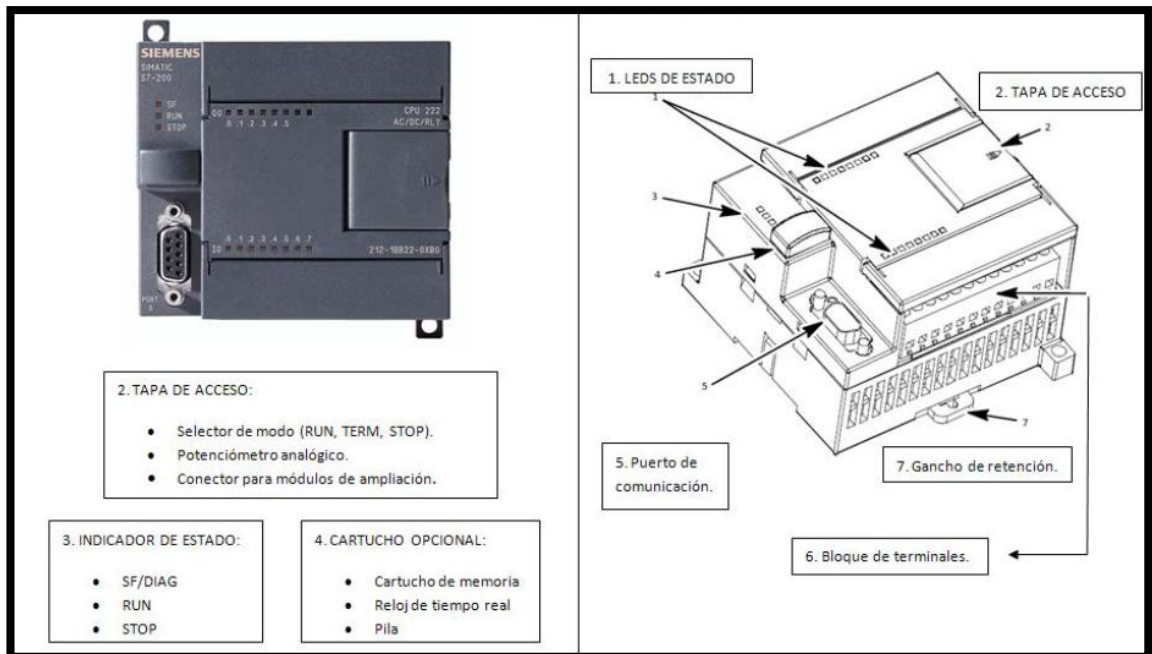
Cuenta con un cable de alimentación de 24V que es el encargado de energizar el autómata, previendo elementos de seguridad como fusibles que ayuden a proteger al autómata contra sobrecargas de corriente y un interruptor que permite el apagado del PLC de una manera rápida y fácil.

- **AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

La finalidad del objeto de aprendizaje es que los estudiantes tengan el primer acercamiento a los Autómatas Industriales, para lo cual se utilizan dos autómatas de gama baja que permiten cumplir con este objetivo, obteniendo ventajas económicas, dado su bajo costo de adquisición e implementación, en relación con otras referencias, y que su funcionamiento ayuda al estudiante a tener un manejo en la temática referente a los mismos.

La CPU es la encargada de vigilar el estado de las entradas y cambiar el estado de las salidas, según lo haya programado el usuario mediante lógica booleana, contadores, temporizadores y operaciones aritméticas.

Figura 14. Detalles del autómata Simatic S7-200 CPU 222 Siemens



Fuente: Autores (producto de Siemens)

Tabla 3. Características técnicas

CARACTERÍSTICAS	CPU 222
Dimensiones	90 x 80 x 62
Memoria del programa:	
• con edición en runtime	4096 bytes
• sin edición en runtime	4096 bytes
Memoria de datos	2048 bytes
E-S integradas Digitales	8 E-6 S
Módulos de ampliación	2 módulos
Velocidad de ejecución Booleana	0.22 microsegundos-operación

Fuente: Autores.

Figura 15. Autómata LOGO! 12/24RC y su módulo de expansión



Fuente: www.tme.eu/html/ES/modulos-programables-logicos-logo-siemens/ramka_4535_ES

Tabla 4. Características LOGO! Basic

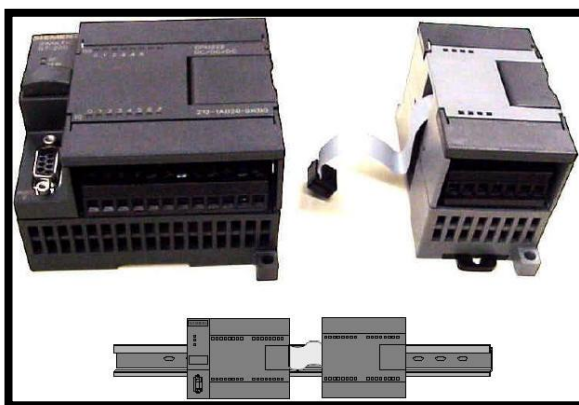
CARACTERÍSTICAS	LOGO! Basic
Dimensiones	72 x 90 x 55.
Tensión de entrada	24 V c.c.
Memoria de datos	2048 bytes.
E/S integradas	8E/4S
Digitales	
Tensión de entrada.	
Señal 0.	<5 V.c.c
Señal 1.	>12 V.c.c
Tipo de salidas.	Salidas a relé.
Corriente máxima por salida.	Max 10 A por relé

Fuente: Autores.

- **MÓDULOS DE AMPLIACIÓN S7-200 (EM222 DC – EM221 DC)**

Sirven como complemento en caso de que el proceso que se desea controlar requiera un mayor número de entradas y salidas. Siendo de fácil instalación e implementación al proceso, adaptándose a la CPU de una manera rápida mediante un cable flexible ubicado en el costado del mismo.

Figura 16. Módulo de Ampliación S7-200



Fuente: <http://www.automatas.org/siemens/s7-caracteristicas.htm>

Según lo requiera la aplicación, se elige el tipo de módulo que se va a implementar; a continuación se muestran las alternativas con respecto al número de entradas y salidas que podemos encontrar:

Tabla 5. Combinaciones E/S para Módulos

MÓDULOS DE AMPLIACIÓN		TIPO DE DATOS		
MÓDULOS DIGITALES				
Entrada	8 entradas DC	8 entradas AC	16 entradas DC	
Salida	4 salidas DC	4 salidas de relé	8 salidas de relé	
	8 salidas DC	8 salidas AC		
Combinación	4 entradas DC/ 4 salidas DC	8 entradas DC/ 8 salidas DC	16 entradas DC/ 16 salidas DC	32 entradas DC/ 32 salidas DC
	4 entradas DC/ 4 salidas de relé	8 entradas DC/ 8 salidas de relé	16 entradas DC/ 16 salidas de relé	32 entradas DC/ 32 salidas de relé

Fuente: Autores

- **MÓDULO DE AMPLIACIÓN DM8 24 RC (LOGO)**

El módulo de ampliación DM 8 24 RC es instalado en el mismo raíl DIN que el LOGO. Es comunicado con el LOGO Basic por medio de un conector que éste tiene en el costado.

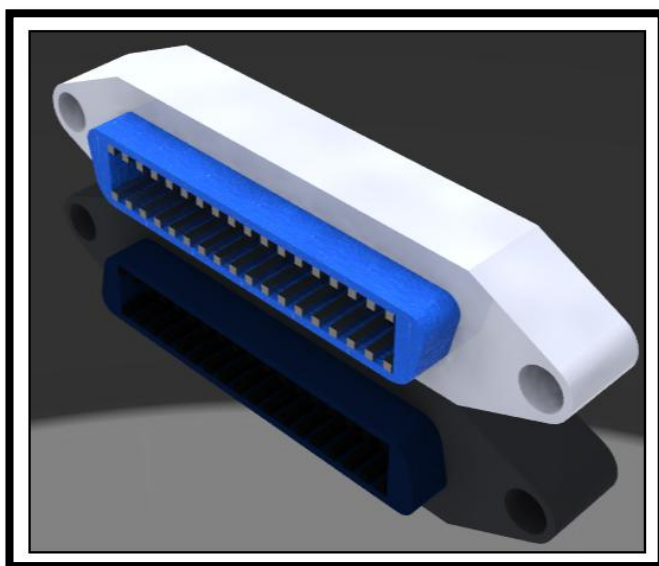
Para realizar el montaje se coloca el módulo de ampliación DM8 en el costado derecho del LOGO Basic, se retira la tapa del conector y con un destornillador se desliza la guía hasta que se realice el ensamble.

El DM8 24 RC permite tener a disposición 4 entradas digitales con conexión alternativa P o N y 4 salidas digitales tipo relé.

- **PUERTOS DE CONEXIÓN**

Permiten la conexión entre el autómata y las tarjetas controladoras de 24V-5V y 5V-24V.

Figura 17. Esquema del Puerto de Conexión



Fuente: autores.

Se encuentra ubicado tanto en el módulo que soporta el autómata como en la carcasa del objeto de aprendizaje, cuenta con 36 pines los cuales cumplen una función específica de comunicar las entradas y salidas del autómata con las tarjetas controladoras, y a además de ello, por medio de los pines 9 y 27 las alimentan con 24 V.

Este tipo de puerto es utilizado debido a que se está llevando un proceso de estandarización en el laboratorio de Automatización Industrial, permitiendo dar flexibilidad a los diferentes bancos que funcionan con Autómatas Programables, manejando la misma nomenclatura entre ellos y de este modo haciendo posible realizar las prácticas con varios tipos de **PLC's**. A continuación se muestra como se ha dispuesto la configuración de los pines en el puerto estandarizado:

Figura 18. Pines del puerto estandarizado



Fuente: Autores.

Tabla 6. Puerto Estandarizado

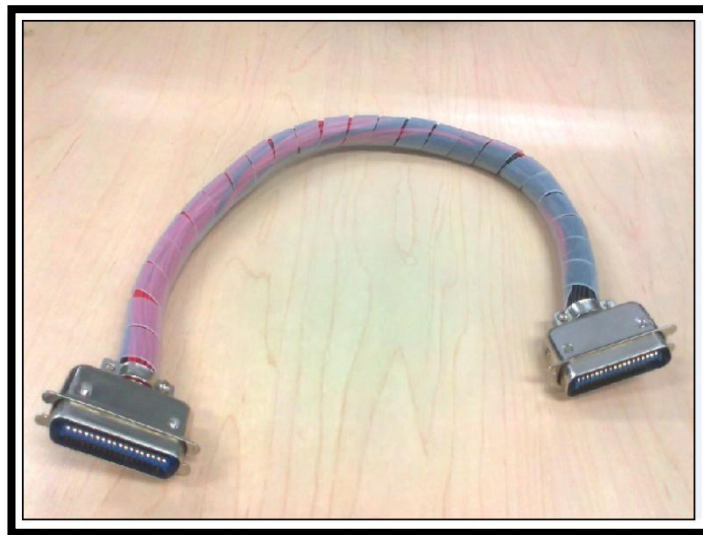
NÚMERO DE PIN	ENTRADA	NÚMERO DE PIN	SALIDA
1	I1.7	19	Q1.7
2	I1.6	20	Q1.6
3	I1.5	21	Q1.5
4	I1.4	22	Q1.4
5	I1.3	23	Q1.3
6	I1.2	24	Q1.2
7	I1.1	25	Q1.1

NÚMERO DE PIN	ENTRADA	NÚMERO DE PIN	SALIDA
8	I1.0	26	Q1.0
9	24 V	27	0 V (MASA).
10	I0.7	28	Q0.7
11	I0.6	29	Q0.6
12	I0.5	30	Q0.5
13	I0.4	31	Q0.4
14	I0.3	32	Q0.3
15	I0.2	33	Q0.2
16	I0.1	34	Q0.1
17	I0.0	35	Q0.0
18	Sin conexión	36	Sin conexión

Fuente: Autores

- **CABLES DE CONEXIÓN**

Figura 19. Cable de Conexión



Fuente: autores.

Es el encargado de comunicar los puertos estandarizados ubicados en la carcasa y el módulo que soporta al autómata, cuenta con la misma

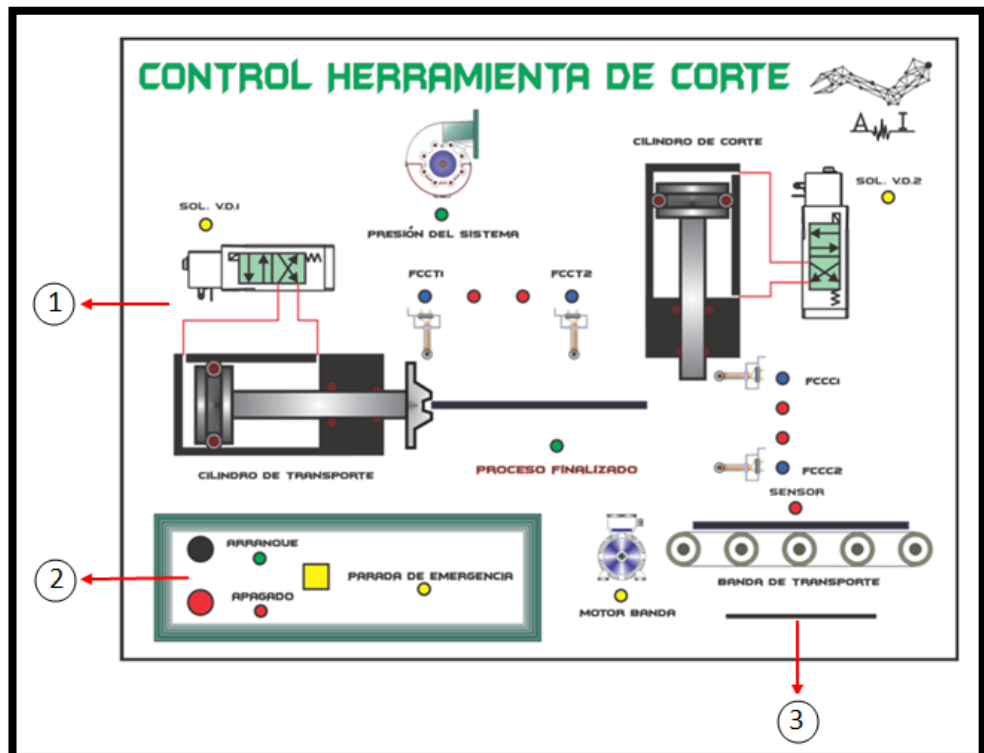
configuración de pines que éstos. Las entradas y salidas son diferenciadas por el color del cable, **Rojo**: Entradas al autómatas y **Negro**: Salidas del autómatas.

El tipo de conexión que se realiza por medio de este cable es sencilla y se realiza de una manera rápida, permitiendo que el autómatas no esté atado al banco, haciendo posible la utilización de los dos PLC de nuestro interés, en los cuatro procesos a emular.

- **TABLEROS EMULADORES**

Los tableros emuladores se encuentran ubicados en la carcasa, cuentan con unas dimensiones de 41 cm x 31 cm, su fabricación se realizó en acrílico blanco, en éstos se puede visualizar un esquema del proceso que se está controlando; las tres zonas que conforman el tablero tienen un empleo específico dentro del funcionamiento del banco.

Figura 20. Tablero Emulador



Fuente: Autores

Tabla 7. Zonas del Tablero Emulador

NÚMERO	NOMBRE
1	Zona de visualización.
2	Zona de control.
3	Regleta de comunicación.

Fuente: Autores

Zona de visualización: Conformada por un esquema del proceso que se está trabajando, indica mediante indicadores luminosos (leds) en qué etapa se encuentra la emulación del proceso.

Zona de control: Ubicada en la parte inferior del tablero, en ella se encuentran los pulsadores que son manipulados por el usuario. Cuenta con pulsadores para tres tareas específicas.

Figura 21. Pulsador de apagado



Fuente: Autores

Figura 22. Pulsador de arranque



Fuente: Autores

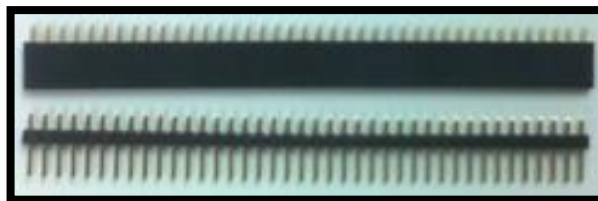
Figura 23. Pulsador para parada de emergencia



Fuente: Autores

Regleta de comunicación: Por medio de esta regleta, el tablero emulador recibe las señales de activación de los indicadores luminosos, además de ello, ésta tiene la función de comunicar el Arduino con la zona de control. Se disponen de dos pines por los cuales es suministrado **GND** (tierra) y **5V**.

Figura 24. Regletas de Comunicación



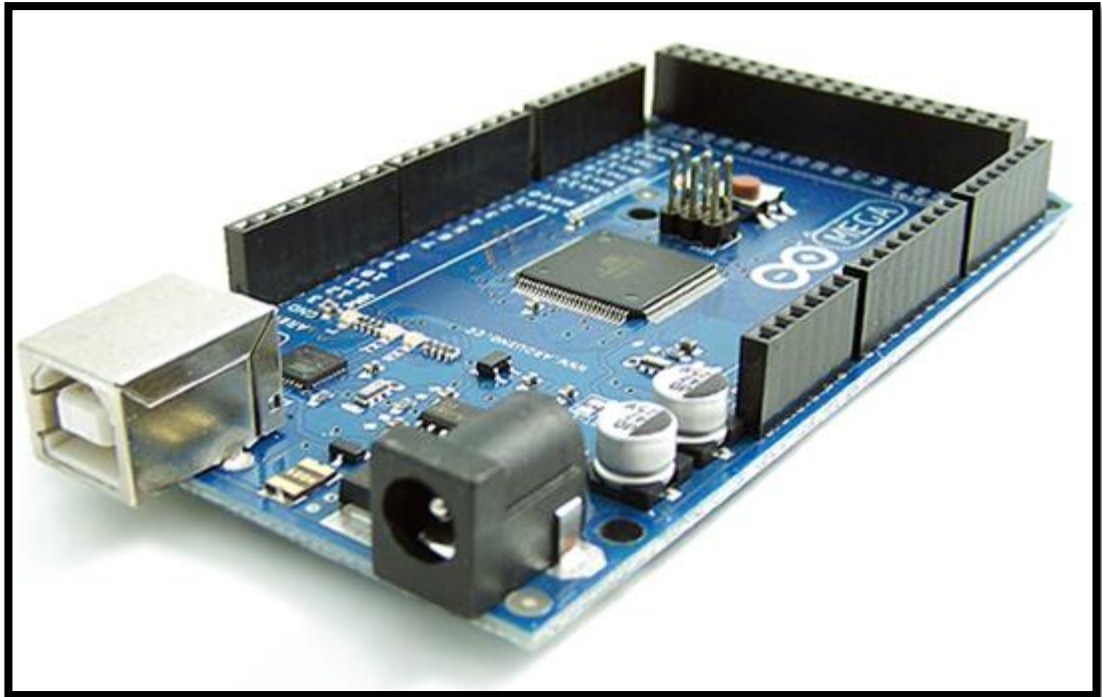
Fuente: Autores

- **ARDUINO MEGA 2560**

El Arduino MEGA es una placa electrónica basada en el microprocesador ATmega 2560. Dispone de 54 entradas/salidas digitales, 14 de las cuales, pueden ser utilizadas como salidas PWM (Pulse-Width Modulation).

Por otra parte, dispone de 16 entradas analógicas, 4 UARTs (hardware serial ports), un oscilador de 16 MHz, una conexión a USB (Universal Serial Bus), un conector de alimentación, un conector ICSP (In-Circuit Serial Programming) y un pulsador para el reset.

Figura 25. Arduino MEGA 2560 (vista lateral)



Fuente: www.cooking-hacks.com

Para empezar a utilizar la placa sólo es necesario conectarla al PC a través de un cable USB, o alimentarla con un adaptador de corriente AC/DC.

A continuación se presenta una serie de características sobresalientes del Arduino MEGA 2560:

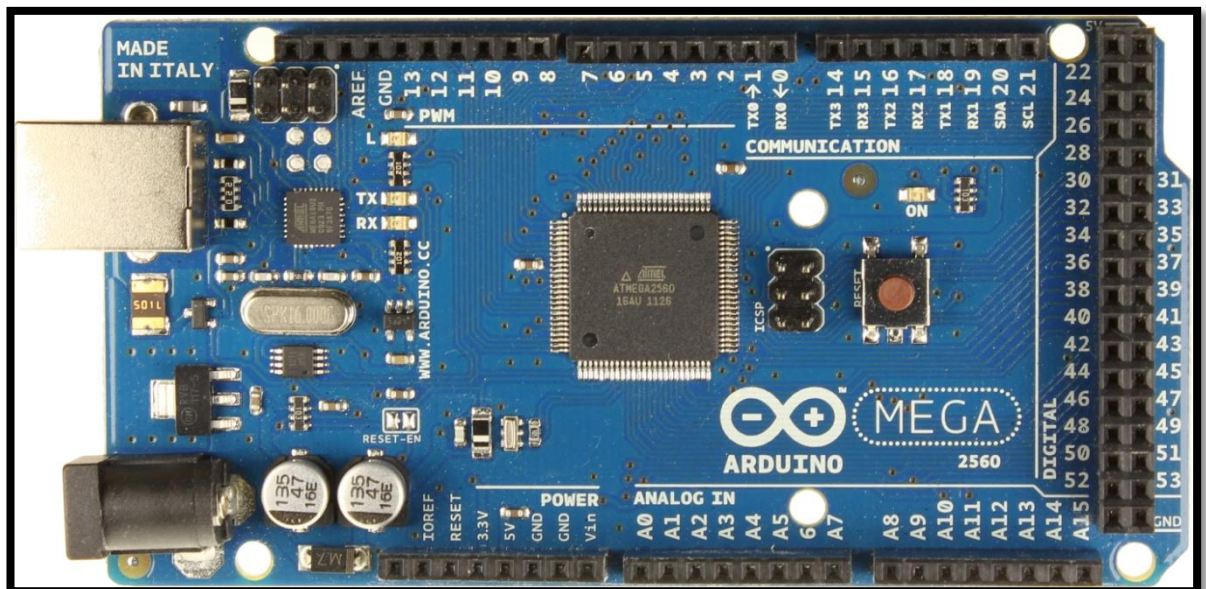
Tabla 8. Características funcionales del Arduino MEGA 2560

ARDUINO MEGA 2560	
Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de Entrada (Recomendado)	7-12 V
Voltaje de Entrada (Límite)	6-20 V
Pines E/S Digitales	54
Pines Entradas Analógicas	16
Intensidad de Corriente por Pin	40 mA

Intensidad de Corriente por Pin de 3.3 V	50 mA
Memoria Flash	256 KB (de los cuales 8 KB los usa el gestor de arranque)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad del Reloj	16 MHz

Fuente: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

Figura 26. Arduino MEGA 2560 (vista superior)



Fuente: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

- **TARJETAS INTEGRADAS**

Las tarjetas integradas fueron diseñadas y construidas con una finalidad específica, permitir la retroalimentación de señales digitales entre el autómata programable (Simatic S7-200 CPU 222 o LOGO de Siemens) y el Arduino MEGA 2560; el software utilizado para su diseño fue Eagle Cadsoft, un software electrónico de uso gratuito.

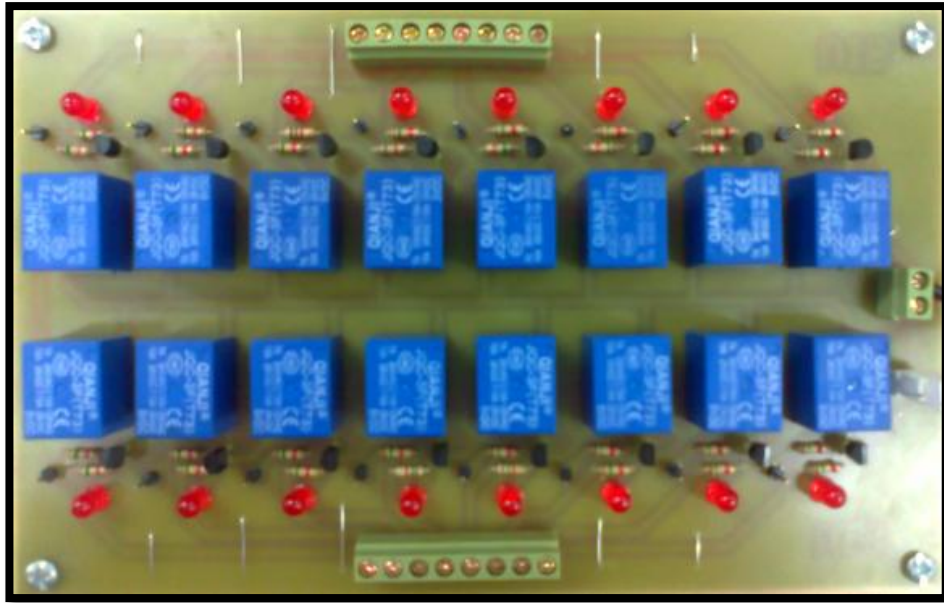
El banco de aprendizaje, consta de cuatro tarjetas integradas, las cuales funcionan en pares, es decir, para la emulación de alguno de los procesos industriales disponibles basta con interconectar una tarjeta con relés activados a 5 V y su complementaria con relés activados a 24 V.

Cada tarjeta tiene dos puertos de alimentación (5 y 24 V), la alimentación de 5 V es suministrada por una fuente externa independiente; la tarjeta de 24 V es alimentada por medio del cable estandarizado proveniente del módulo de soporte del autómatas, este último energizado a 24 VDC.

Tanto la tarjeta de relés activados a 5V como la de relés activados a 24 V, presentan semejanzas en sus diseños, en ambas se implementaron 9 borneras de 2 pines, dichas borneras utilizadas para los cables que están conectados al PLC y para la entrada de 24V con su respectiva puesta a tierra, 16 LED's de 5 mm (color rojo), los cuales fueron dispuestos para complementar visualmente la activación de los relés, es decir, observar su estado actual de operación, 1 Molex de 2 pines, el cual fue dispuesto para recibir la alimentación de 5V con su respectiva puesta a tierra, 1 regleta hembra (subdivisiones) utilizada en la comunicación con el microcontrolador Arduino MEGA 2560, 16 resistencias de 1.5 K Ohm a 1/4 Watt.

La siguiente figura, muestra la estructura general de la tarjeta integrada que permite controlar el paso de 24V mediante la activación de relés de 5V, la diferencia de ésta con la otra clase de tarjeta está en la implementación de 16 transistores 2N3904, 16 relés activados a 5V y 16 resistencias de 220 Ohm a 1/4 Watt.

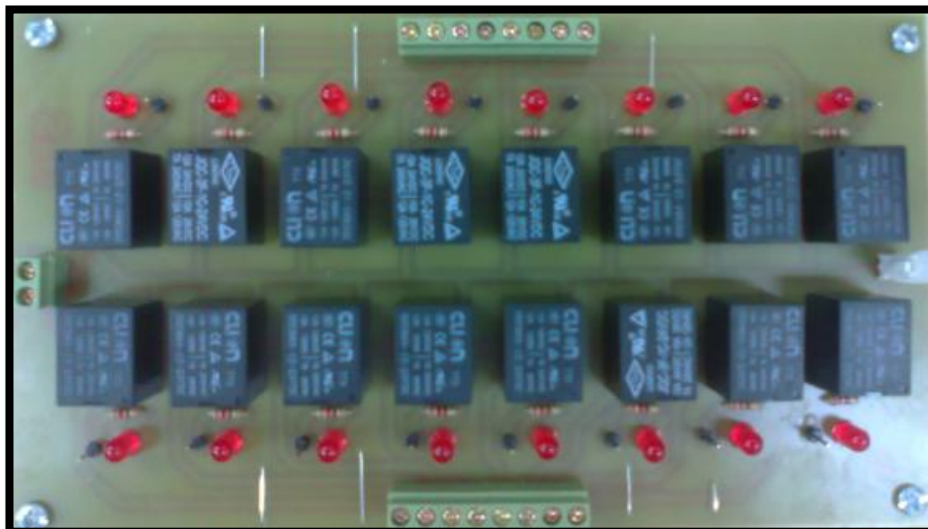
Figura 27. Tarjeta integrada (Relés activados a 5V)



Fuente: Autores

Por otra parte, se tiene la tarjeta que permite una salida de voltaje de 5V, esto gracias a la activación de relés activados a 24V; en la siguiente figura se puede observar los 16 relés que componen la tarjeta integrada, dispuestos de una forma particular para el aprovechamiento de las dimensiones espaciales disponibles.

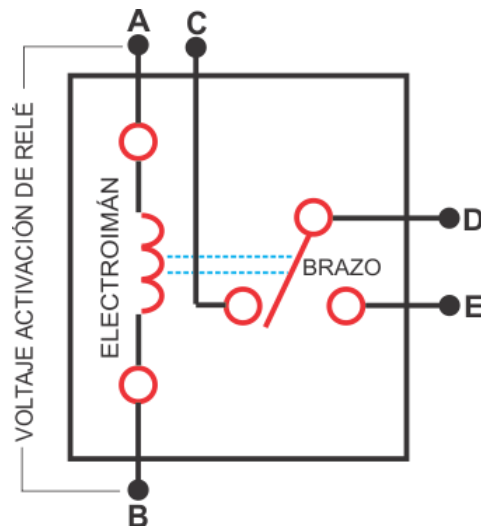
Figura 28. Tarjeta integrada (Relés activados a 24V)



Fuente: Autores

Relé electrónico: El relé es un interruptor operado magnéticamente. El relé se activa o desactiva cuando su electroimán es energizado. Esta operación causa que exista conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo. Esta conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo, llamado armadura, por el electroimán. Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales antes mencionados.

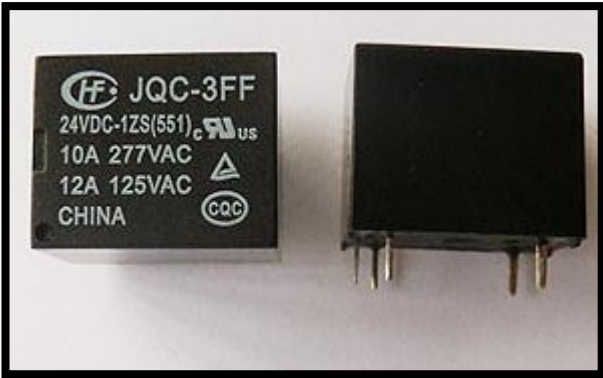
Figura 29. Relé electrónico



Fuente: Autores.

Ventajas del Relé: El Relé permite el control de un dispositivo a distancia. No se necesita estar junto al dispositivo para hacerlo funcionar. El Relé es activado con poca corriente, sin embargo puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente. Con una sola señal de control, puedo controlar varios relés a la vez.

Figura 30. Relé JQC-3F (T73) Activado a 24V



Fuente: <http://orzparts.com>

Figura 31. Relé JQC 3F (T73) Activado a 5V



Fuente: <http://orzparts.com>

5. FUNCIONAMIENTO DEL BANCO EMULADOR

5.1 GENERALIDADES

El objeto de aprendizaje, es una herramienta didáctica y práctica, cuya elaboración plasma el esfuerzo de los autores por enfatizar en el vínculo académico y el industrial; por ende, es de vital importancia asumir este legado e incentivar siempre en el complemento de estos ámbitos. Con esto en mente, y siendo partícipes del desarrollo tecnológico propuesto por la evolución industrial, se presenta la especificación del recurso didáctico implementado en el laboratorio de Automatización Industrial, cuyo fin es el de emular cuatro procesos, muy presentes en el entorno industrial, que permitan de una manera eficiente, interrelacionar el funcionamiento de Autómatas programables basados en tecnología Siemens con la maniobra propuesta por el microcontrolador Arduino MEGA 2560, siendo esta propuesta una novedad académica.

Los procesos industriales emulados fueron diseñados de tal forma que permitan una visualización concreta de aspectos evidentemente plasmados en la realidad industrial, sin embargo, la objetividad del mismo, debe ser evaluada desde el punto de vista relacionado con la Automatización Industrial y no del proceso complejo en sí, ya que se tuvo en cuenta parámetros económicos, los cuales imposibilitan la realización de un desarrollo óptimo, que englobe todos los parámetros pertenecientes a cierto proceso; sin embargo, esto no impide que el estudiante goce de una estructura lógica y un desarrollo ligado a un proceso real, ya que los procesos realizados fueron enfatizados de esquemas industriales existentes.

Otro aspecto a tener en cuenta con lo relacionado al diseño esquemático de los procesos emulados, se evidencia en el tablero de control de todos y cada uno

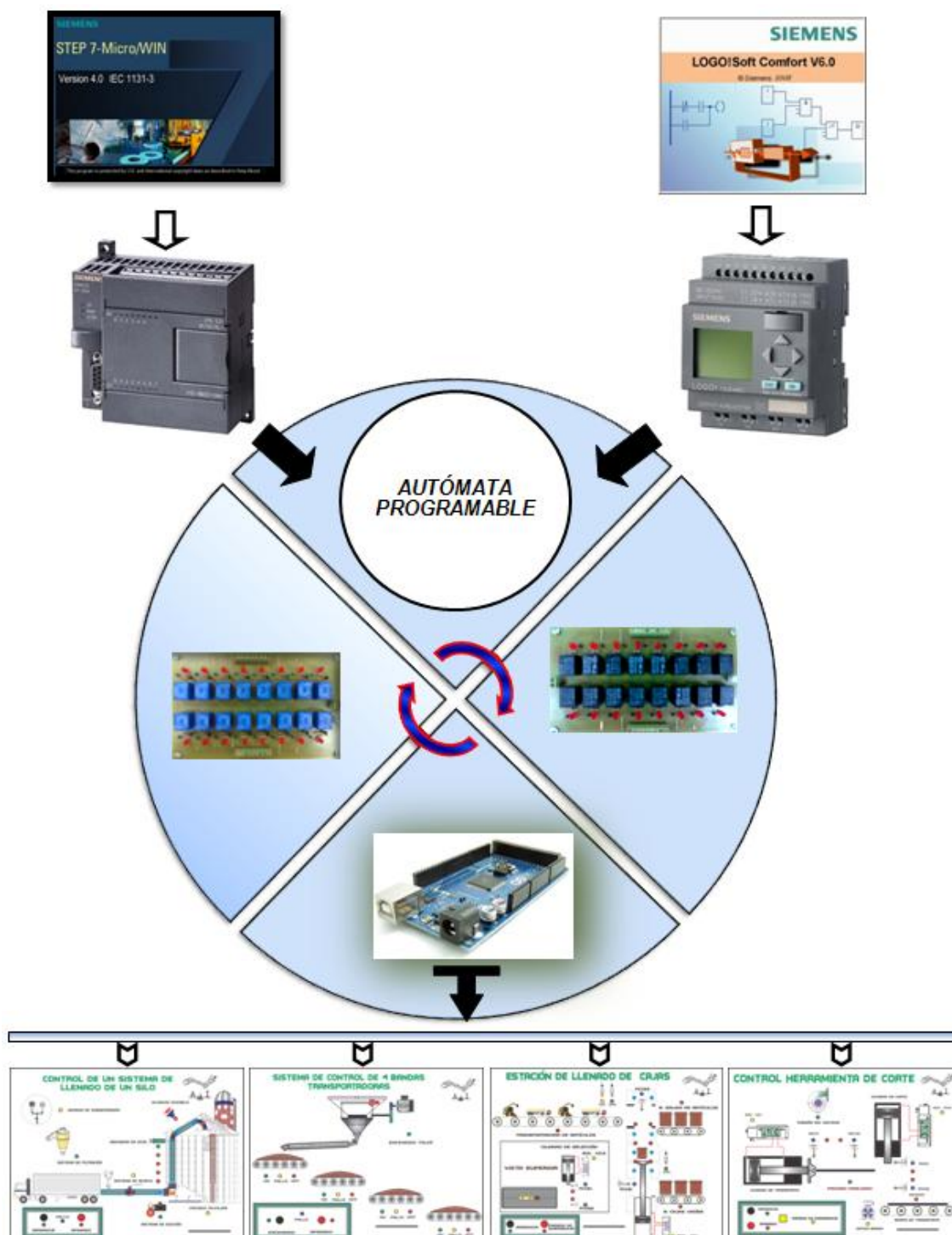
de los emuladores, y es el punto referido a la importancia que se debe tener con la seguridad industrial y con las posibles fallas que se pueden presentar en cierto momento, producto del mal funcionamiento de elementos mecánicos, que de una u otra forma, imposibilitan un desarrollo fructífero del proceso, estos parámetros identificados en los apagados totales y paradas de emergencia presentes en el objeto de aprendizaje, y por consiguiente, tenidos en cuenta a priori, en el proceso de programación.

El objeto de aprendizaje cuenta con la señalización de cada uno de los elementos que lo componen, haciendo posible que el estudiante visualice las conexiones, y entienda como se relacionan e interactúan éstas, facilitando su manipulación. El estudio y entendimiento de los elementos que componen el banco, es de gran importancia al momento de realizar las respectivas prácticas, de esta manera se evitará un funcionamiento defectuoso y posibles daños en los mismos. La disposición del banco cuenta con un sistema desmontable, con la finalidad práctica de que se puedan extraer los elementos para exponerlos o para remplazarlos en caso de que esto sea requerido.

Cuando el estudiante cuente con las herramientas y conocimientos necesarios del banco, éste le será de gran utilidad en el afianzamiento de las competencias relacionadas con la automatización industrial y más concretamente sobre los autómatas **S7-200 y LOGO** de **SIEMENS**, propuestas y plasmadas gradualmente en el diseño y posterior desarrollo de los manuales teóricos y prácticos establecidos en los objetivos del presente trabajo de grado.

A continuación se presenta un proceso esquemático, cuyo objetivo es brindar un acercamiento óptimo de la interacción entre los elementos constituyentes del banco emulador de procesos industriales:

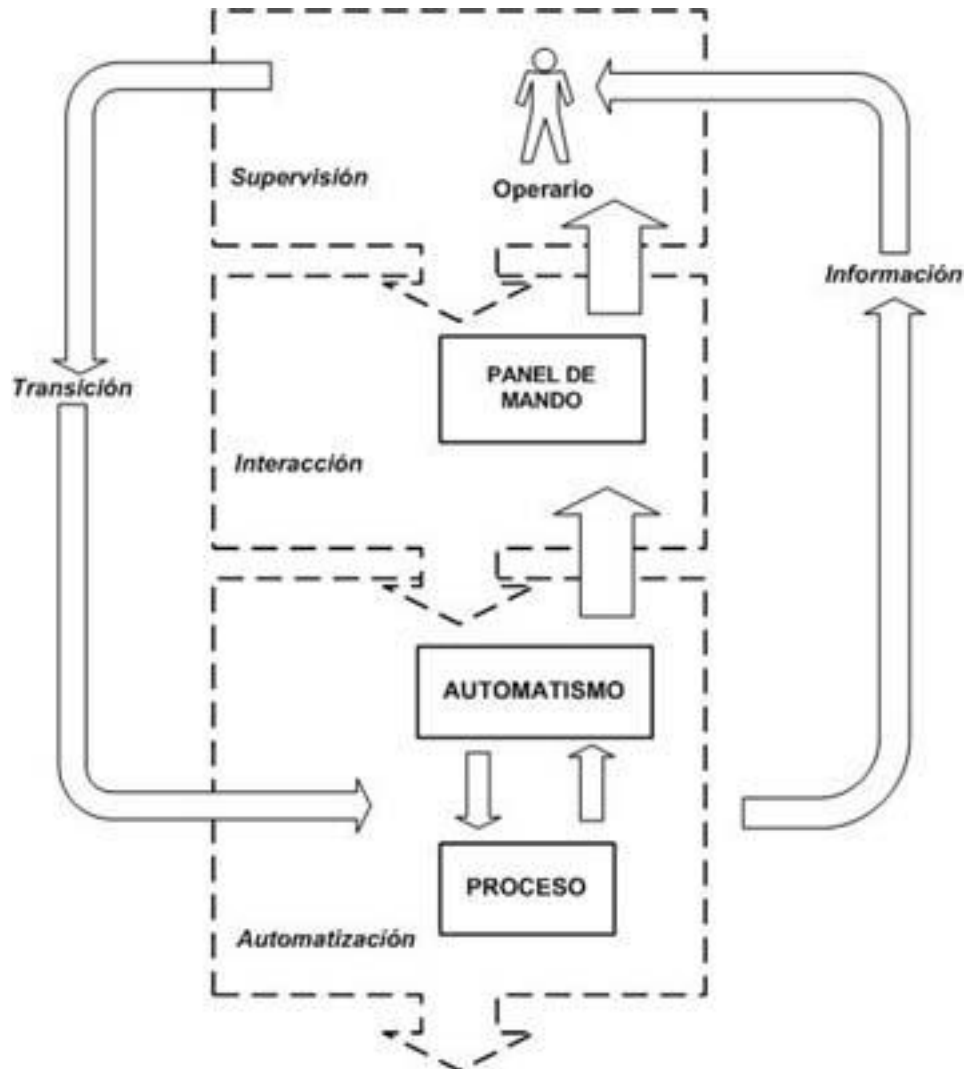
Figura 32. Ciclo de funcionamiento del objeto de aprendizaje



Fuente: Autores

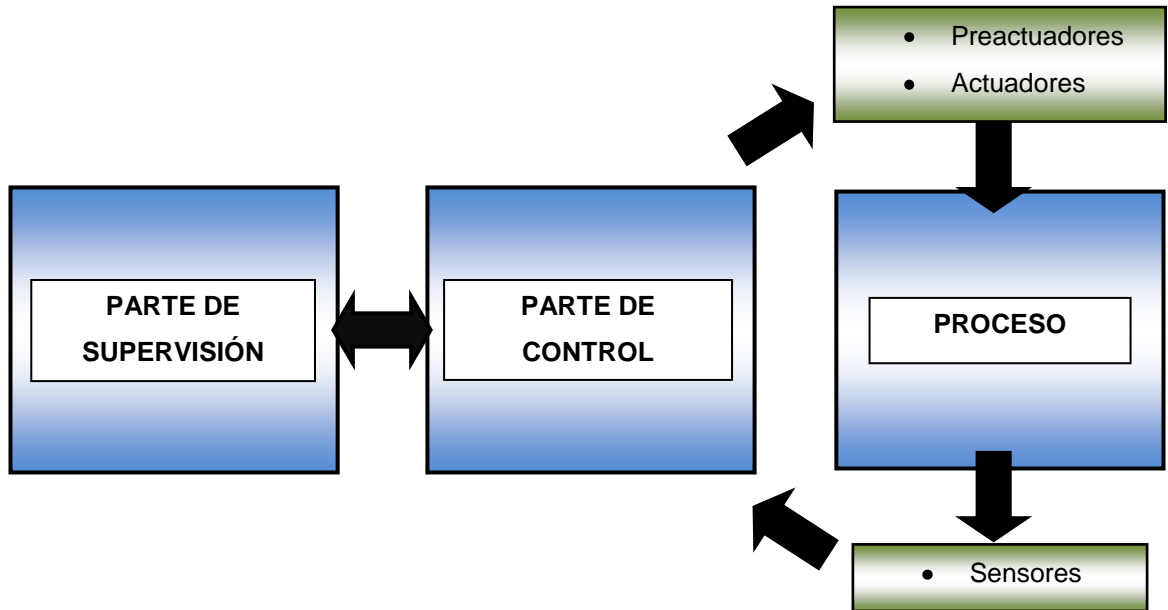
5.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

Figura 33. Interacción persona-máquina en un proceso de automatización



Fuente: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642007000500004&script=sci_arttext

Figura 34. Esquema general de un sistema automatizado



Fuente: Autores.

5.3 PARTE DE CONTROL

5.3.1 Autómata S7-200 y LOGO de SIEMENS

Los autómatas programables son los elementos encargados de controlar la parte operativa del sistema en tiempo real, reciben la información proveniente de los sensores, que son los encargados de detectar las magnitudes físicas del proceso y transformarlas en señales eléctricas, para que puedan ser detectadas por medio de las entradas del autómata. Éstas son procesadas por medio de la **CPU** (unidad central de procesamiento) para que actúen según la lógica establecida que ha sido programada por el usuario, y de esta manera activando las salidas para que ejecuten las acciones que pondrán en funcionamiento los actuadores que posee el sistema.

Los autómatas utilizados en el objeto de aprendizaje tienen las siguientes referencias:

Figura 35. Autómata S7-200 SIMATIC CPU 222



Fuente: www.media3.rsdelivers.cataloguesolutions.com

Figura 36. LOGO BASIC 12/24 RC



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

Los autómatas utilizados son similares en cuestiones de conexión y de voltaje de alimentación, lo que nos permite tener una intercambiabilidad al momento de controlar los procesos del objeto de aprendizaje.

Las entradas y salidas en la CPU 222 del S7-200 y en el LOGO BASIC RC de SIEMENS son limitadas en cuanto a número, por lo cual se hace necesaria la

implementación de módulos de expansión que me permitan el control de procesos que cuenten con una mayor cantidad de sensores y actuadores.

En los procesos emulados se requirió del uso de los siguientes módulos de expansión:

Figura 37. EM 221 DC de siemens (8 entradas digitales a 24V)



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

Figura 38. EM 222 DC de siemens (8 salidas digitales 24V)



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

Figura 39. Dm8 12/24 RC (4 entradas 12V-24V y cuatro salidas tipo relé)



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

La disposición de estos módulos de expansión se realiza en la misma estructura que soporta la CPU. Una vez es alimentada tanto la CPU como los módulos de expansión, éstos deben ser comunicados con una computadora o con una PG (programadora) mediante un cable PC/PPI, con el fin de cargar el programa que se requiere para controlar cada uno de los cuatro procesos con que dispone el objeto de aprendizaje.

La comunicación con la parte operativa se realiza por medio del cable estandarizado que proporciona las señales de entrada provenientes de la tarjeta controladora 5V-24V y obedeciendo la lógica que se ha programado en el autómatas, se realizará la ejecución del proceso por medio de la activación de las salidas, éstas activarán cada uno de los relés de la tarjeta controladora 24V-5V.

5.4 PARTE OPERATIVA

El banco cuenta con dos modelos de tarjetas controladoras:

5.4.1 Tarjeta controladora 5V-24V

Se encuentra conformada por relés de 5 V, estos son activados por medio de señales que provienen de una placa Arduino MEGA 2560, una vez activados estos permiten el paso de la señal de 24V encargada de activar cada una de las entradas de las cual dispone el autómatas.

La tarjeta cuenta con 16 relés, cada uno es el encargado de activar una entrada del autómatas según lo indique la lógica del programa del proceso que se está emulando.

Al momento de cerciorarse que efectivamente la tarjeta está funcionando del modo que se requiere, se dispone de un led encargado de indicar el momento en que se activa cada relé.

Ver anexo F.

5.4.2 Tarjeta controladora 24V-5V

Una vez el PLC ha transformado las señales de entrada en información de salida, éstas serán comunicadas a la tarjeta controladora 24V-5V, conformada por 16 relés de 24V que al activarse permitirán el paso de 5V y de esta forma activar los pines del Arduino que se han dispuesto como entradas.

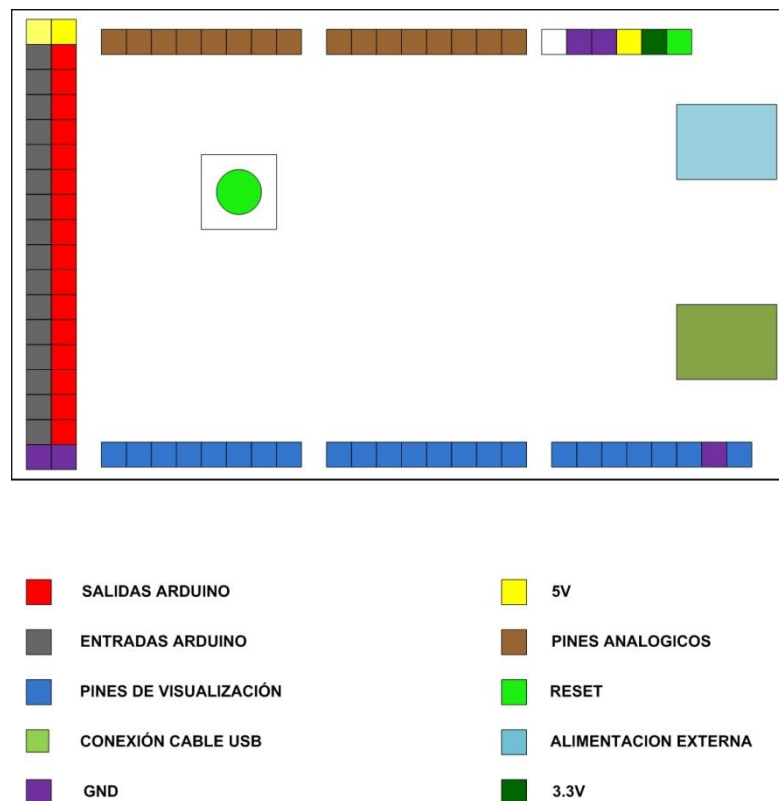
Ver anexo F.

5.4.3 Arduino 2560

Se dispone de una placa Arduino MEGA 2560, la cual es la encargada de emular el proceso que se está ejecutando. Al no contar con sensores reales, el Arduino genera las señales de entrada al autómata programable de una manera lógica, además de realizar ésta acción, la placa hace una lectura de las salidas que son generadas por el PLC garantizando que el proceso sea realmente controlado por el autómata.

Se ha dispuesto en la configuración de los pines de la placa Arduino, que un grupo de ellos realice la función de activación de los indicadores luminosos (leds) que tiene el tablero emulador, análogamente a los pines dispuestos como entradas y salidas al Autómata. A continuación se muestra un esquema general de la distribución de los pines, considerando su aplicación específica en el objeto de aprendizaje:

Figura 40. Esquema general de distribución de los pines



Fuente: Autores.

Tabla 9. Conexión entre autómatas y pines del Arduino “Entradas”

LOGO	S7-200	PIN ARDUINO
I1	I0.0	22
I2	I0.1	24
I3	I0.2	26
I4	I0.3	28
I5	I0.4	30
I6	I0.5	32
I7	I0.6	34
I8	I0.7	36
I9	I1.0	38
I10	I1.1	40
I11	I1.2	42
I12	I1.3	44
I13	I1.4	46
I14	I1.5	48
I15	I1.6	50
I16	I1.7	52

Fuente: Autores.

Tabla 10. Conexión entre autómatas y pines del Arduino “Salidas”

LOGO	S7-200	PIN ARDUINO
Q1	Q0.0	23
Q2	Q0.1	25
Q3	Q0.2	27
Q4	Q0.3	29
Q5	Q0.4	31
Q6	Q0.5	33
Q7	Q0.6	35
Q8	Q0.7	37
Q9	Q1.0	39

LOGO	S7-200	PIN ARDUINO
Q10	Q1.1	41
Q11	Q1.2	43
Q12	Q1.3	45
Q13	Q1.4	47
Q14	Q1.5	49
Q15	Q1.6	51
Q16	Q1.7	53

Fuente: Autores.

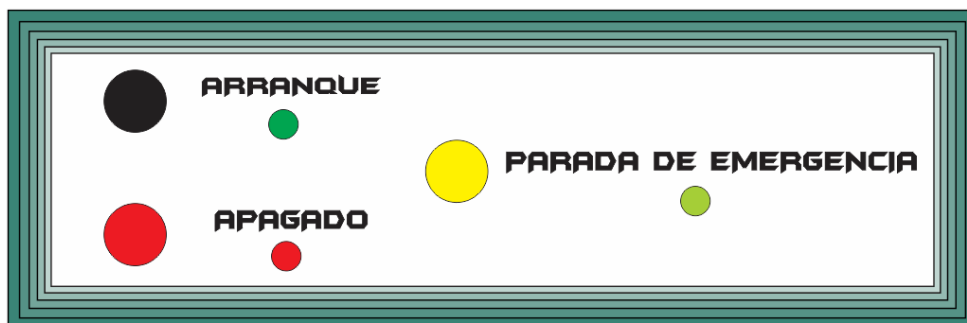
5.5 HMI (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA)

5.5.1 HMI tablero de mando

El usuario tiene la posibilidad de interactuar con el proceso por medio de la zona de mando ubicada en la parte inferior del tablero emulador. En ésta se encuentran los pulsadores que inicializan, finalizan o paran el proceso que se está emulando.

La interfaz muestra por medio de leds, en qué estado se encuentra el proceso, y da la posibilidad que en el momento que el usuario requiera el cambio de éste, lo realice por medio de los pulsadores.

Figura 41. Tablero de mando



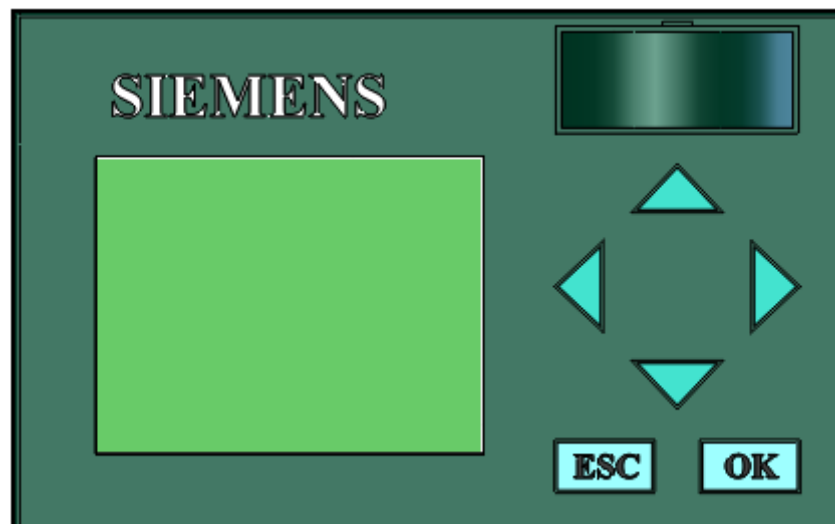
Fuente: Autores.

La comunicación de la zona de mando con la parte de control (autómata), se realiza por medio de la regleta de comunicación, que se encuentra dispuesta en el tablero emulador.

5.5.2 HMI Logo

El LOGO Basic SIEMENS 12/24 RC cuenta con un panel de mando compuesto por seis botones que permiten interactuar con el PLC. Por medio de estos es posible realizar la programación del autómata o simplemente realizar una variación de parámetros del proceso que se está controlando. Además de esto, se encuentra en la parte frontal del LOGO un display (4 líneas, 32 caracteres cada una) iluminado, que permite la visualización de: entradas, salidas, contadores, temporizadores, en general permite tener acceso a información referente al proceso y el estado del autómata

Figura 42. HMI Logo



Fuente: autores (producto de Siemens).

5.6 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DEL OBJETO DE APRENDIZAJE

Los componentes del objeto de aprendizaje funcionan en conjunto, es decir que cada uno de ellos tiene una relación con los demás. El usuario es quien da inicio a la secuencia de emulación, mediante el pulsador de arranque del panel de mando, ubicado en cada tablero emulador. La señal de arranque es comunicada al Arduino por medio de la regleta dispuesta para este fin, al presentarse la lectura de la señal por parte del microcontrolador, éste se encarga de generar las entradas que emulan las condiciones iniciales del proceso y además de ello envía la señal que el usuario a dado para que el proceso comience a ejecutarse.

Las señales que son generadas por parte de la placa Arduino, tienen una tensión de 5V, por lo que estas deben ser utilizadas como señales de control de las tarjetas controladoras de 5V-24V, éstas son las encargadas de activar las entradas del autómeta que deben tener un rango de tensión de 12V-24V.

Cuando el autómeta a realizado la lectura de las entradas que emulan las condiciones iniciales y el arranque del proceso, éste comienza la ejecución del programa de control que ha sido cargado por el usuario, el PLC empieza a realizar cada una de las instrucciones según la lógica que se ha programado, luego éste realizará la escritura de las salidas que son las encargadas de activar los preactuadores o actuadores del proceso emulado.

La señal de salida de los autómetas utilizados S7-200 y LOGO BASIC de Siemens tiene una tensión de 24V, cada una de éstas está comunicada con un relé de la tarjeta controladora 24V-5V los cuales al activarse envían la señal de activación a los pines dispuestos como entradas en el Arduino.

El Arduino se ha programado para que ejecute una lista de instrucciones según sea la lectura de los pines de entrada.

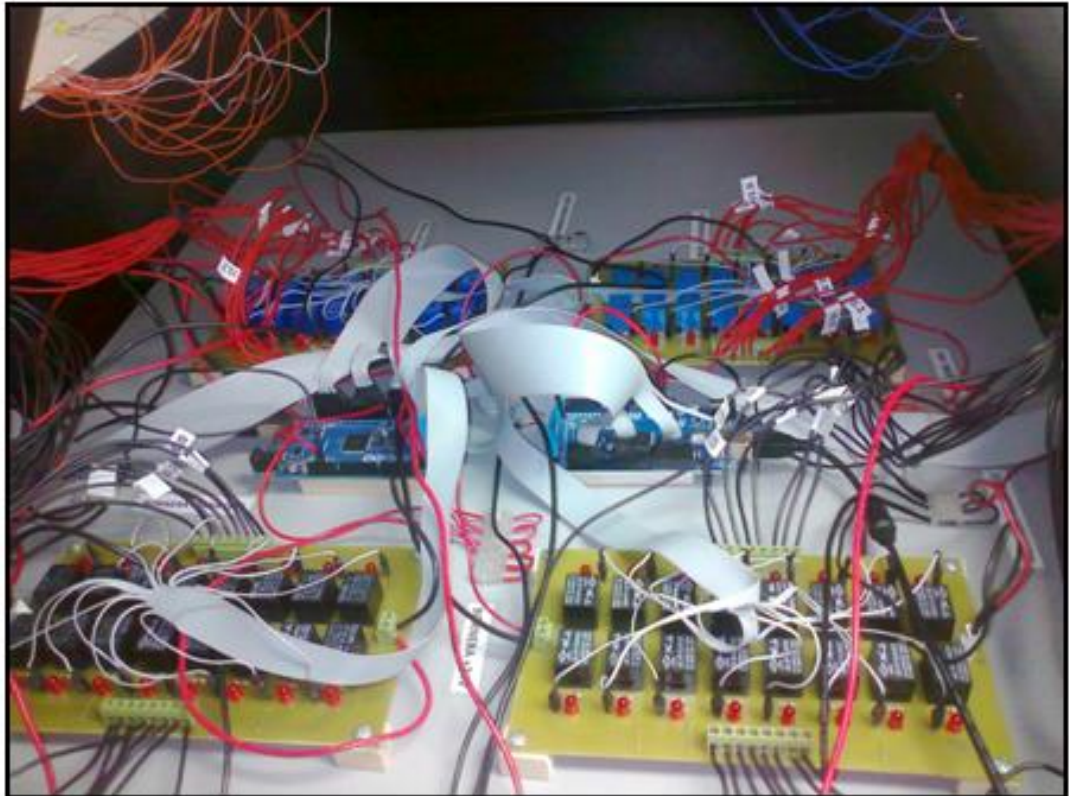
Las Funciones principales de la placa Arduino dentro del proceso emulado son:

- Generar condiciones iniciales del proceso.
- Realizar la lectura de las señales de salida del autómata.
- Activar los indicadores luminosos del tablero emulador en cada etapa del proceso.
- Generar las señales de los sensores emulados y comunicarlos a la tarjeta controladora 5V-24V.
- Servir de medio para comunicar las señales de arranque, stop y paradas de emergencia.

La placa Arduino ejecuta las instrucciones, previamente programadas por el usuario, mediante la combinación de funciones y operaciones lógicas basadas en el álgebra booleana. La ejecución del programa en el arduino implica la generación de señales de salida, que una vez transmitidas a la tarjeta de control 5V-24V activarán las entradas correspondientes en el autómata, para que éste las procese nuevamente en el ciclo y genere las salidas correspondientes.

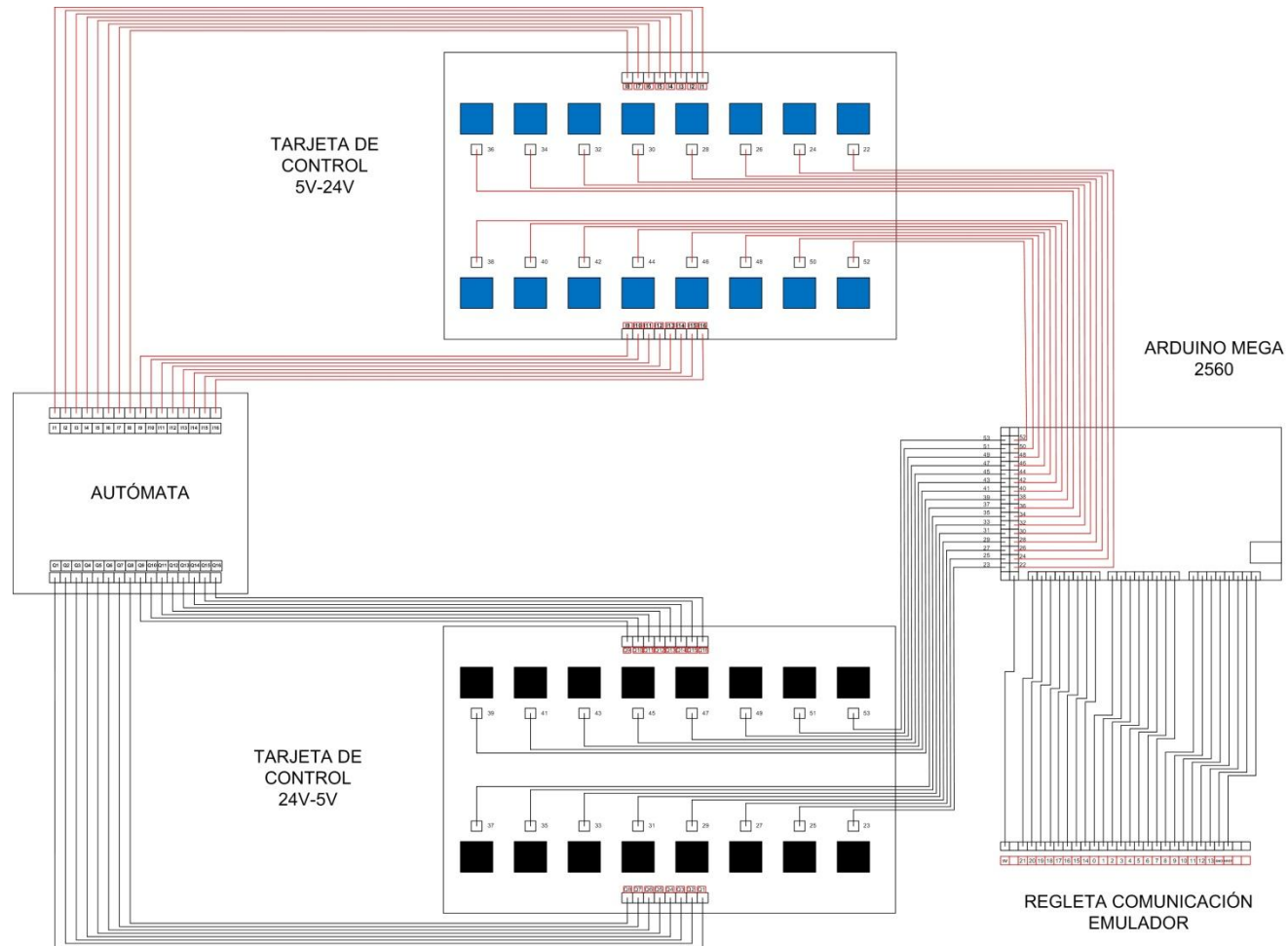
El Arduino es el encargado de emular el funcionamiento del proceso real, generando las señales emuladas de sensores capacitivos, inductivos, finales de carrera, sensor de presión. Además de ello, el Arduino genera de forma aleatoria, señales que representan fallas en el proceso, para que de esta forma, el usuario entienda los posibles inconvenientes de funcionamiento que se pueden tener.

Figura 43. Montaje -parte operativa-



Fuente: autores

Figura 44. Circuito general de conexiones -parte operativa-

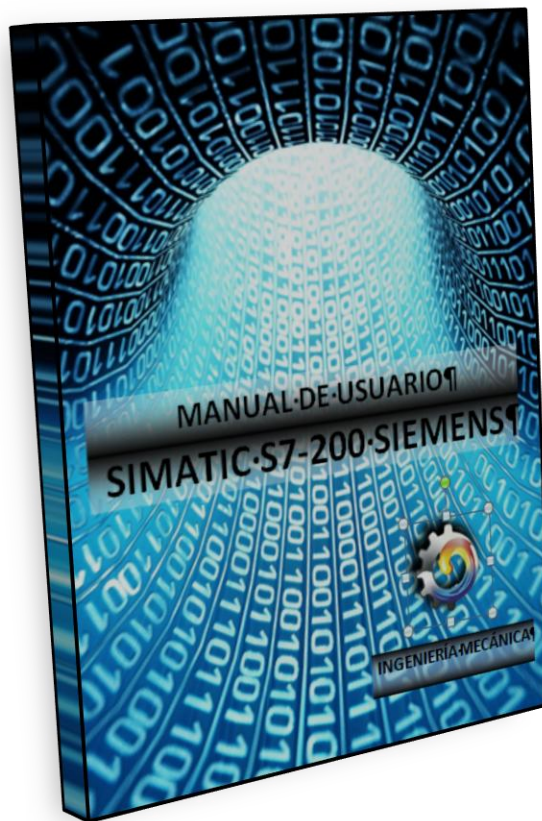


Fuente: Autores

6. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO “SIMATIC S7-200 SIEMENS”

El objetivo radical de este manual, es desarrollar en el estudiante la capacidad de utilizar las herramientas óptimas relacionadas con el uso del Autómata Programable S7-200 Siemens, entendiéndose esto, como un valor agregado al conocimiento del futuro Ingeniero Mecánico, permitiendo posteriormente una relación fructífera entre la persona formada y el entorno industrial, más específicamente en la optimización de procesos industriales.

Figura 45. Manual de usuario S7-200 Siemens



Fuente: Autores.

El manual se diseñó estructuralmente acorde a un aprendizaje gradual, entendiendo la posibilidad de que muy probablemente el lector no ha tenido contacto alguno con enfoques de tipo automatizado, particularmente, en el uso de esta herramienta ofrecida por Siemens.

Sistema de Automatización S7-200 Siemens, es una guía práctica a la hora de enfrentar el reto de la Automatización Industrial y por ende se considera de vital importancia, una apreciación detallada de sus capítulos, antes de cualquier intento por manipular el S7-200, debido a que ofrece una serie de parámetros que posibilitan la comprensión de ciertos aspectos ligados al uso de este PLC en particular.

A continuación, se presenta el arreglo temático del cual consta este ejemplar, pretendiendo de esta forma clarificar aspectos de tipo conceptual y estructural; por otra parte se define el objetivo específico de cada capítulo, para de esta forma presentar el por qué fue exitosa su elaboración.

6.1 CAPÍTULO 1 GAMA DE PRODUCTOS

Objetivo: Distinguir los diversos sistemas de automatización (Micro PLC's), representados por la gama S7-200, con sus características más sobresalientes y alcances industriales.

Contenido:

- CPU S7-200
- Módulos de Ampliación

Figura 46. CPU S7-200



Fuente: www.automation.siemens.com

También hace parte importante de este capítulo, la caracterización de los módulos de ampliación para requisitos de aplicaciones particulares, enfatizando que éstos son utilizados para agregar funciones a la CPU en manipulación, brindando una mayor flexibilidad al entorno.

6.2 CAPÍTULO 2 INSTALAR EL HARDWARE

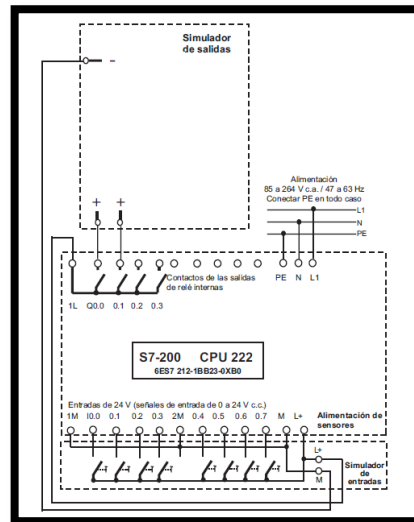
Objetivo: Identificar la estructura interna y montaje para la puesta en marcha del autómatas S7-200 Siemens.

Contenido:

- Montaje e instalación del hardware

- Diagramas de cableado del hardware
- Detalles del S7-200 CPU 222
- Frontal S7-200 cpu 222

Figura 47. Diagrama interno del cableado del hardware



Fuente: www.automation.siemens.com

6.3 CAPÍTULO 3 INSTALAR EL SOFTWARE

Objetivo: Conocer la forma de instalación del software para su correcto funcionamiento y posterior utilización en el proceso de programación.

Contenido:

- Instalar Step 7-micro/WIN para la guía rápida del S7-200
- Iniciar Step 7- Micro/WIN
- Utilizar la ayuda en pantalla

Figura 48. Pantalla de inicio STEP 7-Micro/WIN



Fuente: www.automation.siemens.com

6.4 CAPÍTULO 4 GENERALIDADES DEL S7-200

Objetivo: Definir los parámetros funcionales de los Automatas S7-200. La función principal del S7-200 consiste en vigilar las entradas de campo y, conforme a la lógica de control, activar o desactivar los aparatos de salida de campo.

Contenido:

- Ejecutar la lógica de control en el S7-200
- Acceder a los datos del S7-200

- Temporizadores
- Transferencia
- Operaciones lógicas
- Operaciones aritméticas en coma fija
- Operaciones de interrupción
- Operaciones de comunicación

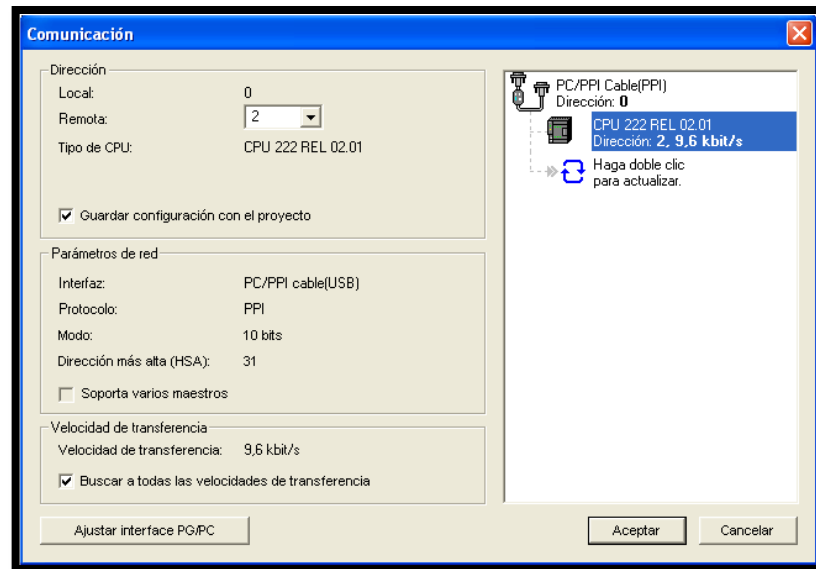
6.6 CAPÍTULO 6 CONFIGURACIÓN BÁSICA

Objetivo: Configurar el enlace entre el software Step-7 Micro/WIN y el autómata S7-200, con el fin de manipular el modo de operación del PLC remotamente.

Contenido:

- Conectar el cable de comunicación
- Configurar la comunicación del S7-200
- Selección del modo de operación (test de funcionamiento inicial)

Figura 50. Plataforma de comunicación



Fuente: www.automation.siemens.com

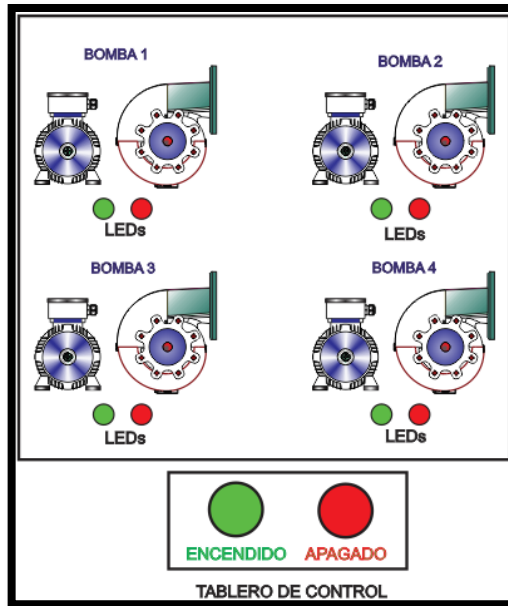
6.7 CAPÍTULO 7 EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN STEP 7-Micro/WIN

Objetivo: Crear un proyecto implementando las herramientas ofrecidas por el Software Step 7 Micro/WIN, para la solución de una tarea industrial específica.

Contenido:

- Crear un nuevo proyecto
- Esquema funcional del programa
- Desarrollo del proyecto
- Programar con símbolos
- Activación de 4 bombas y su ciclado (FUP)
- Tabla de símbolos
- Cargar programa en la CPU 222 Simatic S7-200 siemens
- Visualización del estado (online)

Figura 51. Activación de cuatro bombas y su ciclado



Fuente: Autores

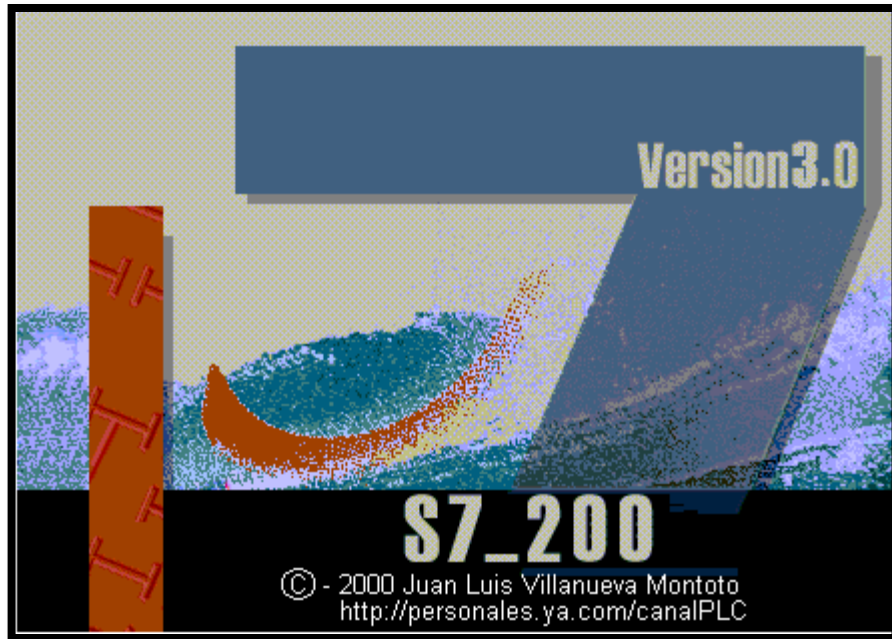
6.8 CAPÍTULO 8 SIMULADOR S7-200

Objetivo: Describir el simulador virtual para los PLC's S7-200, contemplando su gran utilidad a la hora de evaluar un programa previamente realizado en Step 7 Micro/WIN.

Contenido:

- Barra de menús
- Barra de herramientas
- Visualización de la CPU
- Visualización de entradas
- Pasos para simular un proyecto con simulador S7-200

Figura 52. Simulador S7-200 versión 3.0



Fuente: <http://personales.ya.com/canalPLC>

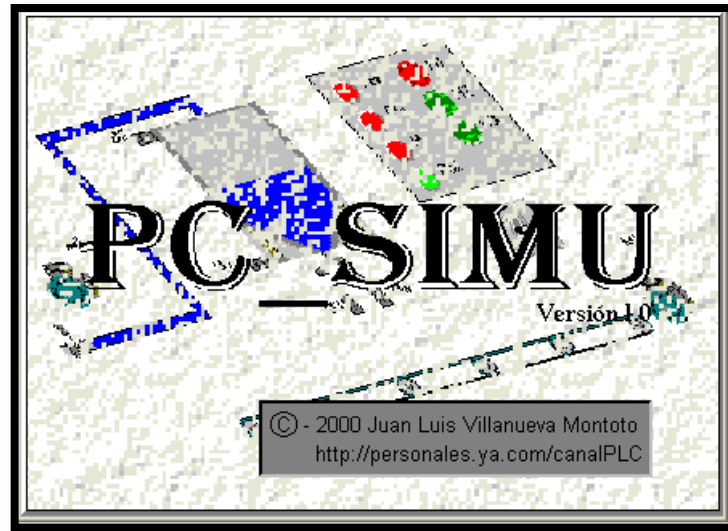
6.9 CAPÍTULO 9 PC SIMU

Objetivo: Describir el simulador virtual PC SIMU para los Autómatas S7-200, identificando su utilidad al momento de ver el desarrollo del posible proceso automatizado.

Contenido:

- Barra de menús
- Barra de herramientas
- Barra de herramientas 1
- Barra de herramientas 2
- Pasos para simular un proceso en PC SIMU

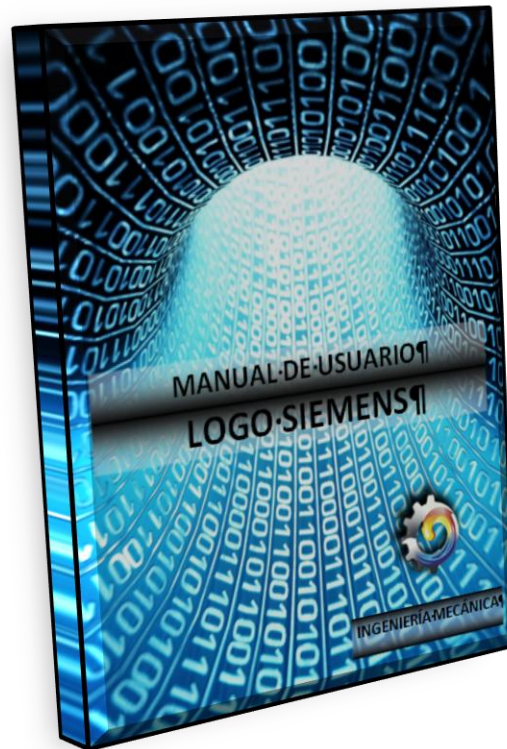
Figura 53. Simulador PC_SIMU



Fuente: <http://personales.ya.com/canalPLC>

7. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO “LOGO SIEMENS”

Figura 54. Manual de usuario LOGO Siemens



Fuente: Autores.

Producto de la identificación del problema que se presenta actualmente en el laboratorio de Automatización Industrial, ligado a falencias relacionadas con la falta de información estructuralmente acorde y enfatizada al aprendizaje del Autómata LOGO Siemens, surgió este compendio, el cual permite afianzar conocimientos de fondo, referentes al campo de la Automatización Industrial y expone de una forma adecuada pautas y conceptos que permitirán en el lector, identificar una vasta gama de nociones referentes al montaje, uso y proyección del Micro PLC LOGO Siemens.

Es importante que a priori, el lector o la persona en busca de una relación con este Micro PLC, fundamente su necesidad de aprendizaje con este manual, para de esta forma no tener inconvenientes a la hora de utilizar esta herramienta industrial, y poder desarrollar, abarcar y aprovechar toda su potencialidad en el campo.

El manual de usuario LOGO Siemens, es una herramienta educativa en pro del estudiantado, por ende su estructura está orientada a un aprendizaje gradual y evidentemente gráfico, con el fin de promover un ambiente de agrado visual y no simplemente un ámbito netamente escrito, que en cierto punto inhibe la formación en el tema cuestionado.

A continuación, se presenta de una forma general el contenido del presente ejemplar, identificando de esta forma los aspectos temáticos tenidos en cuenta en el desarrollo del mismo, resaltando su importancia y su objetividad.

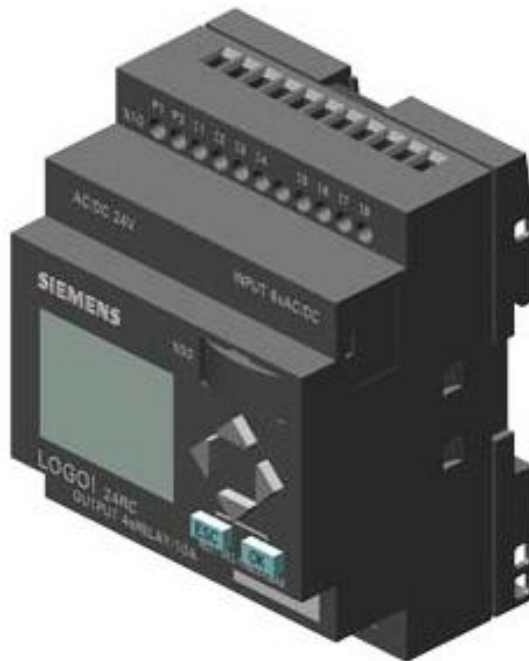
7.1 CAPÍTULO 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Objetivo: Conocer las características principales de la gama de autómatas LOGO SIEMENS.

Contenido:

- Descripción general
- Características
- Estructura
- Montaje
- Cableado

Figura 55. LOGO! 24RC



Fuente: www.automation.siemens.com

7.2 CAPÍTULO 2 VARIACIONES DE LOGO SIN PANTALLA

Objetivo: Identificar las características específicas y posibles usos del LOGO Siemens sin pantalla en la industria.

Contenido:

- Características de logo sin pantalla
- Funcionamiento
- Arranque

Figura 56. LOGO! 230RCo



Fuente: www.automation.siemens.com

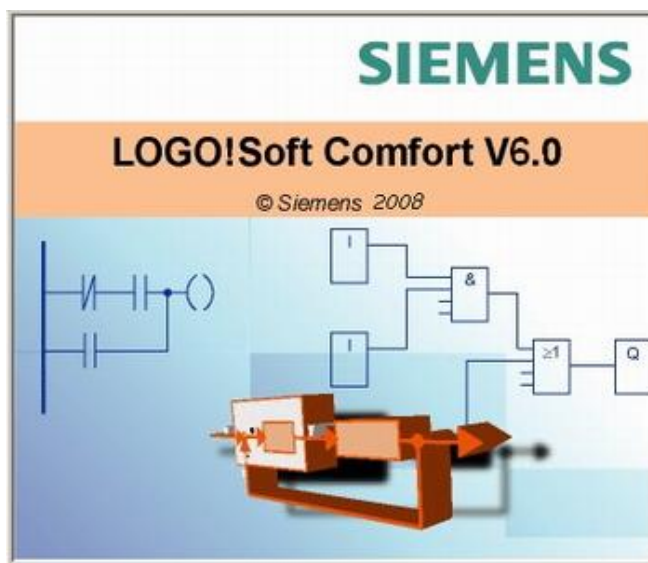
7.3 CAPÍTULO 3 PROGRAMACIÓN LOGO SIEMENS

Objetivo: Identificar las herramientas de programación ofrecidas por el entorno de LOGO y su normativa de uso.

Contenido:

- Bloques
- Circuitos Logo y analogía con circuitos eléctricos
- Reglas a tener en cuenta en la programación

Figura 57. LOGO! Soft Comfort V6.0



Fuente: www.automation.siemens.com

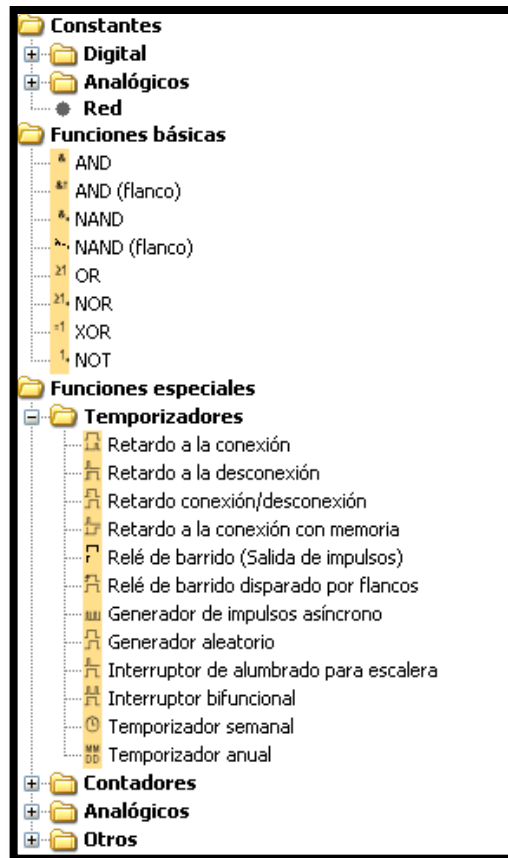
7.4 CAPÍTULO 4 FUNCIONES DISPONIBLES LOGO SIEMENS

Objetivo: Identificar las funciones disponibles del LOGO Siemens y su respectiva parametrización en el desarrollo de aplicaciones generales.

Contenido:

- CO↓ constantes y bornes
- GF↓ funciones básicas
- Funciones especiales

Figura 58. Disponibilidad de funciones



Fuente: www.automation.siemens.com

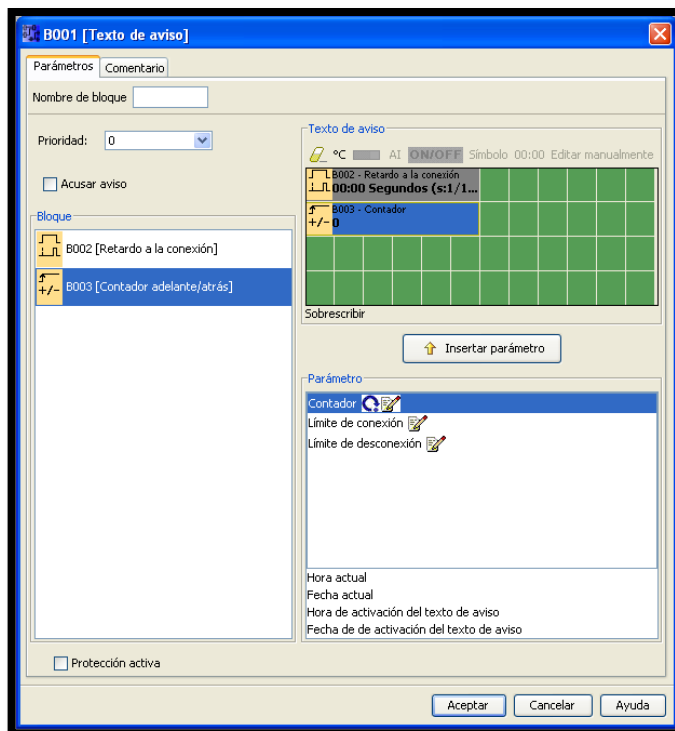
7.5 CAPÍTULO 5 CONFIGURACIÓN DE TEXTOS DE AVISO

Objetivo: Identificar la herramienta de configuración de textos de avisos que permite la visualización de los parámetros del programa.

Contenido:

- Parámetros a visualizar por medio texto de aviso
- Ventana de configuración textos de aviso

Figura 59. Plataforma texto de aviso



Fuente: www.automation.siemens.com

7.6 CAPÍTULO 6 PROGRAMACIÓN POR MEDIO DE TABLERO DE MANDO

Objetivo: Identificar la forma de realizar y editar un programa de usuario mediante la utilización del tablero de mando.

Contenido:

- Estructura de menús
- Insertar nuevo programa en LOGO

Figura 60. LOGO! 12/24 RC



Fuente: www.automation.siemens.com

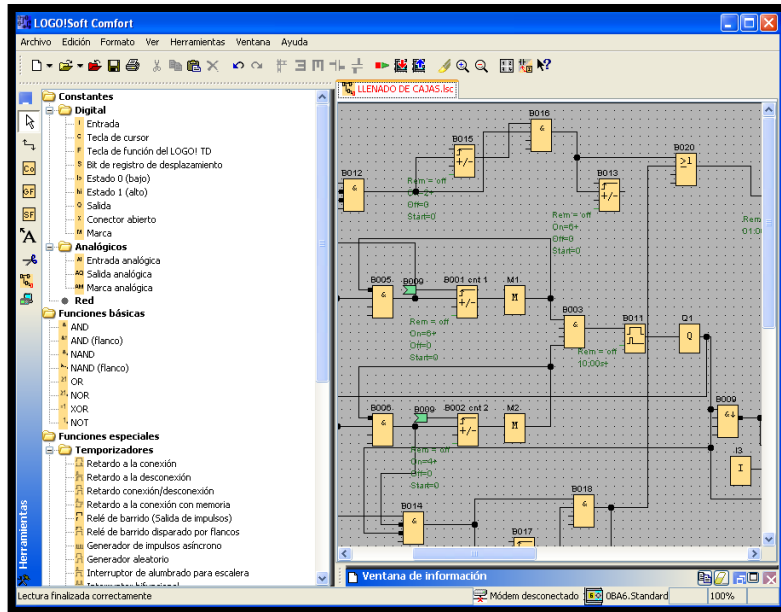
7.7 CAPÍTULO 7 LOGO SOFT COMFORT

Objetivo: Identificar las herramientas de la plataforma de programación, como medio para el diseño de un programa de usuario.

Contenido:

- Pasos para la instalación del programa Logo Soft Comfort de Siemens
- Estructura básica del programa
- Creación de un proyecto

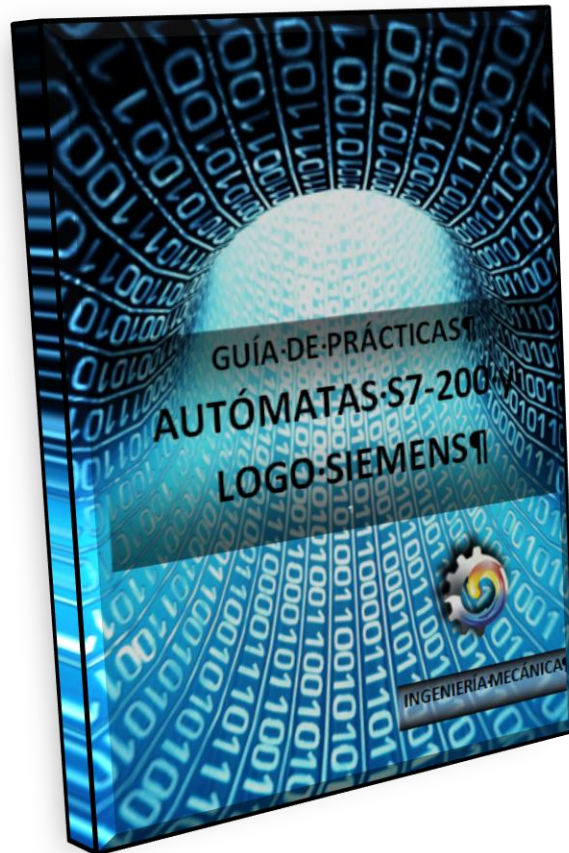
Figura 61. Plataforma general del software LOGO Soft Comfort



Fuente: www.automation.siemens.com

8. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA GUÍA DE PRÁCTICAS (S7-200 Y LOGO SIEMENS)

Figura 62. Guía de prácticas



Fuente: Autores.

La guía de prácticas para los autómatas de gama baja referidos en el presente proyecto de grado es una herramienta básica pero de vital importancia en la consolidación de los conocimientos previamente adquiridos; por ende es responsabilidad del estudiante, consultar la temática tratada en los manuales de usuario para de esta forma no incurrir en posibles daños operacionales en los

autómatas, y peor aún, en daños físicos en lo relacionado con el operario, en este caso el estudiante.

La guía de prácticas está basada en 5 prácticas diseñadas para la aprehensión gradual de conceptos relacionados con las herramientas pertenecientes a los autómatas programables S7-200 y LOGO de Siemens. Dichas prácticas están soportadas por la emulación de 4 procesos industriales, que según conveniencia, serán los puntos de partida para que el estudiante fomente su entorno de trabajo adecuado y posterior avance, según el interés presentado por el mismo. La estructura del manual fue establecida de la siguiente forma:

- Nombre de la práctica
- Objetivo
- Observaciones
- Descripción
- Pasos a seguir
- Evaluación

9. CONCLUSIONES

Mediante el uso del microcontrolador Arduino MEGA 2560 se logró la emulación de procesos industriales, dando la flexibilidad de reproducir las condiciones de funcionamiento real de la máquina, para una posterior optimización del proceso mediante el uso de autómatas programables, permitiendo el planteamiento, realización e implementación de proyectos de automatización.

A través del diseño, construcción e implementación de las tarjetas controladoras se obtuvo un acondicionamiento de las señales eléctricas, que permitió el enlace periférico entre el sistema de control (autómata programable) y el sistema de emulación de la máquina (Arduino MEGA 2560).

Se realizó la estandarización de los puertos de conexión de los autómatas S7-200 y LOGO BASIC de Siemens con el objeto de aprendizaje, haciendo flexible su uso en el control de los procesos emulados.

La implementación del objeto de aprendizaje permite al estudiante de ingeniería mecánica realizar el primer acercamiento a la automatización industrial y adquirir los conocimientos necesarios en el uso de los autómatas programables S7-200 y LOGO BASIC de Siemens.

El uso de la placa Arduino permite la comparación entre una herramienta usada con fines didácticos y los autómatas que son empleados en el control de procesos industriales.

Se realizó el diseño y elaboración de dos manuales teóricos estructurados con el fin de dar soporte al estudiante en los temas relacionados con el montaje, uso y programación de los autómatas programables S7-200 y LOGO BASIC de Siemens.

Se realizó el diseño y elaboración de una guía de prácticas, como ente que promueva el afianzamiento de habilidades en el uso de los autómatas programables S7-200 y LOGO de Siemens, complementando las bases teóricas adquiridas.

Se cumple con la totalidad de los objetivos propuestos en la realización del presente proyecto de grado, realizando un aporte académico en el aprendizaje de los autómatas programables.

10. RECOMENDACIONES

Con el fin de hacer uso adecuado sobre la herramienta de aprendizaje, se recomienda una lectura a priori sobre los manuales de usuario “SIMATIC S7-200 SIEMENS y LOGO SIEMENS, así como un estudio detallado a la guía de realización de prácticas, de esta forma se evitarán manejos inadecuados de los elementos constituyentes en el banco emulador.

Para la implementación de nuevos elementos complementarios en el desarrollo de los procesos emulados, se recomiendan el uso de los visualizadores de textos (TD), tanto en el autómata Simatic S7-200 CPU 222 de Siemens como en el micro PLC LOGO! 12/24RC de Siemens.

Debido a la flexibilidad con que cuenta el objeto de aprendizaje, respecto al cambio de programación a utilizar, producto de los diversos sistemas emulados, **NO** se recomienda utilizar el puerto de alimentación externo en el microcontrolador ARDUINO MEGA 2560 ya que se estarán constantemente cargando programas, por ende, el ARDUINO estará energizado por el PC; es decir, no se debe alimentar la placa ARDUINO de dos fuentes distintas al mismo tiempo por posibles fallos en el funcionamiento del microcontrolador.

Se recomienda para una diversificación de procesos industriales emulados, el implementar otros tableros emuladores con procesos influyentes en el campo industrial actualmente, que complementen el proceso educativo en el ámbito de la automatización Industrial.

BIBLIOGRAFÍA

CISTERNA O MARCOS, Tutorial Instalación y Programación en PLC Educacional S7-200, universidad de chile, facultad de ciencias físicas y matemáticas

http://www.fpalzira.es/web/files/material/frioycalor/primer/iea/libro/iea_libro_ud4.

<http://isa.uniovi.es/docencia/ingdeautom/transparencias/PLC-General.pdf>.

http://www.unicrom.com/Tut_relay.asp.

SIEMENS, LOGO! Funtions manual A5E01248535-01.

SIEMENS, LOGO manual 06/2003 A5E00228594-01.

SIEMENS, Manual del Sistema de Automatización SIMATIC S7-200. Número de referencia del manual 6ES7298-8FA24-8DH0, Edición 08/2008.

ANEXOS

ANEXO A. LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Se entiende por Sistema Automatizado toda máquina o conjunto de máquinas que evoluciona de manera automática (con la mínima intervención humana), respetando unas condiciones de funcionamiento prefijadas.

La automatización trae consigo una serie de ventajas, tales como:

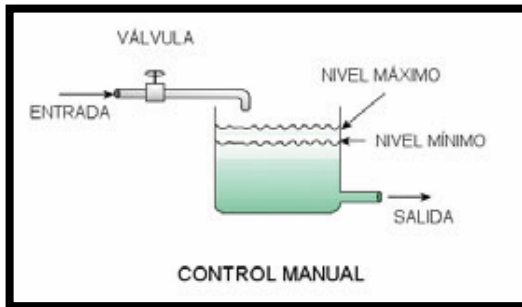
- Aumentar la fiabilidad, el control, la eficacia o productividad y la flexibilidad de un proceso.
- Minimizar tiempos de espera y mejorar la repetibilidad de fabricación, es decir, que todos los productos fabricados tengan características idénticas.
- Reducir los tiempos de parada.
- Incrementar la seguridad, relevando al operario de tareas peligrosas.
- Conseguir una mejor adaptación a contextos especiales: adaptación a entornos y tareas hostiles (tales como entornos corrosivos, húmedos y aplicaciones de tipo marino, espacial, nuclear, etc).

A1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA AUTOMATIZACIÓN

La manera más rudimentaria que ha tenido el ser humano para controlar algún elemento de su entorno ha sido la de ejercer el control manual. El operario debe observar continuamente la variable a ser controlada, tomando él las decisiones y

ejerciendo las acciones pertinentes para que dicha variable se mantenga dentro del rango deseado.

Figura 1. Control manual



Si se desea que el nivel de un líquido almacenado en un tanque permanezca dentro de un rango de niveles, el operario debe vigilar continuamente el nivel existente en el depósito. Dado que el consumo de líquido en la salida del depósito puede ser variable, el operario debe abrir y cerrar la válvula según sea necesario. Con el paso del tiempo y gracias a la continua innovación e invenciones del ser humano, se ha evolucionado desde el control manual hasta las técnicas más sofisticadas de control mediante el autómata programable y todos sus equipos auxiliares.

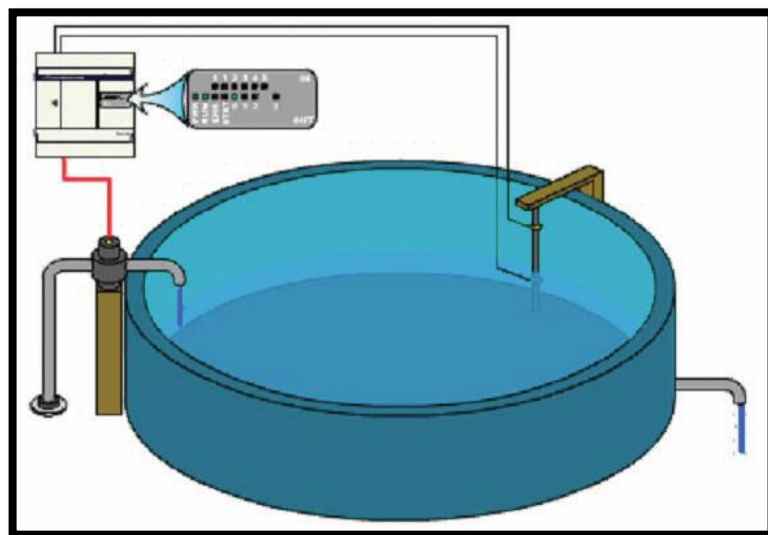
Al principio, como sustitución de las técnicas de control manual en el manejo de aplicaciones, se empleó en la automatización, equipos cableados, a partir de cuadros realizados con elementos eléctricos y electromecánicos (tales como relés, contactores, entre otros) con la misión de automatizar un proceso o parte del mismo.

Más tarde llegaría la sustitución de los equipos cableados por un Autómata programable. El primero de ellos, de tipo comercial, se llamaba **MOD**ular **DIG**ital **CON**troller (MODICON). Dadas las ventajas obtenidas en la automatización de

procesos productivos mediante este aparato, se han utilizado autómatas con éxito en otros sectores.

Por ejemplo, mediante un autómata se puede tener una solución flexible y totalmente automatizada para ejercer el control de nivel de líquido antes comentado:

Figura 2. Control automático



En este caso, el autómata recibe mediante dos entradas la información relativa al nivel del líquido. En la memoria del autómata reside un programa que se ha escrito con el propósito de activar la electroválvula, permitiendo la entrada de líquido cuando el nivel cae por debajo del mínimo, o desactivar la electroválvula, impidiendo la entrada del líquido cuando su nivel supera al máximo.

En principio, no parece que se justifique la presencia de un autómata para ejecutar una función tan simple como la descrita. Pensemos por un momento que ese depósito de líquido puede formar parte de un proceso industrial mucho más complejo. El mismo autómata que se ha mostrado encargándose de controlar el

nivel del líquido, puede estar controlando simultáneamente otros cientos o miles de maniobras adicionales en dicho proceso.

A2. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN

En líneas generales, cuando se habla de automatización, inmediatamente viene a la mente la idea de una fábrica automatizada. Como ejemplo más emblemático de esta aplicación se puede citar a una línea de fabricación de automóviles, en la que a lo largo de 24 horas de producción continua se pueden fabricar más de 1000 autos.

Figura 3. Proceso automatizado



Aparte de los procesos productivos, la automatización está presente en otras áreas, tales como el control de edificios y la distribución de energía, entre otros.

En la siguiente imagen se aporta más información al respecto:

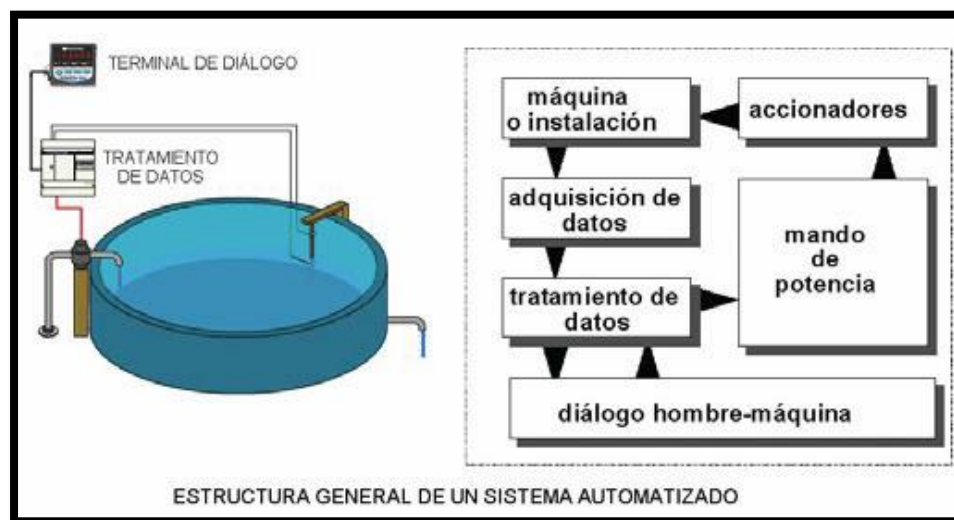
Figura 4. Influencia de la automatización



A3. ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO

Cualquier sistema o proceso automatizado se puede asimilar, en líneas generales, al expuesto en el siguiente esquema:

Figura 5. estructura de un sistema automatizado



En cualquier caso, se deben distinguir las diferentes partes que lo componen:

- Máquina, instalación, sistema o proceso a automatizar.
- Sistema de adquisición de datos.
- Sistema de tratamiento de datos.
- Sistema de diálogo hombre-máquina (HMI)
- Sistema de mando de potencia (Accionadores y Preaccionadores).

En el ejemplo presentado, la instalación a automatizar es el depósito cuyo nivel se desea controlar.

La adquisición de datos del proceso es realizada a través de elementos captadores o sensores. Un captador es cualquier elemento o sistema capaz de recoger información de su entorno, convertirla en una señal eléctrica y transmitirla hacia otro elemento que sea capaz de leerla, entenderla y tratarla. Una vez que se capta un dato, la señal correspondiente al valor del mismo es recogida por un sistema capaz de guardarlo en su memoria para que posteriormente se pueda realizar el tratamiento correspondiente.

En función de la aplicación que se ha de controlar, los diferentes componentes a utilizar que tienen como propósito el tratamiento de la información, pueden ser:

- Dispositivos discretos configurables (relés, relés temporizados, variadores de frecuencia, etc.).
- Controladores programables.
- Autómatas programables.
- PC's industriales.

El terminal de diálogo permite el establecimiento del diálogo hombre-máquina, que es la relación que existe entre el operador del sistema y el automatismo que lo controla. Permite supervisar el estado de funcionamiento de un sistema y actuar sobre el mismo en caso de que sea necesario. El diálogo hombre-máquina surge

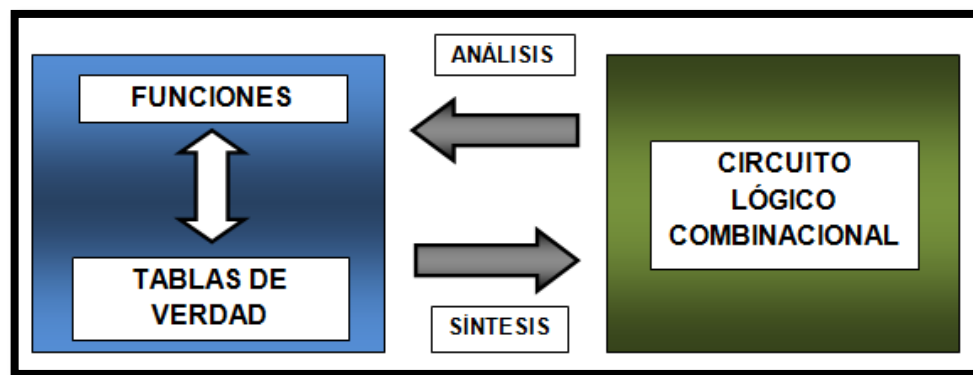
de la necesidad que tiene o puede tener un sistema automatizado de control y supervisión por parte de un operador externo al proceso.

Una vez que el automatismo, según las señales que ha tratado, decide unas determinadas acciones de control sobre la aplicación, actúa sobre los elementos que se encargan de ejecutar estas acciones, ya sea directamente (actuando sobre los elementos accionadores) o indirectamente (actuando sobre los elementos preaccionadores).

A4. CIRCUITOS LÓGICOS COMBINACIONALES

Son aquellos circuitos cuyas salidas, en un determinado instante, son función exclusivamente del valor de las entradas en ese instante. Por esto se dice que los sistemas combinacionales no cuentan con memoria.

Figura 6. Circuito lógico combinacional

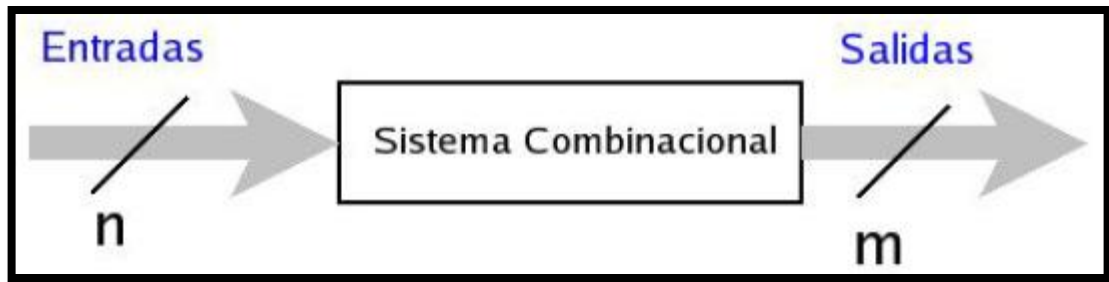


Análisis: Obtención de la función de salida de un circuito, para cada una de las posibles combinaciones de las “n” variables de entrada.

Síntesis: Obtención del circuito que realiza la función especificada.

Un sistema combinacional puede tener n entradas y m salidas.

Figura 7. Estructura de un sistema combinacional



A continuación, se describirá un método general para sintetizar funciones lógicas combinacionales. El método es bastante sencillo y resulta válido para hacer la síntesis de cualquier función lógica por más complicada que ésta sea. Supongamos que se requiere implementar un circuito lógico combinacional con tres entradas (A, B y C), cuya salida cumpla con la siguiente tabla de verdad:

Tabla 1. Circuito lógico combinacional con tres entradas

A	B	C	SALIDA
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

←

←

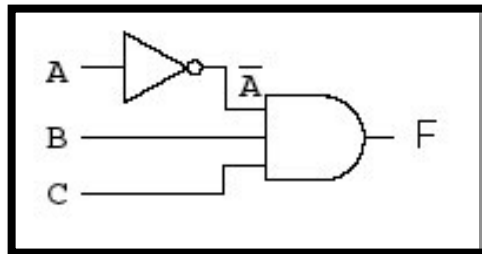
←

←

La manera más simple de atacar este tipo de problema, es la de analizar por separado cada una de las combinaciones de entradas en las que se requiere que la salida esté en 1. Como se observa, hay 4 combinaciones de entradas que cumplen con las condiciones mencionadas. Analicemos el primero de los casos: La combinación A=0, B=1 y C=1 requiere que la salida F esté en 1. Si ésta fuese

la única condición para tener un 1 en la salida, la función lógica necesaria sería $F = ABC$ y el circuito lógico correspondería con el siguiente:

Figura 8. Circuito lógico $F = ABC$



Como son varias las combinaciones de entrada para las cuales la salida es 1, el circuito mostrado no es la respuesta al problema. Se necesita analizar el resto de combinaciones que dan salida 1, indicando la función lógica para cada una de ellas:

Tabla 2. Funciones lógicas de salidas 1

A	B	C	SALIDA
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$\overline{A}BC=1$

$A\overline{B}C=1$

$AB\overline{C}=1$

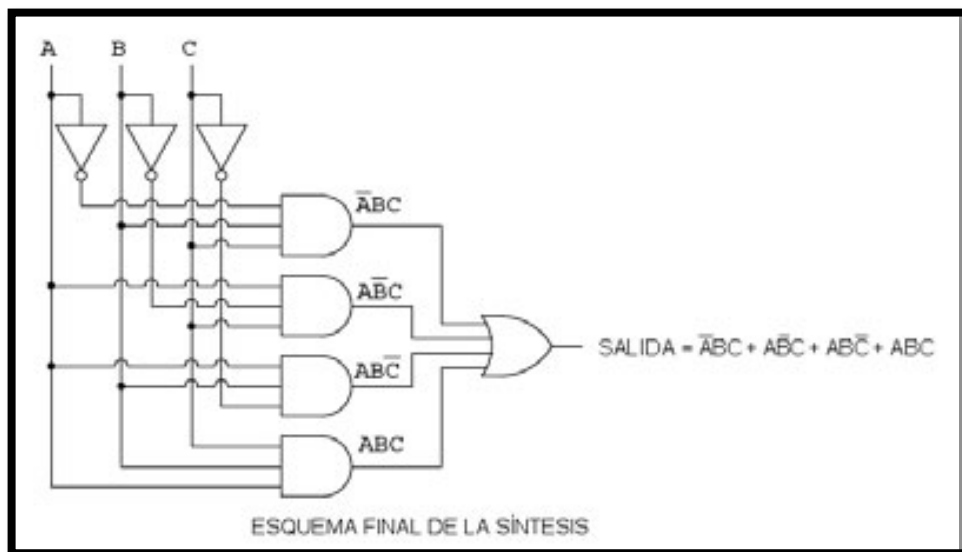
$ABC=1$

Para finalizar la síntesis de la función, sólo se requiere hacer la suma lógica (puerta OR) de las cuatro condiciones necesarias para que la salida esté en 1, asegurando así que bajo esas 4 condiciones de entradas, la salida será 1:

$$\text{SALIDA} = \bar{A}BC + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC$$

Resulta conveniente indicar que la solución de síntesis realizada con el método descrito, no es la solución óptima. Existen métodos más sofisticados que traen como resultado final un número menor de puertas. A continuación se muestra el esquema lógico de la síntesis realizada:

Figura 9. Esquema final de la síntesis



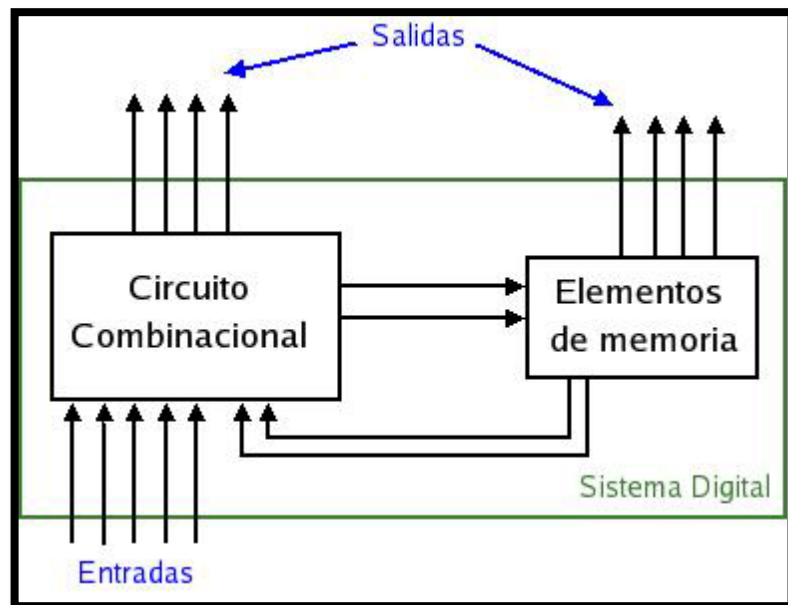
A5. CIRCUITOS LÓGICOS SECUENCIALES

En un circuito lógico secuencial, la señal de salida es función de las entradas aplicadas al mismo y de las entradas que se aplicaron con anterioridad. Es un circuito que tiene implícita la función de memorización, ya que el circuito “recuerda” las entradas aplicadas anteriormente. Este circuito responde a un nuevo conjunto de entradas en función de éstas y de los valores lógicos almacenados en su memoria. Un ejemplo muy sencillo es el de un circuito

contador. Un contador es un circuito que cuenta pulsos en su entrada. Cada vez que se presenta un nuevo pulso, el valor del conteo se incrementa en una unidad.

En general, un circuito secuencial está compuesto por circuitos combinacionales y elementos de memoria.

Figura 10. Esquema de un circuito secuencial



La parte combinacional del circuito acepta entradas externas y desde los elementos de memoria. Algunas de las salidas del circuito combinacional se utilizan para determinar los valores que se almacenaran en los elementos de memoria. Las salidas del sistema secuencial pueden corresponder tanto a salidas del circuito combinacional, como de los elementos de memoria.

ANEXO B. FICHAS TÉCNICAS

Figura 1. Datos técnicos de las CPUs

Datos técnicos de las CPUs					
	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP CPU 224XPsi	CPU 226
Memoria					
Tamaño del programa de usuario con edición en runtime sin edición en runtime	4096 bytes		8192 bytes 12288 bytes	12288 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Datos de usuario	2048 bytes		8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Respaldo (condensador de alto rendimiento)	Tip. 50 h (min. 8 h a 40°C)		Tip. 100 h (min. 70 h a 40°C)	Tip. 100 h (min. 70 h a 40°C)	
(pila opcional)	Tip. 200 días		Tip. 200 días	Tip. 200 días	
E/S					
E/S digitales	6 E/4 S	8 E/6 S	14 E/10 S	14 E/10 S	24 E/16 S
E/S analógicas	Ninguna			2 E/1 S	Ninguna
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E/128 S)				
Tamaño de la imagen de E/S analógicas	Ninguno	32 (16 E/16 S)	64 (32 E/32 S)		
Nº máx. de módulos de ampliación	Ninguno	2 módulos ¹	7 módulos ¹		
Nº máx. de módulos inteligentes	Ninguno	2 módulos ¹	7 módulos ¹		
Entradas de captura de impulsos	6	8	14		24
Contadores rápidos	4 contadores en total 4 a 30 kHz		6 contadores en total 6 a 30 kHz	6 contadores en total 4 a 30 kHz	6 contadores en total 6 a 30 kHz
Fase simple				2 a 200 kHz	
Dos fases	2 a 20 kHz		4 a 20 kHz	3 a 20 kHz 1 a 100 kHz	4 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2 a 20 kHz (solo en salidas DC)			2 a 100 kHz (solo en salidas DC)	2 a 20 kHz (solo en salidas DC)
Datos generales					
Temporizadores	256 temporizadores en total: 4 temporizadores de 1 ms, 16 temporizadores de 10 ms y 236 temporizadores de 100 ms				
Contadores	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila)				
Marcas internas almacenadas al desconectar la CPU	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila) 112 (almacenamiento en EEPROM)				
Interrupciones temporizadas	2 con resolución de 1 ms				
Interrupciones de flanco	4 flancos positivos y/o 4 flancos negativos				
Potenciómetros analógicos	1 con resolución de 8 bits		2 con resolución de 8 bits		
Velocidad de ejecución booleana	0.22 µs por operación				
Reloj de tiempo real	Cartucho opcional		Incorporado		
Cartuchos opcionales	Memoria, pila y reloj de tiempo real		Memoria y pila		
Comunicación integrada					
Puertos (potencia limitada)	1 puerto RS-485			2 puertos RS-485	
Velocidades de transferencia PPI, MPI (esclavo)	9,6, 19,2 y 187,5 kbit/s				
Velocidades de transferencia Freeport	1,2 kbit/s a 115,2 kbit/s				
Longitud máx. del cable por segmento	Con repetidor aislado: 1000 m hasta 187,5 kbit/s, 1200 m hasta 38,4 kbit/s Sin repetidor aislado: 50 m				
Nº máximo de estaciones	32 por segmento, 126 por red				
Nº máximo de maestros	32				
Punto a punto (modo maestro PPI)	Si (NETR/NETW)				
Enlaces MPI	4 en total, 2 reservados (1 para una PG y 1 para un OP)				

Figura 2. Datos de alimentación y de las entradas digitales de las CPUs

Datos de alimentación de las CPUs				
DC			AC	
Potencia de entrada				
Tensión de entrada	20,4 a 28,8 VDC		85 V a 264 VAC (47 a 63 Hz)	
Intensidad de entrada	CPU sólo a 24 VDC	Carga máx. a 24 VDC	solo CPU	Carga máx.
CPU 221	80 mA	450 mA	30/15 mA a 120/240 VAC	120/60 mA a 120/240 VAC
CPU 222	85 mA	500 mA	40/20 mA a 120/240 VAC	140/70 mA a 120/240 VAC
CPU 224	110 mA	700 mA	60/30 mA a 120/240 VAC	200/100 mA a 120/240 VAC
CPU 224XP	120 mA	900 mA	70/35 mA a 120/240 VAC	220/100 mA a 120/240 VAC
CPU 224XPsi	120 mA	900 mA	-	-
CPU 226	150 mA	1050 mA	80/40 mA a 120/240 VAC	320/160 mA a 120/240 VAC
Corriente de irrupción	12 A a 28,8 VDC		20 A a 264 VAC	
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Sin aislamiento		1500 VAC	
Tiempo de retardo (desde la pérdida de corriente)	10 ms a 24 VDC		20/80 ms a 120/240 VAC	
Fusible (no reemplazable)	3 A, 250 V, de acción lenta		2 A, 250 V, de acción lenta	
Alimentación de sensores 24 VDC				
Tensión de sensores (potencia limitada)	L+ menos 5 V		20,4 a 28,8 VDC	
Intensidad límite	1,5 A pico, límite térmico no destructivo (v. tabla A-3, carga nominal)			
Rizado/corriente parasita	Derivado de potencia de entrada		Menos de 1 V pico a pico	
Aislamiento (sensor a circuito lógico)	Sin aislamiento			
Datos de las entradas digitales de las CPUs				
Datos generales	Entrada de 24 VDC (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)		Entrada de 24 VDC (CPU 224XP, CPU 224XPsi)	
Tipo de datos	Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 IEC con sumidero de corriente)		Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 IEC, excepto I0.3 a I0.5)	
Tensión nominal	Tip. 24 VDC a 4 mA		Tip. 24 VDC a 4 mA	
Tensión continua máx. admisible	30 VDC			
Sobretensión	35 VDC, 0,5 s			
Señal 1 lógica (mín.)	15 VDC a 2,5 mA		15 VDC a 2,5 mA (I0.0 a I0.2 y I0.6 a I1.5) 4 VDC a 8 mA (I0.3 a I0.5)	
Señal 0 lógica (máx.)	5 VDC a 1 mA		5 VDC a 1 mA (I0.0 a I0.2 e I0.6 a I1.5) 1 VDC a 1 mA (I0.3 a I0.5)	
Retardo de entrada	Seleccionable (0,2 a 12,8 ms)			
Conexión de sensor de proximidad de 2 hilos (Bero) Corriente de fuga admisible (máx.)	1 mA			
Aislamiento (campo a circuito lógico) Aislamiento galvanico Grupos de aislamiento	SI 500 VAC, 1 minuto Consulte el diagrama de cableado			
Frecuencia de entrada de los contadores rápidos (HSC) Entradas HSC	Señal 1 lógica		Fase simple	
Todos los HSC	15 a 30 VDC		20 kHz	
Todos los HSC	15 a 26 VDC		30 kHz	
HC4, HC5 (solo CPU 224XP y CPU 224XPsi)	> 4 VDC		200 kHz	
Entradas ON simultáneamente	Todas		Todas Solo CPU 224XP AC/DC/rele: Todas a 55° C con entradas DC a 26 VDC máx. Todas a 50° C con entradas DC a 30 VDC máx.	
Longitud del cable (máx.) Apantallado No apantallado	500 m entradas normales, 50 m entradas HSC ¹ 300 m entradas normales			

Figura 3. Datos de las salidas digitales de las CPUs

Datos de las salidas digitales de las CPUs				
Datos generales	Salida de 24 VDC (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Salida de 24 VDC (CPU 224XP)	Salida de 24 VDC (CPU 224XPSi)	Salida de relé
Tipo de datos	Estado sólido MOSFET (fuente)		Estado sólido MOSFET (sumidero)	Contacto de baja potencia
Tensión nominal	24 VDC	24 VDC	24 VDC	24 VDC o 250 VAC
Rango de tensión	20,4 a 28,8 VDC	5 a 28,8 VDC (Q0.0 a Q0.4) 20,4 a 28,8 VDC (Q0.5 a Q1.1)	5 a 28,8 VDC	5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC
Sobrecorriente (máx.)	8 A, 100 ms			5 A durante 4 s c/u 10% de ciclo de trabajo
Señal 1 lógica (mín.)	20 VDC a intensidad máx.	L+ menos 0,4 V a intensidad máx.	Rail de tensión externo menos 0,4V con 10K de "pull-up" a rail de tensión externo	-
Señal 0 lógica (máx.)	0,1 VDC con 10 K Ω de carga		1M + 0,4V a carga máx.	-
Intensidad nominal por salida (máx.)	0,75 A			2,0 A
Intensidad nominal por neutro (máx.)	6 A	3,75 A	7,5 A	10 A
Corriente de fuga (máx.)	10 μ A			-
Carga de lámparas (máx.)	5 W			30 W DC; 200 W AC ^{2, 3}
Tensión de bloqueo inductiva	L+ menos 48 VDC, disipación de 1 W		1M + 48 VDC, disipación de 1 W	-
Resistencia en estado ON (contactos)	0,3 Ω típ. (0,6 Ω máx.)			0,2 Ω (máx. si son nuevas)
Aislamiento galvánico	500 VAC, 1 minuto			-
Aislamiento galvánico (campo a circuito lógico)	-			-
Circuito lógico a contacto	-			1500 VAC, 1 min.
Resistencia (circuito lógico a contacto)	-			100 M Ω
Grupos de aislamiento	Consulte el diagrama de cableado			Consulte el diagrama de cableado
Retardo (máx.)	2 μ s (Q0.0, Q0.1), 15 μ s (todas las demás)		0,5 μ s (Q0.0, Q0.1), 15 μ s (todas las demás)	-
On a off (μ s)	10 μ s (Q0.0, Q0.1), 130 μ s (todas las demás)		1,5 μ s (Q0.0, Q0.1), 130 μ s (todas las demás)	-
Conmutación	-		-	10 ms
Frecuencia de impulsos (máx.)	20 kHz ¹ (Q0.0 y Q0.1)	100 kHz ¹ (Q0.0 y Q0.1)	100 kHz ¹ (Q0.0 y Q0.1)	1 Hz
Vida útil mecánica	-			10.000.000 (sin carga)
Vida útil de los contactos	-			100.000 (carga nominal)
Salidas ON simultáneamente	Todas a 55° C (horizontal), todas a 45° C (vertical)			
Conexión de dos salidas en paralelo	Sí, solo salidas de un mismo grupo			No
Longitud del cable (máx.)	500 m			
Apantallado	-			
No apantallado	150 m			

ANEXO C. DIAGRAMAS DE CABLEADO

Figura 1. Entradas y salidas de las CPUs

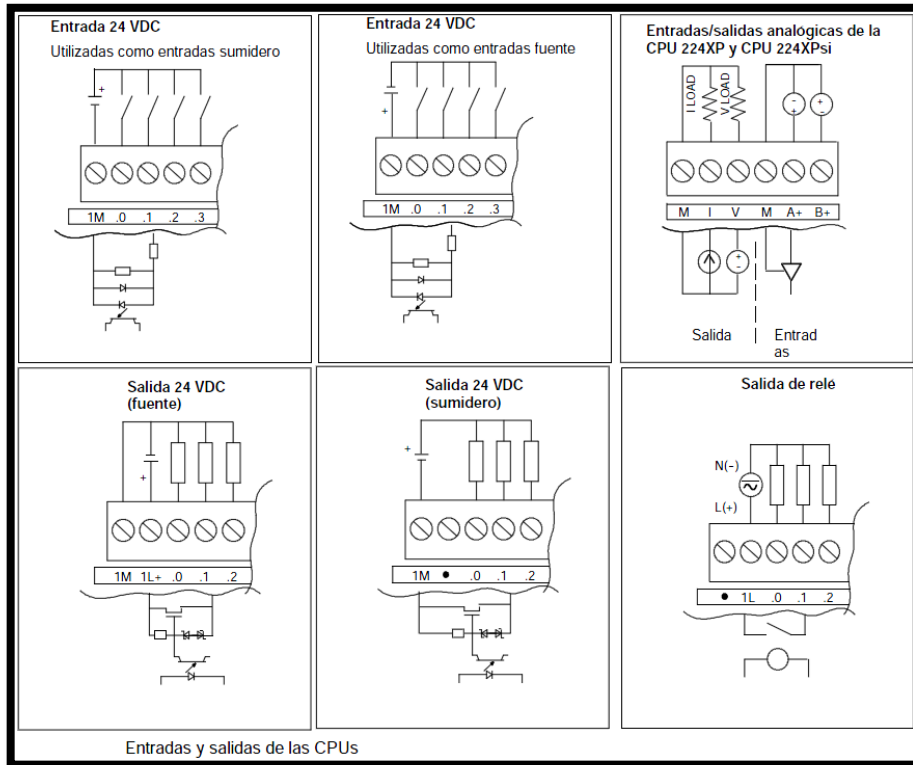


Figura 2. Diagramas de cableado de la CPU 221

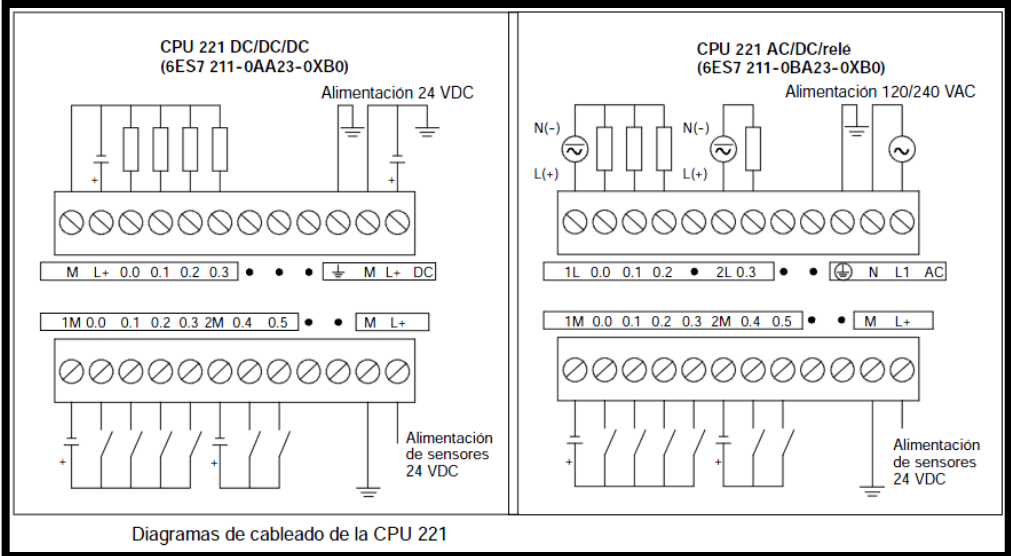
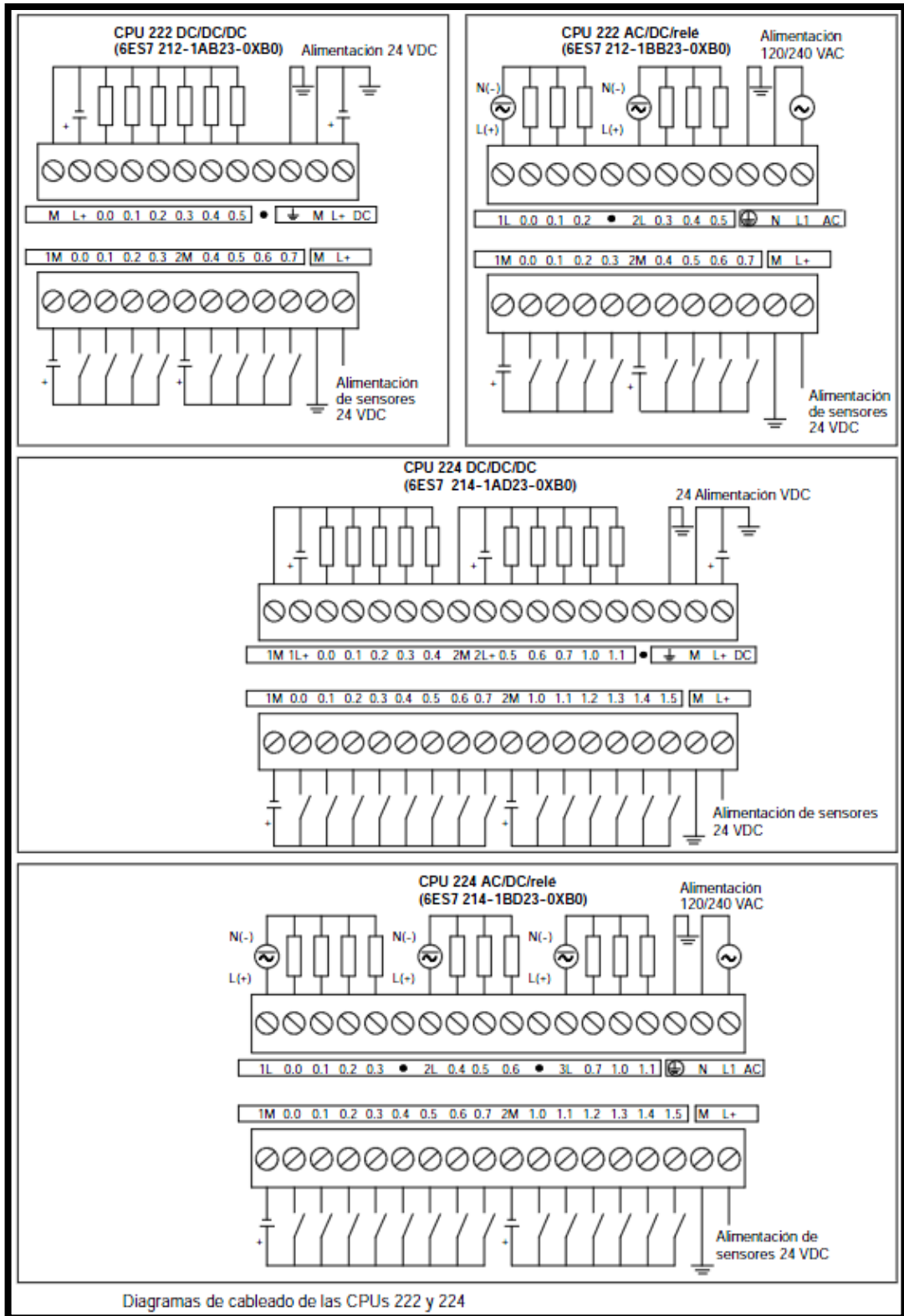


Figura 3. Diagramas de cableado de las CPUs 222 y 224



ANEXO D. MÓDULOS DE AMPLIACIÓN

Figura 1. EM 221entradas digitales – EM222 salidas digitales

SIEMENS

Data Sheet

SIMATIC S7-200 EM 221 Digital Input 16 x 24 VDC, EM 222 Digital Output 4 x 24 VDC-5A, EM 222 Digital Output 4 x Relays-10A

Table 1 Specifications for the EM 221 Digital Input 16 x 24VDC

Description Order Number	EM 221 Digital Input 16 x 24 VDC 6ES7 221-1BH22-0XA0	
Physical Size		
Dimensions (mm) (W x H x D)	71.2 x 80 x 82	
Weight	160 g	
Dissipation	3 W	
VDC requirements +5 VDC	70 mA	
Input Features		
Number of inputs	16 x 24 VDC	
Type	Sink/Source (IEC Type I sink)	
Rated voltage	24 VDC at 4 mA	
Maximum continuous permissible voltage	30 VDC	
Surge voltage	35 VDC for 0.5 s	
Logic 1 (min.)	15 VDC at 2.5 mA	
Logic 0 (max.)	5 VDC or 1 mA	
Input delay (max.)	4.5 ms	
Connection of 2 wire proximity sensor (Bero)		
Permissible leakage current (max.)	1 mA	
Isolation Optical (galvanic, field to logic) Isolation groups	500 VAC for 1 minute 4	
Inputs on simultaneously	All at 55° C	
Cable length	Shielded 500 m Unshielded 300 m	

24 VDC Input
Used as Sinking Inputs

24 VDC Input
Used as Sourcing Inputs

EM 221 Digital Input 16 x 24 VDC (6ES7 221-1BH22-0XA0)

Table 2 Specifications for the EM 222 Digital Output 4 x 24 VDC-5A and EM 222 Digital Output 4 x Relays-10A

Description Order Number	EM 222 Digital Output 4 x 24 VDC-5 A 6ES7 222-1BD22-0XA0	EM 222 Digital Output 4 x Relays-10 A 6ES7 222-1HD22-0XA0
Physical Size		
Dimensions (mm) (W x H x D)	46 x 80 x 82	46 x 80 x 82
Weight	120 g	150 g
Dissipation	3 W	4 W
VDC requirements +5 VDC +24 VDC	40 mA -	30 mA ON: 20 mA/output, 20.4 to 28.8 VDC
Output Features		
Number of outputs	4	4
Type	Solid state-MOSFET ¹	Dry contact
Rated voltage	24 VDC	24 VDC or 250 VAC
Voltage range	20.4 to 28.8 VDC	12 to 30 VDC or 12 to 250 VAC
Surge current (max.)	30 A	15 A for 4s @ 10% duty cycle
Logic 1 (min.)	20 VDC	-
Logic 0 (max.)	0.2 VDC	-
Rated current per point (max.)	5 A	10 A resistive; 2 A DC inductive; 3 A AC inductive

Figura 2. Módulo 222 salidas digitales (4 X 24VDC - 5A; 4 X Relés – 10 A)

Specifications for the EM 222 Digital Output 4 x 24 VDC-5A and EM 222 Digital Output 4 x Relays-10A		
Description Order Number	EM 222 Digital Output 4 x 24 VDC-5A 6ES7 222-1BD22-0XA0	EM 222 Digital Output 4 x Relays-10 A 6ES7 222-1HD22-0XA0
Rated current per common (max.)	5 A	10 A
Leakage current	30 μ A	-
Lamp load	50 W	100 W DC/1000W AC
Inductive clamp voltage	L + minus 47 V ²	-
On State resistance (contact)	0.05 Ω maximum	0.1 Ω maximum when new
Isolation		
Optical (galvanic, field to logic)	500 VAC for 1 minute	-
Coil to logic	-	none
Coil to contact	-	1500 V AC for 1 minute
Resistance (coil to contact)	-	100 M Ω minimum when new
Isolation groups	1 point	1 point
Delay Off to On/On to Off Switching	500 μ S	-
	-	15 ms
Switching frequency (max.)	-	1 Hz
Lifetime mechanical cycles	-	30,000,000 (no load)
Lifetime contacts	-	30,000 (rated load)
Output On simultaneously	All at 55 °C	All at 55°C with 20 A maximum module current ³ All at 40°C with 10 A per point
Connecting two outputs in parallel	yes	no
Cable Length	Shielded 500 m Unshielded 150 m	500 m 150 m

¹ When a mechanical contact turns on output power to the S7-200 CPU, or any digital expansion module, it sends a "1" signal to the digital outputs for approximately 50 microseconds. You must plan for this, especially if you are using devices which respond to short duration pulses.

² If the output overheats due to excessive inductive switching or abnormal conditions, the output point may turn off or be damaged. The output could overheat or be damaged if the output is subjected to more than 0.7 J of energy switching an inductive load off. To eliminate the need for this limitation, a suppression circuit as described in the *S7-200 Programmable Controller System Manual* can be added in parallel with the load. These components need to be sized properly for the given application.

³ The EM 222 DO 4 x Relay has a different FM rating than the rest of the S7-200. This module has a T4 rating, instead of T4A for FM Class I, Division Groups A, B, C, and D Hazardous Locations.

24 VDC Output

**EM 222 Digital Output 4 x 24 VDC-5A
(6ES7 222-1BD22-0XA0)**

Relay Output

**EM 222 Digital Output 4 x Relays-10A
(6ES7 222 1HD22-0XA0)**

Figura 3. LOGO! DM8 12/24R Módulo de expansión


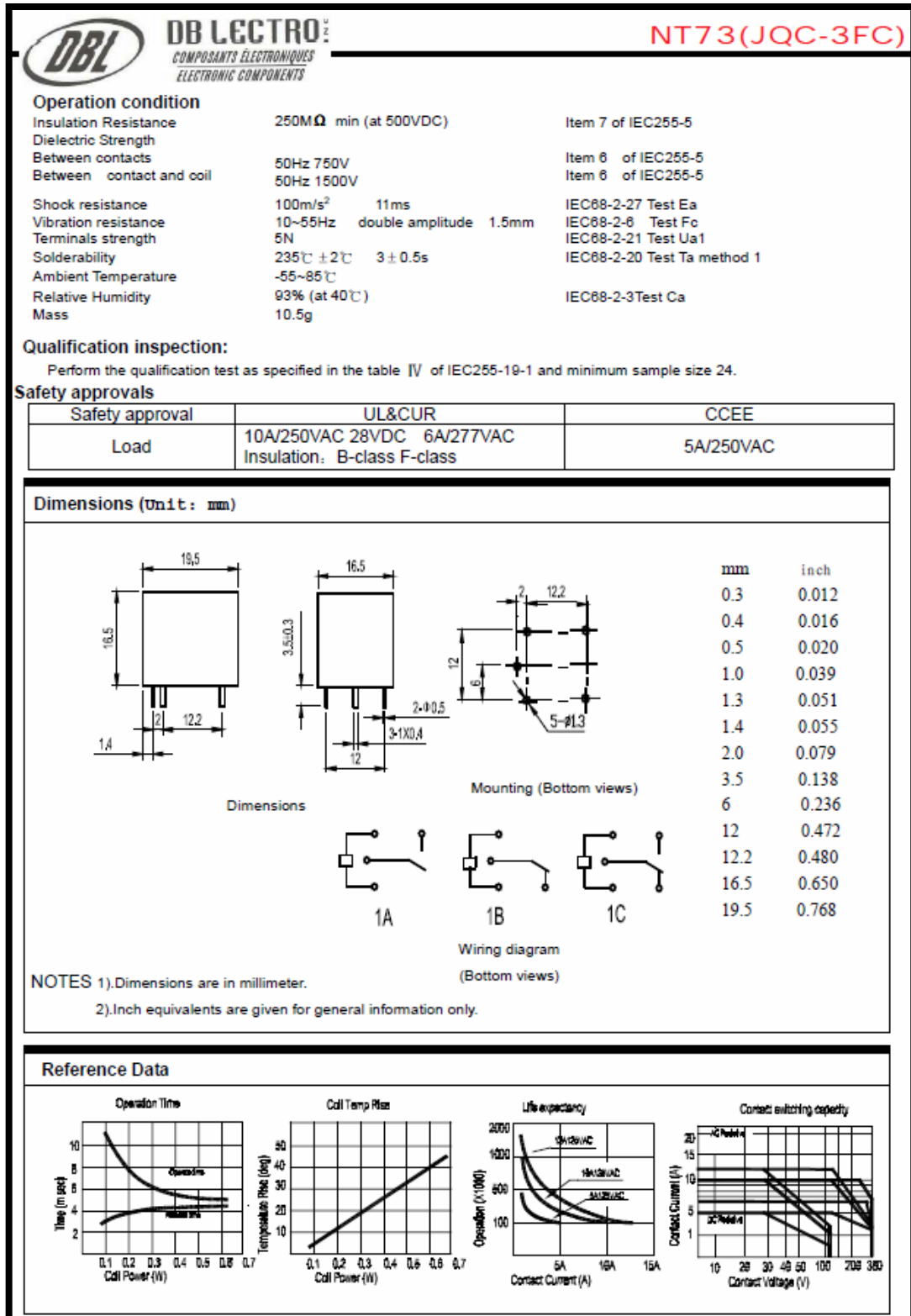
6ED1055-1MB00-0BA1	
SIEMENS	
Product data sheet	6ED1055-1MB00-0BA1
	<p>LOGO! DM8 12/24R, EXP. MODULE PU//O: 12, 24V/12V/24V/RELAIS, 2TE, 4 DI/4 DO</p>
Supply voltage	
Power supply / Input / Input voltage	
12 V DC	Yes
24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	10.8 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Digital inputs	
Number of inputs	4
Digital outputs	
Number of outputs	4 ; Relay
Short-circuit protection	No ; external fusing necessary
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
with inductive load, max.	3 A
with resistive load, max.	5 A

Figura 2. Condiciones de operación del relé electrónico JQC-3FC



ANEXO F. DISEÑO DE LAS TARJETAS CONTROLADORAS

Figura 1. Tarjeta con relés activados a 24 V

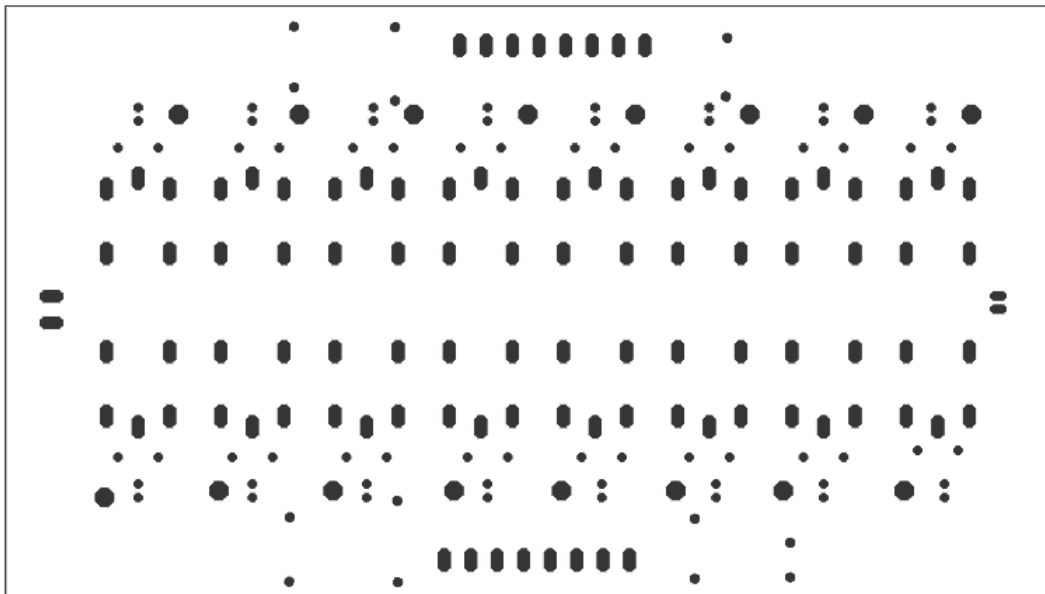
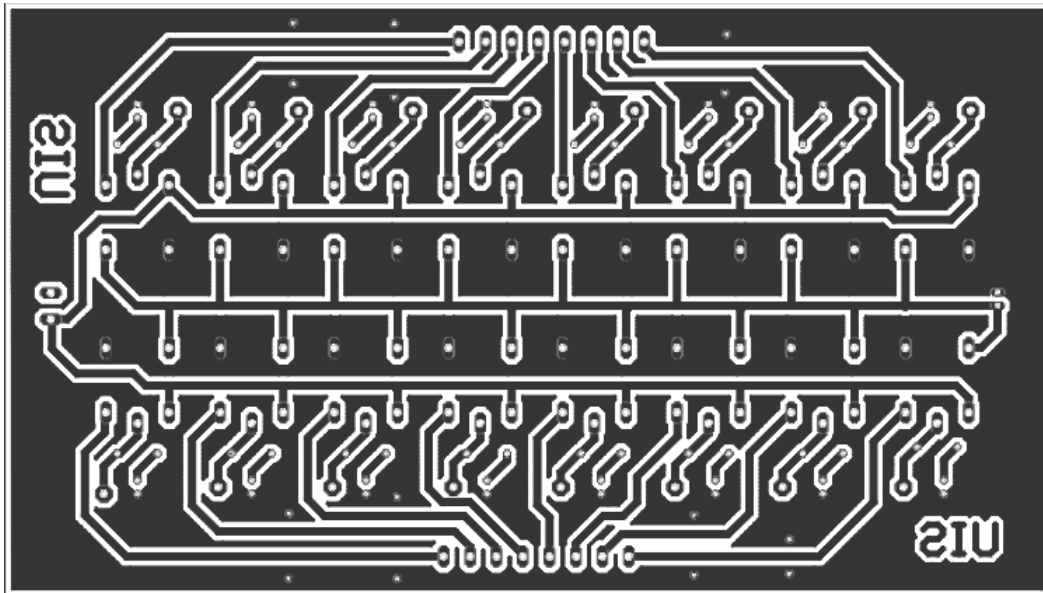


Figura 2. Tarjeta con relés activados a 5 V.

