



**DESARROLLO DE EXPERIENCIAS
DIDÁCTICAS BASADAS EN
PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA CON
PLC SIEMENS Y LA INCLUSIÓN DE UNA
RED MULTIPUNTO MPI, PARA LAS
ASIGNATURAS DE AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ
ANTONIO PÁEZ**

Autores: Antoni Zerpa
C.I.18.532.354
Emmanuel Sandoval
C.I. 16.774.307

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS BASADAS EN
PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA CON PLC SIEMENS Y LA
INCLUSIÓN DE UNA RED MULTIPUNTO MPI, PARA LAS
ASIGNATURAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autores: Antoni Zerpa
C.I.18.532.354

Emmanuel Sandoval
C.I. 16.774.307

Tutor: Ing. Aída Pérez.

San Diego, Noviembre de 2015



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Aída Pérez portador de la cédula de identidad N° 12.766.802, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el(los) ciudadano(s) Antoni Zerpa y Emmanuel Sandoval, portador(es) de la cédula de identidad N° 18.532.354, 16.774.307, (respectivamente), titulado **DESARROLLO DE EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS BASADAS EN PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA CON PLC SIEMENS Y LA INCLUSIÓN DE UNA RED MULTIPUNTO MPI, PARA LAS ASIGNATURAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 10 días del mes de Noviembre del año dos mil quince.

Ing. Aída Pérez
C.I.:12.766.802



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI - 021-2015

Valencia, 20 de Marzo de 2015.

Ciudadanos:

Antoni Zerpa

C. I. 18.532.354

Enmanuel Sandoval

C.I. 16.774.307

Presente.

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 3-2015 de fecha 20/03/2015 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **“DESARROLLO DE EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS BASADAS EN PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA CON PLC SIEMENS Y LA INCLUSIÓN DE UNA RED MULTIPUNTO MPI PARA LAS ASIGNATURAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ”** presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación de la Ing. Aída Pérez, C.I. 12.766.802 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutotes Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Ing. José Gregorio Díaz
Decano de la Facultad de Ingeniería

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).
Control de Estudios (2).
Archivo.

JGD/fr

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios todopoderoso por darme la sabiduría y entendimiento para la culminación de esta meta. A mis padres Eugenio Zerpa y Rosmary elena por creer en mí, por darme su apoyo, su cariño y amor puro y sincero.

A mi novia Yolanny León por ser compañía y brindarme su apoyo comprensión y amor.

A mis suegros Lida Santana y José Herrera por su apoyo incondicional y sincero en cada momento durante la preparación de mi carrera.

A mi compañera de estudio Yosselin Gallardo por su amistad sincera y ayuda durante la carrera.

A mi compañero de tesis Emmanuel Sandoval por su colaboración y comprensión durante el tiempo de trabajo.

A mis compañeros de trabajo Jean Arend, Dominguez Wilmer y Garcia Javier por su amistad, compromiso y apoyo en la culminación de esta meta.

Atte. Antoni Zerpa

Ded

Este logro se lo dedico a Dios todopoderoso creador del cielo y de la tierra, por darme sabiduría entendimiento y amor. Durante mi vida y mi carrera ya que comprendo que todo mis logros se los debo a su misericordia y su amor infinito.

Atte. Antoni Zerpa

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Aquí el autor inicia su dedicatoria nombrando a Dios.

Aquellos que de alguna forma han sido de ayuda o apoyo para quien la escribe, por cualquier clase de apoyo moral, material, económico o didáctico, proporcionados.

Atte.: Emmanuel Sandoval

Aquellos que de alguna forma han sido de ayuda o apoyo para lograr esta meta, por su clase de apoyo moral, material, económico y didáctico, proporcionados. A mis familiares, amigos, profesores o compañeros, y aquellos que hayan intervenido de alguna forma en el desarrollo de las ideas y experiencias que tengan como conclusión la culminación de la tesis.

Atte.: Emmanuel Sandoval

CONTENIDO	PP.
ÍNDICE DE CUADROS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN INFORMATIVO	xix
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO	
 I EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	5
1.3. Objetivos de Investigación.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4. Justificación del Problema.....	6
1.5. Alcance.....	7
 II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Bases Teóricas.....	12
2.2.1 Automatización.....	12
2.2.1.1 Ventajas.....	13
2.2.1.2 Desventajas.....	13
2.2.1.3 Partes de un sistema automatizado.....	13
2.2.2 El Controlador Lógico Programable.....	14
2.2.3 Fundamentos de control de procesos.....	16
2.2.3.1 Sensor.....	18
2.2.3.2 Clasificación de los transductores según el tipo de salida.....	18
2.2.4 Aspectos Generales.....	20
2.2.4.1 Formas de Control.....	21
2.2.4.2 Controlador de Dos Posiciones (On-Off).....	22
2.2.4.3 Controlador Proporcional.....	22
2.2.4.4 Controlador Proporcional-Integral.....	23
2.2.4.5 Controlador Proporcional-Integral-Derivativo.....	23

2.2.5 La Variable Temperatura.....	23
2.2.6 La variable peso.....	24
2.2.7 Celda de carga.....	25
2.2.8 Autómata S7-300 (CPU 312C) de Siemens.....	26
2.2.8.1 Características físicas.....	26
2.2.8.2 Características de las CPU 312C.....	27
2.2.9 Lenguajes de Programación.....	27
2.2.9.1 Diagrama de contacto.....	28
2.2.10 Comunicaciones industriales.....	29
2.2.10.1 Modelo de Referencia OSI.....	29
2.2.10.2 Modelo de Referencia TCP/IP.....	30
2.2.10.3 Comparación de los Modelos de Referencia.....	33
2.2.10.4 Niveles de Redes Industriales.....	34
2.2.10.5 Componentes de red pasivos para Industrias Ethernet....	36
2.2.11 Definición de Sistema SCADA.....	37
2.2.11.1 Características de un Sistema SCADA.....	38
2.2.11.2 El Sistema SCADA en las redes industriales.....	39
2.2.11.3 Funciones de un sistema SCADA.....	40
2.2.11.4 Comunicaciones en un sistema SCADA.....	41
2.2.11.5 Elementos de un sistema SCADA.....	42
2.2.11.6 El flujo de la información en los sistema SCADA.....	43
2.2.12 HMI.....	44
2.2.12.1 Tipos de HMI.....	45
2.2.12.2 Funciones de una HMI.....	45
2.3. Definición de Términos básicos.....	45

III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	49
3.2. Nivel de la investigación.....	50
3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	50
3.4. Población y Muestra.....	52
3.5. Fases de la Investigación.....	52

IV RESULTADOS

FASE I: ESTUDIO DE LA INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLC SIEMENS

4.1.1 Determinar la disponibilidad de los equipos siemens S7-3.....	54
4.1.1.1 CPU 312C.....	57

4.1.1.2 Módulo analógico SM 334.....	60
4.1.1.3 Datos técnicos del Módulo Analógico SM 334.....	62
4.1.1.4. Módulo de entradas DI SM 321.....	64
4.1.1.5. Módulo de salida DO SM 322.....	66
4.1.1.6 Fuente de alimentación PS 307-24VDC/5 A.....	70
4.1.2. Estudiar el software de programación STEP-7 Professional....	73
4.1.2.1 Editor de símbolos.....	73
4.1.2.2 Administrador SIMATIC	74
4.1.2.3 Diagnostico del Hardware	74
4.1.2.4 Lenguajes de programación	74
4.1.2.5 Configuración de Hardware.....	75
4.1.2.6 NetPro.....	75
4.1.2.7 Esquema de contactos KOP.....	76
4.1.2.8 Definición de Marcas.....	77
4.1.2.9 Bloque FC 105.....	78
4.1.2.10 Bloque de Función Unscale FC106.....	79
4.1.2.11 Temporizador de retardo a la conexión (SE).....	80
4.1.2.12 Temporizador de retardo a la conexión con memoria....	81
4.1.2.13 Programación estructurada.....	81
4.1.3 Estudiar el funcionamiento de la interfaz MPI.....	85
4.1.3.1 Estudio del Protocolo MP I.....	85
4.1.3.2 Características del Protocolo MP I.....	85
4.1.3.3 Configuración de una red MP.....	86
4.1.3.4 Puesta en marcha de una red MPI.....	87
4.1.3.5 Propiedades del hardware MPI.....	87
4.1.3.6. Cable pc adapter USB.....	88
4.1.4 Determinar la(s) topología(s) a utilizar y el tipo de red	89
4.1.4.1 Topologías de las redes industriales.....	89
4.1.4.2 Topología tipo bus.....	90
FASE II: DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.	
4.2.1 Diseño de prácticas con pre laboratorio, laboratorio y post laboratorio.....	92
4.2.2 Estudiar el funcionamiento y montaje del panel HMI TP 177B...	103
4.2.2.1 Estructura del panel operador TP 177B.....	104
4.2.2.2 Posición de montaje.....	105
4.2.2.3 Conexión de equipotencialidad.....	106
4.2.2.4 Conectar y comprobar el funcionamiento panel TP 177B....	109

4.2.2.5 Procedimiento para insertar una tarjeta de memoria.....	110
4.2.2.6 Procedimiento para expulsar la tarjeta de memoria.....	111
4.2.2.7 Configuración del sistema operativo del panel TP 177B.....	111
4.2.3 Estudiar el software de programación WinCC flexible 2007....	115
4.2.3.1 Elementos WinCC flexible.....	116
4.2.3.2 Menús y barras de herramientas del WinCC flexible.....	117
4.2.3.3 Área de trabajo del WinCC flexible.....	117
4.2.3.4 Ventana de proyecto.....	118
4.2.3.5 Ventana de propiedades.....	119
4.2.3.6 Ventana de herramientas.....	119
4.2.3.7 Librería WinCC flexible.....	119
4.2.4 Estudiar el software de programación wonderware Intouch....	120
4.2.4.1 Entornos del Wonderware Invensys Intouch.....	121
4.2.4.2 Window MAKER.....	122
4.2.4.3 Creación de una nueva ventana.....	122
4.2.4.4 Propiedades de las ventanas.....	124
4.2.4.5 Insertar y animar formas.....	125
4.2.4.6 Wizards.....	126
4.2.4.7 Definición de TAGS.....	127
4.2.4.8 Tipos de tagnames.....	127
4.2.4.9 Animaciones.....	128
4.2.4.10 Animaciones de Wizards en Intouch	129
4.2.4.11 Edición de Links y Tags	130
4.2.4.12 Script.....	130
4.2.4.13 Tipos de scripts	131
4.2.4.14 Las alarmas.....	132
4.2.4.15 Tipos de alarmas.....	132
4.2.4.16 Eventos.....	134
4.2.4.17 Curvas en tiempo real.....	134
4.2.4.18 Seguridad	134
4.2.5 Desarrollo de la programación y diseño de la interfaz gráfica	135

FASE III: MONTAJE DEL MÓDULO DE PLC SIEMENS S7-300 Y LA PANTALLA HMI

4.3.1 Diseñar una estructura portátil el plc s7-300	136
4.3.2 Determinar la factibilidad técnica y económica.....	137

4.3.3 Construcción de la estructura portátil.....	138
4.3.4 Verificar el funcionamiento de todo el sistema.....	145
FASE IV: ELABORACIÓN DE PLANTA PILOTO	
4.4.1 Determinar la factibilidad económica de la planta piloto.....	146
4.4.2 Desarrollar una estructura móvil para los diferentes actuadores.	147
4.4.3 Comprobar el correcto funcionamiento.....	157
Conclusiones.....	163
Recomendaciones.....	165
REFERENCIAS	
Bibliográfica.....	166
Electrónica.....	168
APÉNDICE	
A Entrevista.....	A-1
B Lista de cotejo.....	B-1
C Prácticas.....	C-1
D Manual de la Maqueta.....	D-1
E Planos.....	E-1
F Manual del módulo.....	F-1
ANEXOS	
A Configuración PID.....	271
B Reglas de sintonía de controladores PID.....	302

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO	CONTENIDO	PP.
1	Tipos de memorias semiconductoras.....	19

ÍNDICE DE TABLA

TABLA	CONTENIDO	Pp
1	Equipos disponibles en el laboratorio de Automatización.....	55
2	Datos técnicos del CPU 312C.....	57
3	Estado de la CPU 312C.....	60
4	Selector de modo de la CPU 312C.	60
5	Datos específicos del módulo SM 334.	62
6	Especificaciones técnicas el modulo SM 321.....	65
7	Especificaciones técnicas del módulo SM 322.	69
8	Datos técnicos de la fuente de alimentación PS 307.....	72
9	Lista de operaciones lógicas con bits.	77
10	Especificaciones técnicas del panel TP 177B.....	114
11	Requerimientos para la instalación de InTouch HMI 10.touch.	121
12	Lista de precios para la construcción de estructura portátil.....	137
13	Lista de precios de los Dispositivos de la planta piloto.....	146
14	Elementos de entrada.....	148
15	Elementos de Salida.....	148
16	Especificaciones técnicas de la celda de carga.	149

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PP
1	Diagrama de fuerzas que actúan sobre un cuerpo.....	25
2	Celda de carga.....	26
3	CPU 312C SIEMENS.	56
4	Elementos de mando y señalización de CPU 312C.....	58
5	Entradas y salidas digitales integradas.....	59
6	Módulo de entradas y salidas analógicas SM334 AI4/AO2 x 8/8 .	61
7	Vista del módulo y diagrama de bloques del SM334 AI4/AO2.....	63
8	Vista posterior del módulo analógico SM 334.	64
9	Módulo de entradas digitales DI SM 321.....	64
10	Vista del módulo y diagrama de bloques del módulo SM 321.....	65
11	Módulo de salidas DO SM 322.	67
12	Diagrama de bloques del módulo SM 322; DO 16 x 24VDC / 0.5.	68
13	Fuente de alimentación PS 307 5 A.	70
14	Esquema eléctrico PS 307-24VDC/5A.....	71
15	Captura de un programa de contactos en STEP 7.	76
16	Ejemplo de un bloque SCALE FC 105.....	79
17	Ejemplo de un bloque Unscale FC106.....	80
18	Temporizador S_EVERZ.....	80
19	Temporizador con memoria (SS)	81
20	Estructura de la programación estructurada.	83
21	Comparación de la estructura lineal y la modular.....	84
22	Configuración de una red MPI.	86
23	Adaptador PC/MPI.	88
24	Topologías de redes industriales	89
25	Topología bus.....	91
26	Representación de proceso practica1.	94
27	Representación de la práctica 4.....	100
28	Estructura del panel operador TP 177b.	104
29	Vistas del panel operador TP 177b.	105
30	Posiciones de montajes para panel operador TP 177b.	106
31	Posiciones internas para panel operador TP 177b.	107
32	Conexión de la regleta macho del panel operador TP 177b.....	108

33	Conexión entre SIMATIC S7 y panel operador TP 177b.....	109
34	Ventana Loader de la pantalla TP 177b.	109
35	Conexión de la tarjeta de memoria del panel TP 177b.....	110
36	Extracción de la tarjeta de memoria del panel TP 177b.	111
37	Ajustes de configuración del panel TP 177b.	112
38	Ventana de trabajo del WinCC Flexible.....	116
39	Imagen1 de ventana de trabajo del WinCC Flexible.....	117
40	Ventana de proyecto del WinCC Flexible.....	118
41	Ventana de trabajo del WinCC Flexible.....	119
42	Ventana de librerías del WinCC flexible.....	120
43	Vista de los complementos de instalación de Intouch.....	121
44	Window MAKER.....	122
45	Ventana de trabajo Windows MAKER.....	123
46	Propiedades de ventana.....	123
47	Propiedades de la ventana.....	124
48	Ventana del tipo Replace.	126
49	Ventana de Wizard selection.	126
50	Ventana de Definición de TAGS.	127
51	Selección de memory integer.	128
52	Ventana del tipo Replace.	129
53	Ventana de trabajo Window MAKER.....	129
54	Ventana de edición de links y Tags.	130
55	Ventana de aplicación Script.	131
56	Ventana de alarmas.	132
57	Tagname Dictionary.	133
58	Ventana de propiedad de alarmas.	133
59	Gráfico de curva en tiempo real.....	134
60	Ventana de seguridad.	135
61	Forma y dimensiones de la estructura metálica.	136
62	Construcción inicial del módulo.....	138
63	Construcción del banco de prueba.	139
64	Conexión de los componentes del banco.	139
65	Vista frontal del banco de pruebas.	140
66	Vista posterior del banco de pruebas.	140
67	Distribución general de las áreas del tablero.	141
68	Entradas Digitales.	141

69	Salidas Digitales.....	142
70	Entradas Analógicas.....	143
71	Salidas Analógicas.	143
72	Área central de la estructura del banco.....	144
73	Breaker de control.....	144
74	Vista frontal del banco de pruebas en funcionamiento.....	145
75	Vista frontal del banco de pruebas en funcionamiento.	145
76	Tanque 1 y sensor de nivel.....	149
77	Creación de cinta transportadora.....	150
78	Instalación de la celda de carga en estructura fija.	150
79	La celda de carga.	151
80	Conexión de la electroválvula.	152
81	Tanque 2 para mezclado.	153
82	Vista de taques y cinta transportadora ensamblada.	153
83	Tanque 3 para control de temperatura.	154
84	Fuente de alimentación.....	155
85	Instalación en maqueta del tanque 3.	155
86	Tarjetas de instrumentación.....	156
87	Vista final de la planta piloto.	156
88	Vista trasera de la planta piloto.....	157
89	Calibración de la tarjeta de amplificación de la celda de carga.....	158
90	Vista trasera de la planta piloto.....	159
91	Calibración de la Termocupla.	160
92	Ajuste del cruce por cero y salida del controlador.	161
93	Conexiones de los componentes de la planta.	161
94	Prueba final de la planta piloto.	162



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DESARROLLO DE EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS BASADAS EN
PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA CON PLC SIEMENS Y LA
INCLUSIÓN DE UNA RED MULTIPUNTO MPI, PARA LAS
ASIGNATURAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

Autores: Antoni Zerpa, Emmanuel Sandoval

Tutora: Ing. Aída Pérez

Fecha: 2/11/2015

RESUMEN INFORMATIVO

La presente investigación se realizó en la Universidad José Antonio Páez, en la cual se desarrollaron experiencias didácticas basadas a la programación estructurada con PLC Siemens y la inclusión de una red multipunto MPI, para las asignaturas de Automatización Industrial I y II. Se estudiaron las características y posibilidades de los PLC Siemens S7-300 y su integración con las HMI Siemens, a fin de familiarizarse con sus fundamentos teóricos-prácticos. Se diseñaron las prácticas usando programación estructurada e integrando el uso del HMI y SCADA y se realizó el montaje de un módulo de PLC Siemens S7-300 para la verificación y montaje de nuevas prácticas como aporte al Laboratorio de Automatización Industrial, fortaleciendo la adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes de ingeniería electrónica en el área de los autómatas programables, gracias a la implementación de prácticas y simulaciones de diferentes variables físicas por medio de una maqueta en la que se puede manipular dichas variables a través del uso de transductores, sensores y actuadores. Esta investigación se encuentra tipificada bajo el enfoque de proyecto factible, debido a que tiene como propósito satisfacer una necesidad de la institución, mediante el desarrollo de una herramienta didáctica viable para la mejora en la enseñanza de las asignaturas de automatización industrial.

Descriptores: Programación estructurada, maqueta, redes MPI, automatización

INTRODUCCIÓN

Los autómatas programables no son más que es una computadora utilizada en el campo de la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Los PLC lograron reducir los controles de relevación, en mucho menor tamaño y gasto de energía, reducir las fallas por contactos mecánicos, ofrecer mejor comodidad para modificar los circuitos de control de mantenimiento y sobre todo reducir los tiempos muertos en las maquinas. Dentro de sus primeras aplicaciones se le encuentra en la industria automotriz con la finalidad de sustituir los complejos equipos basados en relés. Sin embargo, la disminución de tamaño y el menor costo han permitido que los autómatas sean utilizados en todos los sectores de la industria. Algunos de los múltiples campos de aplicación son la automotriz, plantas químicas y petroquímicas, metalurgia, alimentación papeleras y maderera entre otras.

Observando la importancia de los autómatas en el ámbito industrial y con el objeto de dar un aporte a los estudiantes de ingeniería electrónica surge esta investigación basada en el desarrollo de experiencias didácticas orientadas a la programación estructurada con PLC Siemens S7-300 con inclusión de redes MPI y la implementación y montaje de HMI. Además también se llevará a cabo el diseño de prácticas de laboratorio para la cátedra de Automatización Industrial II y la simulación e implementación de dos procesos industriales con los que aunado a lo anterior se pretende ofrecer una experiencia práctica lo más completa posible para que los estudiantes de ingeniería electrónica adquieran una excelente capacitación en el área de los autómatas programables. Este trabajo está estructurado en capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I: El problema. Mediante una descripción de la situación del objeto de estudio, se determinaron los objetivos y se señala la justificación. Capítulo II: Marco Referencial: Compendio de las bases teóricas en las cuales se sustenta la

investigación, reúne los elementos conceptuales que define el objeto de estudio. Capítulo III: Marco Metodológico. Se indica cuál es la metodología necesaria para desarrollar la investigación. Describe las fases metodológicas características de la investigación efectuada, especificando el tipo y diseño de investigación. Capítulo IV: Presenta los resultados obtenidos de cada una de las fases planteadas en el Capítulo III. Y finalmente en el Capítulo IV: se presentan los resultados, las conclusiones, recomendaciones, bibliografía, apéndices y anexos que dan soporte a la presente investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La revolución industrial marcó una época de grandes transformaciones en el ámbito tecnológico, económico, social y cultural de la industria y las actividades manufactureras, luego que muchas de las tareas empezaron a ser realizadas por máquinas, actualizando múltiples procesos productivos. Es por ello que la automatización ofrece grandes ventajas en los procesos industriales como mejoras en costos, en servicios y en calidad, ya que el trabajo se realiza más rápido, se mejora la producción, se emplea menor gasto energético y se aumenta la seguridad para los trabajadores. Los sistemas automatizados de control han venido evolucionando a través del tiempo estando conformados en sus inicios por la lógica cableada, relés a base de bobinas y actuadores principalmente neumáticos llegando hasta los autómatas programables, sistemas de control distribuidos, microprocesadores y muchos otros. Además, las redes industriales de control han evolucionado para obtener una comunicación efectiva y universal entre los diversos equipos para el intercambio de datos e información más eficiente y con mejores respuestas, minimizando los errores en los procesos y obteniendo mayor detalle en aspectos como la velocidad y calidad de la producción.

Los protocolos de comunicación, son un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica, ha avanzado y en especial en lo que se refiere a los microprocesadores, transductores, sensores, actuadores, controladores y computadores. Existen diversos

tipos de protocolos entre ellos el DeviceNet, que funciona a nivel de proceso, mediante el cual se establecen redes entre sensores y actuadores y protocolos como el Ethernet que funciona a nivel de los controladores y computadores. Debido a la necesidad de la integración de las comunicaciones entre ellos los protocolos se han venido estandarizando a nivel industrial.

Otro aspecto de gran relevancia en los procesos, es la supervisión y adquisición de datos, para los cuales se dispone actualmente de sistemas SCADA (Supervisory control and data acquisition), cuya traducción al español es, supervisión control y adquisición de datos. Un SCADA es una aplicación de software diseñado con la finalidad de controlar y supervisar datos a distancia. Una interfaz Hombre-Máquina o HMI, Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual éste controla un determinado proceso.

Actualmente en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Electrónica de la Universidad José Antonio Páez, existen equipos que cumplen con sus fines didácticos con poco auge a nivel industrial, motivo por el cual surge la necesidad en los estudiantes de ingeniería electrónica de egresar con destrezas, habilidades y conocimientos más modernos en el campo de los autómatas. La institución adquirió equipos SIEMENS, que no están siendo utilizados y es relevante poner en uso dichos equipos para fortalecer y actualizar la formación en equipos PLC modulares como lo son los SIEMENS S7-300 que son muy utilizados y competitivos en la industria.

Recientemente en un trabajo de grado desarrollado por Méndez y Marín (2014), se logró el diseño y construcción de un módulo didáctico de trabajo sobre el cual se instaló uno de los cuatro (4) PLCs Siemens S7-300 existentes en el mencionado laboratorio, acompañado de un módulo analógico y un módulo de comunicación Ethernet. Los autores del trabajo de grado también lograron la instalación en estructuras, de dos interfaces Humano-Máquina (HMI) Siemens para ser conectadas con los PLCs S7-300 por red MPI. Si bien se logró el montaje de un (1) PLC S7-300 y las dos HMIs, aún quedan tres (3) PLCs similares en el laboratorio en sus maletas,

sin la instalación adecuada para ser utilizados de forma apropiada en las prácticas de Automatización Industrial a nivel de pregrado y postgrado. Si bien se podría empezar a utilizar el módulo ya construido, en el momento de trabajar con varios grupos simultáneos en una práctica de laboratorio, resultaría en un proceso lento el montaje ya que los equipos tendrían que turnarse el módulo para la verificación de sus experiencias. Por ende se hace necesario hacer la pronta instalación en módulos didácticos de los tres (3) PLC Siemens S7-300 restantes, de forma paulatina pero sostenida.

Por otra parte, en la cátedra se imparten tres tipos de programación: escalera, lista de instrucciones y Grafset, con códigos de programas desarrollados de forma lineal, razón por la cual se propone el uso de la programación estructurada como mejora en la organización de la programación en los autómatas. También se desea incluir el manejo de redes industriales bajo las redes MPI, las cuales fueron estudiadas previamente por Castillo (2011) en su trabajo de grado, en este caso aplicando estas redes MPI y la programación estructurada, con prácticas y simulaciones de diferentes variables físicas por medio de una maqueta en la que se podrán manipular dichas variables a través del uso de transductores, sensores y actuadores.

1.2 Formulación del Problema:

¿Cómo se puede fortalecer el currículo de las asignaturas Automatización Industrial I y II, a fin de enriquecer los conocimientos del estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad José Antonio Páez en el área de automatización?

1.3 Objetivos de la Investigación:

1.3.1 Objetivo General:

Desarrollar experiencias didácticas basadas en la programación estructurada con PLC Siemens, con la inclusión de una red multipunto MPI y una maqueta, para

las asignaturas de Automatización Industrial I y II de la Universidad José Antonio Páez.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Estudiar las características y capacidades de los PLC Siemens S7-300 y su integración con las HMI Siemens a fin de familiarizarse con sus fundamentos teóricos-prácticos.
- Diseñar prácticas usando programación estructurada con los PLCs Siemens S7-300, e integrando el uso de Interfaces Humano-Máquina (HMI) y sistemas supervisores (SCADA).
- Realizar el montaje de un módulo de PLC Siemens S7-300 para la verificación de las prácticas como aporte al Laboratorio de Automatización Industrial.
- Realizar la implementación de prácticas y simulaciones de diferentes variables físicas por medio de una maqueta.

1.4 Justificación de la Investigación:

Llevar a cabo este trabajo práctico, contribuirá con el fortalecimiento de los conocimientos en los estudiantes de ingeniería electrónica en el área de los autómatas programables, debido a que se implementarán prácticas y simulaciones de procesos reales, para la asignatura de automatización para pregrado y postgrado, utilizando diversas capacidades de los autómatas Siemens S7-300 (existentes pero no utilizadas en el laboratorio), como el uso de la programación estructurada con escalera, Grafcet y otros lenguajes. También se genera un aporte para la formación en redes industriales MPI y SCADA Intouch. Con esto se busca complementar los contenidos dictados en la asignatura de Automatización Industrial, además de la implementación de prácticas y simulaciones de diferentes variables físicas por medio de una maqueta en la que se podrán manipular dichas variables a través del uso de transductores, sensores y actuadores.

El desarrollo de este proyecto, es factible gracias a la disponibilidad de los equipos en el laboratorio y de la posibilidad económica de los autores para costear la implementación de un módulo de trabajo y una planta piloto. Aprovechando así los grandes recursos y capacidades de estos equipos y así ofrecer nuevas enseñanzas con autómatas tan competitivos en la industria como lo son los PLC S7 300. Fortaleciendo de esta manera el currículo de los estudiantes de ingeniería electrónica.

1.5 Alcance:

La implementación de este proyecto abarcará el diseño de prácticas en los lenguajes Grafset y escalera utilizando la programación estructurada. También se incluye: el montaje y configuración de los equipos S7-300 como bancos de prueba, verificación de las prácticas para corroborar su perfecto funcionamiento, programación de las interfaces de la HMI, simulación de redes MPI, el uso del sistema SCADA Intouch y la implementación de prácticas y simulaciones de diferentes variables físicas por medio de una maqueta en la que se podrán manipular dichas variables a través del uso de transductores, sensores y actuadores.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Rivera (2008), define al marco teórico como “el ordenamiento lógico y secuencial de elementos teóricos procedentes de la información obtenida de fuentes bibliográficas fidedignas que giran alrededor del planteamiento del problema y que sirven de base y fundamentación para proponer soluciones”, es una descripción detallada de cada uno de los elementos de la teoría que serán directamente utilizados en el desarrollo de esta investigación, donde también incluye las relaciones más significativas que se dan entre esos elementos.

2.1. Antecedentes de la Investigación

En lo referente a los antecedentes de la investigación, Ramírez (2007) indica que “Consiste en dar al lector toda la información posible acerca de las investigaciones que se han realizado, tanto a nivel nacional como internacional, sobre el problema que se pretende investigar”. En tal sentido, se refiere a los estudios previos relacionados con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el objetivo de estudio.

Se revisaron diversos trabajos relacionados con la presente investigación, mencionando a continuación aquellos que se consideraron resaltantes:

Méndez J. y Marín J. (2015), en su trabajo titulado, **“Desarrollo de una guía teórico-práctica para la enseñanza de la programación GRAFCET y escalera para los autómatas programables Siemens S7-300 en la cátedra de automatización industrial de la universidad José Antonio Páez”**. Presentado en la Universidad José Antonio Páez, para optar por el título de Ingeniero Electrónico, el cual está enfocado en dar a conocer, mediante un proyecto factible y recursos metodológicos de campo descriptivo, el estudio y manejo de Software's y

Hardware's de equipos controladores lógicos de gama media, SIMATIC S7-300 y equipos de interconexión hombre máquina, SIMATIC HMI, ambos marca SIEMENS, mediante el diseño de una guía teórico práctica con aplicaciones basadas en estructura de programa lineal, dividida y estructurada, bajo los lenguajes de programación escalera y grafico secuencial de funciones (GRAFCET), para profesores y estudiantes de la Universidad José Antonio Páez de las carreras Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica cursantes de las asignaturas Automatización I y II.

Metodológicamente, el tipo de investigación fue enmarcada dentro de los lineamientos de proyecto factible, con apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluye ambas modalidades. Mediante la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización, programas, tecnologías, de procesos.

Este trabajo es de mucha utilidad ya que ofrece una detallada explicación de los lenguajes de programación del STEP 7 y además cuenta con ejercicios resueltos y un conjunto de ejercicios propuestos, que sirven de base para el desarrollo de la programación estructurada la cual está basada para esta investigación en los lenguajes GRAFCET y escalera.

Así mismo, Castillo C. (2011), en su trabajo de grado titulado **“Diseño de experiencias prácticas de automatización industrial con una red de PLCs HMIs y Sistema SCADA”**, presentado en la Universidad José Antonio Páez, para optar por el título de Ingeniero Electrónico, el cual está orientado a la enseñanza de los sistemas de automatización industrial, utilizando PLCs SIEMENS de gama alta como herramienta principal en el desarrollo de prácticas de laboratorio conectados en red a través de la interfaz MPI de Siemens, e incluyendo en el sistema dos paneles HMI y un sistema supervisorio basado en el software InTouch de Wonderware Inc. Con este trabajo se permitirá el enriquecimiento de la preparación de los estudiantes de la Escuela de Electrónica de la Universidad José Antonio Páez, mediante el

reforzamiento y la modernización de los programas de las asignaturas Automatización Industrial I y Automatización Industrial II.

Esta investigación está enmarcada como proyecto factible, clasificado como diseño de campo, en el cual se usó como técnica de recolección de datos el análisis documental y la observación directa. Este trabajo es de gran ayuda para esta investigación ya que trata las bases necesarias para la programación de las prácticas desarrolladas en el presente trabajo como lo son, la utilización de entradas y salidas discretas para control de nivel y entradas y salidas analógicas para el control de temperatura.

ZAIRA A. (2011), en su trabajo titulado **“Ingeniería básica de la automatización del sistema de control de una planta de nitrato de amonio en solución”**. Presentado en la Universidad de Carabobo, para optar por el título de Ingeniero Electricista, el cual está orientado a la ingeniería básica para la automatización del sistema de control de la planta de fabricación de nitrato de amonio en solución, perteneciente a la gerencia de Químicos y Explosivos de la empresa CAVIM, ubicada en Morón - Edo. Carabobo. El proyecto contempla la automatización de la planta haciendo uso de un controlador lógico programable, así como también abarca la evaluación técnica de la instrumentación existente y la especificación de los nuevos equipos.

Esta investigación se puede ubicar dentro del tipo proyectiva. La cual propone soluciones a una situación determinada a partir de un proceso de indagación. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, mas no necesariamente ejecutar la propuesta”.

Este trabajo sirve de apoyo para esta investigación, ya que ofrece una detallada explicación de la configuración del bloque de función FB141 para hacer el control PID de temperatura de tanque número (3), de la planta piloto a desarrollar en este trabajo de grado.

Medina H. y Montañez F. (2011), elaboraron una investigación denominada **“Reingeniería de los bancos de medición de instrumentación industrial para el diseño de prácticas de control de temperatura y velocidad, orientadas a la cátedra de automatización industrial”**, para optar por el título de ingeniero electrónico en la Universidad José Antonio Páez. Este trabajo tuvo como finalidad reestructurar los bancos de medición del Laboratorio de Instrumentación Industrial, con la inclusión de un módulo de control de velocidad para motores de inducción en los bancos existentes para lograr la realización de nuevas prácticas sobre control de temperatura y control de velocidad en el Laboratorio de Automatización Industrial.

Metodológicamente, el tipo de investigación fue enmarcada dentro de los lineamientos de proyecto factible, con un diseño experimental. Se aplicó un cuestionario dirigido a la muestra seleccionada de cuatro (04) personas adscritas al área de Ingeniería. Concluyendo que se contribuiría con el fortalecimiento de los conocimientos en los estudiantes de ingeniería electrónica en el área de los autómatas programables, debido a que se implementarán prácticas y simulaciones utilizando diversas capacidades de los autómatas Siemens S7-300.

Este trabajo es gran utilidad para la presente investigación ya que ofrece detalles de funcionamiento e instalación de la instrumentación de la planta piloto para la medición y control de temperatura.

Finalmente, Janampa J. (2008) en su trabajo de grado titulado **“Desarrollo de un banco de control de procesos portátil para el Laboratorio de Automatización I mediante un micro PLC Simatic S7-200”**, presentado en la Universidad de Carabobo como requisito para optar por el título de Ingeniero Electricista, llevó a cabo en la elaboración de su trabajo de grado el desarrollo de un banco de control de procesos para la ejecución de prácticas didácticas destinadas a la programación e implementación del PLC S7-200 sobre sencillos procesos automatizados, con las que los estudiantes de la cátedra del laboratorio de automatización industrial I les sea posible iniciarse en las tareas de diseño, construcción y prueba de diversas formas de automatización.

Este trabajo es de gran aporte, ya que da a conocer la estructura básica de los lenguajes de programación GRAFCET y ESCALERA del autómatas S7-200 la cual es la misma que corresponde a la del PLC S7-300.

2.2. Bases Teóricas

De acuerdo a Palella y Martins (2006) las bases teóricas “Son el soporte principal del estudio. En él se amplía la descripción del problema, pues permite integrar la teoría con la investigación y establecer sus interrelaciones”. Para el presente trabajo de grado, se consultaran libros relacionados con el tema para investigar las bases teóricas con el propósito de sustentar la información y orientar a la solución del problema planteado.

2.2.1. Automatización

En la revista Elecra industria (2004), define la Automatización Industrial como la facultad de autonomía o acción de operar por sí solo que poseen los procesos industriales y donde las actividades de producción son realizadas a través de acciones autónomas, y la participación de fuerza física humana es mínima y la de inteligencia artificial, máxima. Además cabe recordar que ésta es producto de la inteligencia natural, pero su manifestación en los sistemas de control es mediante la programación en los distintos tipos de procesadores, por lo que es artificial. En general, las cosas y los sistemas se crean y se desarrollan fundamentalmente por la necesidad. En este caso, la Automatización Industrial es causada por las mejoras al producto y a su proceso de fabricación. Asociado al producto (semi elaborado o terminado) se tienen parámetros como cantidad, calidad, mercado, métodos de producción, gestión y planificación de la producción, economía de producción y otros. En los últimos años, la Automatización participó en las dos últimas revoluciones industriales de las tres que existen a la fecha. En la primera, las operaciones industriales pasaron a ser más mentales y creativas, con lo que se logró un mejor control de los procesos. En la segunda, la informática y las comunicaciones son componentes de un sistema altamente automatizado.

2.2.1.1. Ventajas de la automatización

Aumento de la productividad.

Reducción de costos laborales.

Mejor calidad del producto.

Reducción de costos por consumo de energía y mantenimiento

Aumento de la seguridad laboral.

Integración de la operación y de la información para la recopilación de datos estadísticos del proceso.

Monitoreo de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.

Aumento en el rendimiento de los equipos.

Disminución de contaminación y daños ambientales.

2.2.1.2. Desventajas de la automatización

Resistencia al cambio.

Falta de conocimientos.

Necesidad de capacitación de personal.

Inversión inicial elevada.

Dependencia tecnológica.

Obsolescencia.

Escases de recurso humano capacitado.

Limitación de las máquinas frente al operador humano para sensor ciertas variables: olor, sabor acabado de piezas entre otras. (Ródenas, 2008)

2.2.1.3. Partes de un sistema automatizado

Un sistema automatizado consta de las siguientes partes:

Interfaz hombre-máquina: es el medio por medio del cual el operador interactúa con los diferentes equipos que controlan el proceso. Esta interfaz, que puede ser una computadora personal (PC) o un tablero de control, permite al operador monitorear el estado del proceso.

Controlador: Este dispositivo genera las órdenes que obedecen los elementos actuadores del sistema en base a un conjunto de instrucciones preestablecidas y a

un conjunto de señales provenientes del proceso. Para esta función se suelen emplear autómatas programables (PLC), aunque hay otros equipos que pueden llevar a cabo esta operación como computadoras personales, o sistemas electrónicos basados en esta operación, como computadoras personales, o sistemas electrónicos basados en microcontroladores.

Sensores: Se encargan de convertir los valores de una cierta variable del proceso en señales que el controlador puede interpretar correctamente. Entre los sensores más comunes se tienen los capacitivos, los inductivos, los fotoeléctricos, los finales de carreras así como otros.

Actuadores: Son la parte operativa del proceso, quien le llevan a cabo toda las órdenes y trabajos designados por la parte del control. Entre ellos están el accionamiento de máquinas como motores, cilindros, compresores, entre otros.

Proceso: Son los diferentes cambios a los que se somete una determinada combinación de variables para la obtención de un producto deseado, haciendo uso de maquinarias, equipos, y del hombre. (Ródenas, 2008).

2.2.2. El Controlador Lógico Programable

Mandado, Pérez y Fernández (2010), basándose en su experiencia en el diseño de sistemas de control y en la enseñanza de los mismos, definen el PLC como un dispositivo capaz de recibir señales provenientes de elementos de entrada que pueden ser digitales o analógicos, como por ejemplo pulsadores, finales de carrera o sensores, y por otro lado, genera señales que permiten controlar la activación de dispositivos de salida, tales como relés, electroválvulas, lámparas, entre otros. La activación de las salidas queda definida en función del estado de las entradas mediante un conjunto de instrucciones lógicas programadas y almacenadas en la memoria del PLC. A diferencia de los sistemas de control basados en lógica de relés, los elementos intermedios como relés auxiliares, contactores o temporizadores son internos en el PLC. La tarea del usuario se reduce a la realización del programa para establecer las relaciones entre la activación de las entradas y la activación de las salidas.

Actualmente, la tecnología de los PLC se caracterizan por:

- Tiempos de procesamiento rápidos.
- Tamaños pequeños y bajo costo.
- Altas densidades de entradas/salidas.
- Comunicación directa con otros PLC.
- Integración a sistemas supervisores y de adquisición de datos (SCADA)

✓ **Ventajas y desventajas del PLC**

Entre las ventajas que tiene el uso del PLC se pueden nombrar:

- Funcionamiento bajo condiciones críticas industriales.
- Menor tiempo empleado en la elaboración de un proyecto.
- Listas de materiales considerablemente menor
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra para la instalación y mantenimiento.
- Posibilidad de manejar varios procesos con un mismo PLC.
- Reducción del tiempo de cableado (puesta en marcha).
- Modos de programación gráficos muy sencillos.
- Capacidad de reutilización.

Las posibles desventajas que conllevaría su utilización son:

Necesidad de adiestramiento de personal

- Inversión inicial elevada, relativo a implementaciones con circuitos de relés.

Aplicaciones del PLC

Los PLC se utilizan en ambientes donde se requieran realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc. Su aplicación abarca procesos de fabricación industrial de cualquier tipo: alimenticio, textil, automotriz, químicos, y cualquier otra área que requiera de un control secuencial.

Arquitectura del PLC

Al igual que la mayoría de los sistemas basados en microprocesadores, los PLC cuentan con elementos internos similares: procesador, memoria de datos, memoria de

programas, interfaces de entrada y salida, buses de direccionamiento, buses de datos, puertos periféricos y fuente de alimentación. A continuación se hace una breve descripción de las partes que constituyen un PLC:

El procesador o CPU: realiza operaciones de tiempo, de secuencia, de combinación y de retención, en base a las entradas.

Las interfaces de entrada y salida: establecen la comunicación entre la CPU y el proceso que se desea controlar, cumpliendo funciones tales como: adaptación, conversión y codificación de las señales de entrada, decodificación y amplificación de las señales de salida, para permitir el entendimiento entre la sección de procesamiento y el proceso externo.

El área de memoria: permite el almacenamiento de datos del programa (RAM), del sistema operativo (ROM), del programa de usuario (RAM no volátil o EEPROM) configuración de PLC (ROM o RAM no volátil para parámetros configurables) rutinas de arranque (ROM) y rutinas de chequeo (ROM).

El dispositivo programador: es el dispositivo mediante el cual es posible realizar e introducir el programa al PLC. Es la interfaz entre la CPU y el usuario.

Tipos de PLC según la estructura

La variedad de modelos de PLC que existen se pueden agrupar en dos clases:

Compactos: estos incluyen en una sola unidad el procesador, la fuente de poder, y los puntos de entrada y salida. A su vez pueden ser expandibles, mediante módulos de expansión que adicionan entradas/salidas o puertos de comunicación, y los no expandibles, que está limitado a los componentes disponibles en la unidad.

Modulares: los componentes del PLC se suministran por separado. Permiten al usuario seleccionar el procesador, los módulos de entrada/salida, la fuente de poder y demás componentes, de acuerdo a los requerimientos de la aplicación. (Ródenas, 2008).

2.2.3. Fundamentos de control de procesos

El control automático de proceso se ha desarrollado debido a la necesidad del

hombre de facilitar la medición y control de ciertas variables, así como sucedió para la fabricación del reloj de agua realizado por los griegos en los años 300 A.C., o para mantener las paletas de los molinos de viento en una posición normal a la dirección del viento (siglo XVI, Inglaterra), o el regulador centrífugo de la máquina de vapor de Watt en el año de 1775, el cual es considerado el primer uso del control automático en la industria. Antes de profundizar en el área de control de procesos es necesario recordar algunos de los conceptos que son claves para su comprensión.

- **La planta:** La estructura física de la planta es una parte intrínseca de problema de control. Por lo tanto, los ingenieros de control deben estar familiarizados con la estructura del proceso bajo estudio. Esto incluye conocimientos básicos de balances de energía, balances de masas, y flujo de materiales en el sistema.
- **Punto de Ajuste:** Es el valor en el que se desea mantener a la variable controlada y que es ajustado mecánicamente o por otro medio, también conocido como referencia o punto de ajuste.
- **Variable Controlada:** Una cantidad o condición física o química que varía en función del tiempo y es la que se debe mantener o controlar para que tenga el valor deseado.
- **Variable Manipulada:** Variable que se opera por el elemento final de control y directamente cambia la energía del proceso para mantener a la variable controlada en el punto de ajuste.
- **Controlador Automático:** Un dispositivo que recibe la señal que representa el valor de una cantidad o condición variable y opera para mantenerla en un valor deseado o llevarla a ese valor. El controlador es el cerebro del circuito de control, es el dispositivo que toma la decisión en el sistema de control, y para hacerlo, el mismo: Compara la señal de proceso que llega del transmisor (variable que se controla) contra el punto de control. Envía la señal apropiada al elemento final de control, para mantener la variable que se controla en el punto de ajuste. (Mandado, Pérez y Fernández, 2010).

2.2.3.1. Sensor.

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida. Un sensor o detector es un elemento capaz de detectar las variaciones de una magnitud física determinada, a través de algún principio físico o químico. También se le conoce como elemento primario de medición, y éste es el término más apropiado y el correcto desde el punto de vista de la instrumentación industrial. El concepto de sensor suele usarse como sinónimo de transductor, sin embargo, la definición de éste último es más amplia, ya que un transductor es un dispositivo capaz de convertir una magnitud física determinada en otra magnitud que sea más fácil de evaluar.

- **Transductor:** es un elemento o dispositivo que recibe la magnitud de una variable física y la convierte a su salida en una variable de ingeniería.
- **Transmisor:** Es un elemento que toma la señal física del proceso o planta de cualquier magnitud y convierte a la salida en una señal normalizada.
- **Elemento final de control:** Es el dispositivo del circuito de control que recibe la señal del controlador para variar directamente a la variable manipulada. Mandado, Pérez y Fernández (2010).

2.2.3.2. Clasificación de los transductores según el tipo de salida.

Se puede realizar una clasificación general de los transductores de acuerdo a la forma en que se codifique su salida:

Analógicos: los que proporcionan una salida como un valor de tensión o corriente que varía en forma continua en el tiempo, dentro del campo de medición. Este tipo de transductores suele tener una etapa de salida para suministrar señales normalizadas de 0 a 10 V, 0 a 5 V o 4 a 20 mA (por mencionar las más comunes).

Digitales: son aquellos que dan a su salida una señal codificada en forma de pulsos o como un valor digital codificado en binario, BCD u otro sistema. Mandado, Pérez y Fernández (2010).

Cuadro 1. Tipos de memorias semiconductoras.

Tipo de Memoria	Sistema De Programación	Sistema de Borrado	Ante el corte de tensión la Memoria:
RAM o memoria de Lectura-escritura	Eléctrica	Eléctrico	Se pierde, es volátil
ROM	Durante su proceso de fabricación	Es imposible	Se mantiene
PROM	Eléctrica	Es imposible	Se mantiene
EPROM	Eléctrica	Por rayos UV	Se mantiene
EEPROM	Eléctrica	Eléctrico	Se mantiene

Fuente: Apuntes de Automatización Industrial II, (2009)

Dentro del autómatas existen diferentes tipos de memoria, debido a que se tienen diversas necesidades de almacenaje de información; existe entonces una memoria con características específicas para almacenar el programa de usuario, otra para el almacenamiento de datos numéricos y variables internas, otras que sirvan de respaldo de las antes mencionadas, entre otras. A continuación se describe cómo dependiendo del tipo de función asignada, se utiliza un tipo de memoria u otra. (Manual STEP 7, 2006).

Memoria y programa del sistema (Firmware): Esta memoria es una de las partes componentes de la CPU, se encuentra dividida en dos áreas, la llamada memoria del sistema que utiliza memoria RAM, y la que corresponde a la memoria del programa del sistema (firmware,) que lógicamente es un programa fijo grabado por el fabricante y, por lo tanto, el tipo de memoria utilizado es ROM. En algunos autómatas se utiliza únicamente la EPROM, de tal forma que se puede modificar el programa de memoria del sistema si previamente se borra el anterior con rayos UV

(ultra violeta).

Memoria de usuario: El programa de usuario no sólo ha de ser leído por el microprocesador sino que ha de poder variarse cuando el usuario lo desee, utilizando la unidad de programación; por esta razón normalmente se graba en memoria RAM. La desconexión de la alimentación borraría esta memoria; ya que la RAM es volátil, necesita estar constantemente alimentada y por esto los autómatas que la utilizan llevan incorporada una batería de respaldo para impedir su borrado. Como la memoria RAM es volátil, en la mayoría de los PLC's viene respaldada por una memoria del tipo EEPROM, para conservar el programa del usuario en caso de desconexión o fallo de la alimentación.

En todo PLC existe un área de memoria del tipo RAM para almacenar datos numéricos y variables internas asociadas con los temporizadores y contadores.

Memoria de tabla de datos: Esta área también utiliza una memoria del tipo RAM, ya que en ella se encuentra por un lado, la imagen de los estados de las salidas y, por otro, los datos numéricos y variables internas como contadores, marcas, temporizadores, entre otros.

Memorias de copia y de archivo: Además de las otras aplicaciones ya antes mencionadas, las memorias del tipo EPROM y EEPROM tienen gran aplicación como memorias de copia o respaldo para grabación y archivo de programas de usuario. Los diversos bloques de memoria que tiene un PLC normalmente se representan por un esquema llamado mapa de memoria.

2.2.4. Aspectos generales

Memoria de un autómata está formada por bytes o grupos de bytes. Cada posición de memoria contiene varios bytes de información. Los datos se almacenan en la memoria en forma electrónica. Cada palabra o registro define una instrucción, dato numérico o un grupo de estados de entradas / salidas. La cantidad de memoria de un autómata se expresa en k de memoria, donde $1k = 1024$. 1k de memoria se refiere a 1024 posiciones en la memoria esto puede referirse por ejemplo a 1kbit (1024 bits), 1kbyte (1024 bytes), 1kword (1024 palabras).

A diferencia de los sistemas micro-controladores donde sólo algunas zonas de la memoria tienen su propósito claramente definido, la memoria de un PLC está completamente definida y es direccionable por bits. A capacidad de direccionar por bits significa que es suficiente con escribir la dirección de una localidad de memoria seguida de un número de bit, para poder manipularlos (Balcells, Romeral y Martínez, 2003).

2.2.4.1. Formas de Control.

Balcells, Romeral y Martínez (2003), en su libro *Autómatas Programables* consideran que las formas de control no son más que una manera en la cual un sistema de control hace correcciones en respuesta a un error o diferencia entre el punto de ajuste o punto de ajuste y la variable de proceso o variable controlada. El controlador interpreta los cambios de la variable (variaciones del error) y produce una acción correctiva para mantener el balance deseado en el proceso.

Cada forma de control tiene sus ventajas, características y limitaciones, por esto no se puede concluir de manera absoluta que existe una forma de control mejor que las demás, simplemente debe tenerse en cuenta que todos los procesos se comportan de forma diferente, así que el sistema de control que se escoja deberá obedecer estrictamente a sus características dinámicas y a las posibles perturbaciones que se puedan presentar. También debe considerarse que mientras más difícil sea controlar un proceso, si se desea controlar de la mejor manera posible, más complicado será el modo de control que se adapte a citado proceso. Los controladores se pueden clasificar según su acción en:

a- Controlador con acción inversa.

Controlador que ante un incremento positivo (+) respecto del valor deseado de la variable controlada, responde con un incremento negativo (-) de la variable manipulada.

b- Controlador con acción directa.

Controlador que ante un incremento positivo (+) de la variable controlada,

responde con un incremento positivo (+) de la variable manipulada.

En la teoría del control clásico feed-back existen distintos tipos de controladores cuya función de transferencia está directamente vinculada con una determinada medida del error. En este punto se analizarán diferentes modos de funcionar dependiendo de la proporcionalidad con las distintas medidas del error. Se considera útil analizar la acción específica que realiza cada modo dependiendo de la función de transferencia de la planta a controlar.

2.2.4.2. Controlador de Dos Posiciones (On-Off).

Domingo, Saldes y Hernández (2003), en su editorial UOC consideran que el control de dos posiciones es aquel en el cual el elemento final de control se mueve de una posición extrema a la otra dependiendo si la variable de proceso está por encima (Error Positivo) o por debajo (Error negativo) del punto de ajuste. El elemento final de control se coloca en una de las dos posiciones fijas, no tiene posición intermedia, para un valor único de la variable de proceso. Esto permite una entrada y/o salida del proceso ligeramente superior a las necesidades de operación normal, obteniéndose una serie de oscilaciones en la variable de proceso, debido al desbalance de energía y/o masa que existe entre la entrada y la salida. Estas oscilaciones varían en frecuencia y en amplitud de acuerdo a las características de los procesos, principalmente a los cambios de carga que ocurren. Por esto su aplicación se limita a procesos donde no ocurran cambios de cargas frecuentes y de gran capacidad. En general, el control de dos posiciones se usa en controles eléctricos (presostatos, termostatos), alarmas, salida digital y de relés.

2.2.4.3. Controlador Proporcional.

En el control proporcional existe una relación lineal continua entre la variable de proceso y la posición del elemento final de control dentro de una gama de valores denominados banda proporcional. Esto quiere decir que el elemento final de control se mueve proporcionalmente a los cambios que sufre la variable de proceso en referencia al punto de ajuste, este tipo de control responde únicamente a la magnitud

de la variable controlada y es insensible a la relación de duración de la desviación.

La banda proporcional se define como el porcentaje de variación de la variable de proceso alrededor del punto ajuste, necesario para mover el elemento final de control de un extremo a otro. El problema que dan los controladores proporcionales es el de poseer una característica indeseable como lo es la desviación en régimen permanente, también conocido como offset, este error se origina cuando, existiendo una condición de equilibrio, se presentan cambios de carga permanente y el proceso se estabiliza pero en una nueva posición, fuera del punto de ajuste. (Domingo, Saldaña y Hernández, 2003).

2.2.4.4. Controlador Proporcional-Integral.

Muchos procesos no pueden ser operados con offset (desvío), es decir, deben ser operados en el punto de ajuste o Set Point, así que al controlador debe añadirse alguna inteligencia adicional para lograr este objetivo, esta inteligencia adicional es conocida como la acción integral o acción de reset.

La parte integral repite la acción tomada por el modo proporcional en una cantidad de tiempo llamada (t_i) , mientras más pequeño sea el valor de (t_i) , más rápidamente el controlador repite la acción proporcional y mientras más grande sea el valor de (t_i) , tardará más tiempo en repetir la acción proporcional.

2.2.4.5. Controlador Proporcional-Integral-Derivativo

Algunas veces al controlador se le añade un modo conocido como acción derivativa, su propósito es el de anticipar hacia donde se dirige el proceso, vigilando la velocidad de cambio del error o su derivada. Estos controladores PID son usados principalmente en sistemas que tienen una gran constante de tiempo, lo cual los hace poco susceptibles al ruido.

2.2.5. La variable temperatura.

Ogata (2010), en su libro Ingeniería de Control Moderna, expresa que la variable temperatura se considera como la cuarta magnitud (en conjunto con longitud, masa y tiempo), ella involucra un comportamiento característico denominado “efecto término” o fenómeno calórico que nada tiene que ver con el

aspecto mecánico. La temperatura es una medida de la energía cinética de los átomos o moléculas que constituyen un objeto material cualquiera. Su medida se realiza a través de los cambios que experimentan algunas magnitudes físicas, cuando los cuerpos son sometidos a intercambios de energía térmica. Ejemplos de estas magnitudes son: el volumen, la presión, la resistencia eléctrica, y muchas otras que han dado lugar a diferentes formas de medir la temperatura. En términos muy generales y aproximados, se puede decir que la temperatura es una magnitud proporcional a la energía cinética promedio que tienen las partículas.

2.2.6 La variable peso

Es una medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto. El peso equivale a la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo. Por ser una fuerza, el peso se representa como un vector, definido por su módulo, dirección y sentido, aplicado en el centro de gravedad del cuerpo y dirigido aproximadamente hacia el centro de la Tierra. Por extensión de esta definición, también podemos referirnos al peso de un cuerpo en cualquier otro astro (Luna, Marte, etc.) en cuyas proximidades se encuentre.

La magnitud del peso de un objeto, desde la definición operacional de peso, depende tan sólo de la intensidad del campo gravitatorio local y de la masa del cuerpo, en un sentido estricto. Sin embargo, desde un punto de vista legal y práctico, se establece que el peso, cuando el sistema de referencia es la Tierra, comprende no solo la fuerza gravitatoria local, sino también la fuerza centrífuga local debido a la rotación de la Tierra; por el contrario, el empuje atmosférico no se incluye, ni ninguna otra fuerza externa. En la figura 1 se ilustra diagrama de fuerzas que actúan sobre un cuerpo. (Ogata, 2010).

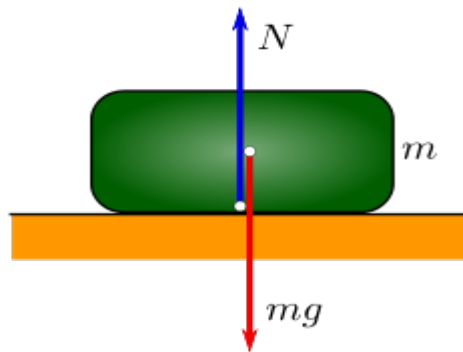


Figura 1: Diagrama de fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Peso>.

2.2.7 Celda de carga

Una celda de carga es un transductor que es utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica. Esta conversión es indirecta y se realiza en dos etapas. Mediante un dispositivo mecánico, la fuerza que se desea medir deforma una galga extensiométrica. La galga extensiométrica convierte el desplazamiento o deformación en señales eléctricas. Una celda de carga por lo general se compone de cuatro galgas extensiométricas conectadas en una configuración tipo puente de Wheatstone. Sin embargo es posible adquirir celdas de carga con solo uno o dos galga extensiométricas. La señal eléctrica de salida es típicamente del orden de unos pocos milivoltios y debe ser amplificada mediante un amplificador de instrumentación antes de que pueda ser utilizada. La salida del transductor después de ser amplificada es procesada por un convertidor analógico/digital, a esta conversión se le aplica un algoritmo adecuado y se consigue calcular la fuerza aplicada al transductor. Ver figura 2.



Figura 2: Celda de carga

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/puls-electronic/product-57485-837887.html>

2.2.8 Autómata S7-300 (CPU 313C) de Siemens

El Simatic S7-300 CPU 313 es un PLC diseñado para aplicaciones de gama media, soportando un máximo de 1500 instrucciones. El modelo a utilizar tiene una CPU 313C, una configuración base de 10 entradas y 6 salidas (16 E/S en total), las entradas son digitales y las salidas a relé, soporta un máximo de 6 módulos de expansión, y soporta diversas modalidades de comunicación. El software necesario para la programación del PLC S7-300 es el STEP 7 Professional o el nuevo ambiente TIA Portal STEP 7 Professional, acompañado de un cable de comunicación PC ADAPTER MPI, con conexión serial RS232 o USB a la computadora. (Manual STEP 7, 2006).

2.2.8.1 Características Físicas

El Simatic S7-300 CPU 313C es un PLC del tipo modular, presenta un panel frontal un conjunto de leds indicadores que informan sobre el modo de operación (RUN o STOP), el estado de las entradas y las salidas, y posibles fallas del sistema (SF).

El panel frontal del Simatic S7-300 indica seis estados de operación:

STOP: En esta condición no se ejecuta el programa, es posible cargarlo a la CPU y configurarlo.

RUN: en esta condición la CPU ejecuta el programa y las salidas son el resultado de las instrucciones de programación.

SF: Fallo del sistema, lo cual significa que existe algún fallo interno, fallo en entradas o en las salidas. (Manual STEP 7, 2006).

2.2.8.2 Características de las CPU 313C

- Voltaje de alimentación: 24 V DC.
- Memoria de trabajo integrada de 32 Kbytes para programas y datos.
- Tiempo de ejecución de 100 a 200 nano segundos (ns) por instrucción al bit.
- Requiere una Micro memorycard (máxima de 8 Mbytes).
- Cantidad máxima de bloques de datos (DB) 511.
- Cantidad máxima de bloques de función (FB) 512.
- Cantidad máxima de funciones (FC) 512.
- Capacidad de OB (Bloques de Función): 16 Kbytes.
- Cantidad máxima de contadores 256.
- Cantidad máxima de temporizadores 256.
- Cantidad máxima de marcas: 256.
- Número de maestros DP integrados: 1.
- Número de maestros DP vía CP: 4.
- Número de conexiones de esclavo DP que se puede colocar: 8.

2.2.9. Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación de los controladores lógicos programables han sido Standard IEC 61131 a la creciente complejidad que cada vez presentan las aplicaciones de éstos. A continuación se presentan cuatro de estos lenguajes de programación y se explica parte de ellos:

- Diagrama de contactos
- Gráfico secuencial de funciones

- Bloques de funciones

Lista de instrucciones. (Manual STEP 7, 2006).

2.2.9.1. Diagrama de contactos

Es la forma tradicional de presentar secuencias eléctricas de operaciones, estos diagramas representan la interconexión de dispositivos de campo de tal manera que la activación de uno activará o desactivará otro en función de la secuencia del programa.

Una de las razones por las cuales éste es el más tradicional y difundido lenguaje de programación es que en el pasado, antes de que fueran creados los PLCs de ésta forma se hacían los sistemas de control y luego de creados se convirtió en un lenguaje de programación gráfico para facilitar su uso por los ingenieros de diseño.

Gráfico secuencial de funciones: Conocido como GRAFCET, es un lenguaje ideal para programas de control secuenciales y está conformado principalmente por acciones y transiciones, las acciones son los procesos que se llevan a cabo (lectura de entradas y escritura de salida) en un determinado momento y las transiciones son las condiciones que llevan el flujo del programa dentro o fuera de cada acción. Este lenguaje también ofrece la posibilidad de utilizar selecciones alternativas de secuencias y secuencias paralelas.

Bloques de funciones Es un lenguaje gráfico utilizado para programar la operación del programa como funciones lógicas de las entradas del sistema y variables internas. Estas funciones se representan como bloques y se cablean entre sí con las entradas y variables internas, proporcionando las salidas para el control del proceso.

Lista de instrucciones Es un lenguaje textual de bajo nivel similar al lenguaje assembler, el cual sólo permite una función lógica por línea y es recomendado para aplicaciones que requieran programas de control de baja complejidad. (Manual STEP 7, 2006).

2.2.10. Comunicaciones Industriales

Se definen como el área de la tecnología que estudia la transmisión de información entre circuitos y sistemas electrónicos utilizados para llevar a cabo tareas de control y gestión del ciclo de vida de los productos industriales. Estas comunicaciones están basadas en las redes industriales, las cuales han surgido debido a la necesidad de la comunicación no solamente entre ordenadores en el nivel de empresa y gestión sino también entre dispositivos en el nivel de entradas y salidas (sensores y actuadores) y en el nivel de control (PLCs y PCs), dicha necesidad existe puesto que la sincronización en distintos lazos de un proceso permite la optimización de la planta de producción, más aún cuando la operación de uno depende de otro.

Para la creación de una red es necesario que las distintas entidades que la conformarán estén construidas bajo ciertos criterios de normalización, para esto se crearon algunos modelos de referencia los cuales establecen las características principales para la red y las entidades, entre los cuales se encuentran el modelo OSI (Open System Interconnect) y TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol) los cuales están estructurados en capas o estratos.

Para que sea posible establecer una comunicación es necesario establecer un servicio, el cual es la función ofrecida por la capa de transporte y establecer el uso de un protocolo de comunicación el cual es el conjunto de reglas de codificación, cooperación e intercambio entre dos o más entidades. En este sentido, para poder comunicar los equipos, éstas deben compartir los servicios y protocolos en todas sus capas de acuerdo al modelo de referencia OSI.

2.2.10.1. Modelo de Referencia OSI

El modelo de referencia OSI fue creado por la ISO (International Standard Organization: Organización Internacional de Estándares) en el año 1984 para establecer criterios estandarizados para la creación de las arquitecturas de la interconexión de sistemas de comunicaciones. Este modelo de referencia está conformado por siete capas, las cuales se explican a continuación. La capa de

aplicación, suele interactuar con el programa con el cual a su vez interactúa el usuario, ofrece la posibilidad de acceder a los servicios de las capas subyacentes y establece los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos. (Alonso, 2013).

Capa de presentación: Se encarga de presentar la información de manera reconocible para cada ordenador y es la primera capa en ocuparse del contenido de la información antes de que se transmita correctamente por lo cual en ésta se tratan aspectos como la semántica y la sintaxis. Permitiendo también de esta manera cifrar los datos y comprimirlos.

Capa de sesión: Se ocupa de establecer el inicio y final de cada sesión de intercambio de información entre dos o más equipos, también define qué equipo transmite y en qué momento lo hace. A su vez también es responsable de restablecer la comunicación si ésta fue interrumpida.

Capa de transporte: Es la capa encargada de efectuar el traslado de la información del transmisor al destino correcto independientemente del tipo de red física utilizada, es decir, no decide el camino o la ruta a seguir, y es capaz de interpretar direcciones de red.

Capa de red: Es el nivel que decide el camino o medio físico que tomará un paquete de información independientemente del contenido del paquete.

Capa de enlace: Esta capa se ocupa de tomar una transmisión normal y transformarla en una abstracción sin errores para su capa superior. Lo que lleva a cabo partiendo los datos en marcos de datos y procesándolos para detectar errores.

Capa física: Se encarga de establecer la conexión física entre los nodos, para mantener la señal entre éstos.

2.2.10.2 Modelo de Referencia TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol/InternetProtocol) Fue usado por primera vez cuando ARPANET estaba emergiendo. Esta red fue desarrollada para el uso de las fuerzas armadas estadounidenses. Sin embargo era requerido que incluso cuando algunas partes de la red fueran destruidas durante la batalla, está todavía debía

proveer servicios de comunicación. Mientras que dos hosts todavía estuvieran funcionando y hubiera por lo menos un camino disponible entre ellos la comunicación debía ser posible. Otro aspecto importante era la habilidad de conectar múltiples redes juntas sin importar los protocolos implícitos, medio de transporte físico o suministrado por ancho de banda. La más baja es la capa de enlace es por ello se muestra todas las capas que constituyen este modelo de referencia.

Capa de enlace: TCP/IP no especifica servicios u operaciones en la capa de enlace. Solo se requiere que el host de alguna manera pueda conectarse a la red para que la capa de internet sea capaz de enviar paquetes. Como esta capa no está definida, la implementación puede cambiar en cada sistema. El servicio de red puede ser suministrado por Ethernet, Token Ring, modo de transmisión asíncrona (ATM), tecnología de red de área amplia (WAN), tecnologías inalámbricas, o cualquier otro medio de transferencia de paquetes de red.

Capa de Internet: La características principales de la capa de internet son, el enrutamiento de los paquetes, creación direcciones, y reportes de errores. Adicionalmente son suministrados, servicios de fragmentación y re ensamblaje.

Internet: son el Protocolo de Internet (IP), el Protocolo de Resolución de Direcciones (ARP), el Protocolo de Control de Mensajes de Internet (ICMP) y el Protocolo de Administración de Grupo de Internet. Este se ocupa del enrutamiento de los paquetes, crear las direcciones IP, la fragmentación y re ensamblaje de los paquetes. Esto es un protocolo de transferencia de paquetes basado en una arquitectura sin conexión de mejor-esfuerzo. Los paquetes viajan independientemente unos de otros a través de la red; Así que los paquetes pueden ser entregados en orden distinto al cual fueron enviados. Algunos pueden perderse porque no hay garantía de la entrega. Para ser capaces de darle ruta a los paquetes a través de la red cada host debe saber la localización del portal o de un router. El portal decide el camino que debe transitar en paquete. Por esta razón una tabla de enrutamiento se mantiene en la capa de internet.

Para enviar paquetes por las redes que solo soportan paquetes pequeños, estos son fragmentados en el host que lo envía y re ensamblados en el host de destino.

El Protocolo de resolución de dirección, traduce direcciones de capa de red, a direcciones de capa de enlace. Así, una dirección IP se traduce a por ejemplo, una dirección Ethernet. El Protocolo de control de mensajes de internet (ICMP) se ocupa de reportar errores de datagrama y es capaz de proveer cierta información acerca de la capa de internet. El protocolo de administración de mensajes de internet (IGMP) es usado para administrar grupos de multicast (entre dos estaciones).

Capa de transporte: La capa de transporte provee servicios de comunicación de flujo y datagrama. Los protocolos especificados en esta capa son el protocolo de control de transmisión y el protocolo de datagrama de usuario. Ambos protocolos entregan servicios de comunicaciones punto a punto (por ejemplo: transferencia de mensajes).

El protocolo de control de transmisión es un servicio de comunicación punto a punto confiable y orientado a la conexión. Un flujo de datos es enviado a cualquier otro host en el internet sin errores. Este flujo de datos es roto y convertido en mensajes, y enviado a la capa de internet. TCP alista y termina la conexión y sus secuencias, y reconoce los paquetes que envía. También es responsable por transmitir los paquetes perdidos durante la transmisión. También, un servicio para el control de flujo es implementado, para así evitar que el receptor sea desbordado por un remitente más rápido.

El protocolo de datos de usuario es un protocolo de comunicación sin conexión, no confiable. Así que no provee secuencia ni control de flujo. Este se usa cuando la pronta entrega de paquetes es más importante que una transmisión libre de errores, como la que demanda la transmisión de contenido de audio o video.

Capa de Aplicación: Esta capa provee servicios a procesos de aplicación. Esta accede a los servicios de la capa de transporte y permite procesos en diferentes hosts para que se comuniquen unos con otros usando varios protocolos.

Estos incluyen protocolo de transferencia de Hipertexto (HTTP) para enviar y recibir archivos que hacen páginas web. También, protocolos para enviar y recibir e-mail, el protocolo de transferencia de correo simple (SMTP) y la transferencia de archivos interactivos, el protocolo de transferencia de archivos (FTP), son implementados en esta capa. Otro servicio suministrado y a menudo usado es el servicio Telnet, el cual es un protocolo de emulación de terminal, éste le permite al usuario a entrar en hosts remotos. Para acceder a artículos de noticias en pizarras virtuales, el protocolo de red de transferencia de noticias es suministrado.

Adicionalmente, los protocolos para administración de redes TCP/IP están disponibles en esta capa. El servicio de nombre de dominio (DNS) define un nombre de host para una dirección IP. La administración de redes, incluyendo la recolección e intercambio de información de administración es facilitada por el protocolo de administración de red simple (SNMP). Además de estos protocolos básicos, una gran variedad de protocolos son implementados para el uso en la capa de aplicación TCP/IP. (Alonso, 2013).

2.2.10.3. Comparación de los modelos de referencia

Ambos modelos de referencia descritos arriba están basados en un enfoque estratificado. También, las capas proveen servicios muy similares, la capa de aplicación del modelo TCP/IP corresponde a la capa de aplicación del modelo de referencia ISO/OSI. Las capas de presentación y sesión no están presentes en el modelo de referencia TCP/IP. Así que en el modelo TCP/IP, los servicios suministrados por esas dos capas deben ser ejecutados por el proceso de la aplicación mismo, las dos capas de transporte ejecutan servicios similares. La próxima capa en el modelo TCP/IP, la capa de Internet es equivalente a la capa de red ISO/OSI. La capa de enlace de datos y la capa física del modelo de referencia OSI son presentados por la capa de enlace en el modelo TCP/IP. En ambos modelos, las capas arriba de la capa de transporte son dependientes de la aplicación. El modelo ISO/OSI es principalmente un modelo conceptual, es un ejemplo para un modelo de red

universalmente aplicable. Éste introdujo tres conceptos principales, los cuales también fueron obedecidos cuando el modelo TCP/IP fue desarrollado.

Cada capa provee servicios exactamente definidos para la capa que está por encima y utiliza servicios suministrados por la capa que está debajo. A estos servicios se accede utilizando interfaces que especifican cuales parámetros se esperan y los resultados retornados. Los protocolos definidos en cada capa se comunican con sus iguales en el host remoto, independientemente de la estructura de red subyacente.

Estas ideas en ambos protocolos son similares al desarrollo de software orientado a objetos. Al principio, el modelo TCP/IP no separaba estrictamente servicios, interfaces y protocolos; estos conceptos fueron introducidos después. Así, los protocolos en el modelo ISO/OSI están encapsulados de una mejor forma que aquellos en el modelo TCP/IP, y es más fácil alterar servicios en el modelo de referencia ISO/OSI. Como el modelo ISO/OSI fue desarrollado antes que los respectivos protocolos y su implementación, era posible distinguir fácilmente entre servicios, interfaces y protocolos para cada capa. Los creadores fueron capaces de elegir el número apropiado de capas de forma que cada una pudiera desempeñar sólo un conjunto distinto de servicios de emparejamiento. Para TCP/IP, los protocolos fueron desarrollados primero, y luego, se creó el modelo abstracto.

Finalmente, existen diferencias en el área de la comunicación sin conexión y la conexión orientada a la conexión. El modelo de referencia ISO/OSI provee servicios para ambos tipos de comunicación en la capa de red, pero sólo servicios orientados a la conexión en la capa de transporte. El modelo de referencia TCP/IP admite comunicación sin conexión y orientada a la conexión en la capa de transporte, pero sólo servicios sin conexión en la capa de red. (Alonso, 2013).

2.2.10.4. Niveles de las Redes Industriales

A continuación se describen los distintos niveles que conforman una red industrial. Detallando los componentes que la conforman.

Nivel de Gestión: Este nivel (Nivel de LAN/WAN) es el más elevado y ejerce una integración global del resto de los niveles de la empresa mediante el uso de computadores conectados en red LAN (Local Area Network) o WAN (Wide Area Network). En este nivel se llevan a cabo acciones de control de inventarios, control de ventas, etc.

Nivel de Control: En éste nivel (Nivel de LAN) se encuentran PCs y PLCs de gama alta ejerciendo acciones de supervisión generalmente, configurados como maestros llevan los programas de control más complejos que se encuentran. En este nivel también se encuentra la visualización de los sistemas SCADA en los PCs antes nombrados y generalmente se usan redes tipo LAN para sus conexiones.

Nivel de Campo y Proceso: El nivel de campo contiene los PLCs o controladores de gama baja funcionando como esclavos y supervisados por los de gama alta del nivel de control, también se encuentran en este nivel algunos bloques de entradas y salidas los cuales están conectados a través de buses de campo.

Nivel de E/S: El nivel más bajo es donde se encuentran los sensores y actuadores, haciendo la medición de variables y ejerciendo las acciones para el control. Aún en éste nivel se puede encontrar comunicación si los dispositivos son inteligentes, usando protocolos como DeviceNet, pueden intercambiar información. También llamado nivel de bus de campo.

Existen también las redes LAN industriales, las cuales son las más altas jerárquicamente, con dos estándares principales, los cuales son, MAP (Manufacturing Automation Protocol) y ETHERNET.

MAP (Manufacturing Automation Protocol): Es un protocolo de comunicaciones introducido por General Motors en 1982 y normalizado por el IEEE, el cual fue creado con el propósito de interconectar dispositivos industriales de distintos fabricantes y combatir la incompatibilidad de 23 distintos estándares de comunicación, ha sido muy utilizado en redes LAN industriales a pesar de haber perdido mercado con el protocolo ETHERNET. (Alonso, 2013).

2.2.10.5. Componentes de red pasivos para Industrial Ethernet.

Para fraseando al autor (Pérez, 2003), en su libro titulado Tecnologías y redes de transmisión de datos p146. Se puede considerar que el cableado estructurado según ISO IEC 11.801/EN 50.173 describe un tipo de cableado, que es independiente de la aplicación, pensado para complejos edificios y aplicaciones de tecnologías de la información. Con el sistema de cableado rápido FastConnect (FC) para Industrial Ethernet de SIMATIC NET. Los cables FastConnect se pueden conectar de forma especialmente rápida y sencilla, lo que permite utilizar la técnica de cableado RJ45 como estándar actual para modelos aptos para la industria.

Los cables de bus están preparados para poder realizar una fácil instalación. Estos cables FC industrial Ethernet con estructura especial para conectar de forma rápida (certificación UL y CAT5 PLUS, conformidad PROFINET) están disponibles como FC Standard, FC Flexible, FC Trailing y FC Marine Cable.

Herramientas pelacables: La herramienta FC Stripping permite recortar la cubierta exterior y la malla de pantalla a la medida exacta en una sola operación.

Conectores: Los conectores que se utilizan a nivel de campo con plugs FC RJ45 y están contruidos contra perturbaciones gracias a una robusta carcasa de metal.

Componentes de red activos para Industrial Ethernet: Los componentes de red activos para Industrial Ethernet son switches y tarjetas de comunicaciones.

Switches: Un switch de Industrial Ethernet tiene las siguientes funciones: Según el número de puertos, los switches pueden conectar simultáneamente de forma temporal y dinámica varios pares de subredes o estaciones; cada conexión dispone de todo el caudal de datos. Mediante filtrado del tráfico de datos en base a la dirección Ethernet (MAC) de los equipos terminales, el tráfico de datos local permanece a dicho nivel; el switch sólo retransmite los datos a estaciones de otra. Se puede ampliar el número de equipos terminales conectables en comparación con una red Ethernet clásica. La propagación de errores a la subred afectada está limitada. La tecnología de conmutación ofrece ventajas decisivas:

Posibilidad de crear redes parciales y segmentos de red.

Aumento del volumen de transmisión de datos y, en consecuencia, del rendimiento de la red por estructuración del intercambio de datos.

Reglas sencillas para la configuración de redes.

Topologías de red con 50 switches y una extensión local de hasta 150 km se pueden realizar sin problemas y sin necesidad de tener en cuenta tiempos de propagación de señales.

Ampliación ilimitada de la extensión de la red mediante la conexión de distintos dominios de colisión/redes parciales.

A partir de 150 km se tienen que considerar los tiempos de propagación de señales.

Ampliación sencilla y sin repercusiones de redes existentes.

2.2.11. Definición de Sistema SCADA.

(Extrayendo ideas de Aquilino Rodríguez, 2012). De su libro Sistemas SCADA. Se puede establecer que un SCADA no es una tecnología específica sino una clase de aplicación. SCADA es el acrónimo de Supervisory Control and Data Acquisition y se trata de una aplicación de software diseñada básicamente para ser utilizada, en al menos un computador personal, con la finalidad de realizar tareas de supervisión y control en tiempo real, a distancia en una instalación, proceso o sistema con características variadas.

Esta aplicación de software le permite al operador tener una visión tanto de las unidades remotas como de los estados en los que se encuentran las mismas, es decir, contar con la posibilidad de visualizar alarmas y al mismo tiempo tomar decisiones para poder ejecutar acciones físicas en algún equipo lejano mediante canales de comunicación especiales o mediante una red LAN. (Rodríguez A, 2012).

Esta aplicación de software le permite al operador tener una visión tanto de las unidades remotas como de los estados en los que se encuentran las mismas, es decir, contar con la posibilidad de visualizar alarmas y al mismo tiempo tomar decisiones para poder ejecutar acciones físicas en algún equipo lejano mediante canales de comunicación especiales o mediante una red LAN.

Estos sistemas cuentan con la posibilidad de poder interactuar con una gran variedad de dispositivos presentes en la planta, como es el caso de controladores, de autómatas programables, de sensores, de actuadores, entre otros. Cualquiera de los casos donde se requiera la adquisición de datos de un sistema al tiempo que sea necesario el control del proceso, la aplicación SCADA representa una alternativa preponderante entre los sistemas de control más usados, así por ejemplo, en los Sistemas de Control Distribuido el lazo de control es generalmente cerrado y éstos se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática, sin embargo, hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, debido a que su labor principal es de supervisión y control. Es importante considerar dos aspectos básicos propios de la aplicación SCADA al momento de su implementación, como lo son:

El proceso/sistema/maquinaria: este aspecto comprende el estudio detallado tanto del proceso al cual se desea aplicar la estrategia de control, como para el sistema y la maquinaria, siendo éstos el objeto de supervisión y control.

La red de dispositivos inteligentes: la cual es responsable de establecer el enlace entre el sistema primario y el proceso a través de sensores y salidas de control.

Generalmente se vincula el software al uso de una computadora o de un PLC, la acción de control es realizada por controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computador. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento dado si es necesario.

2.2.11. 1. Características de un sistema SCADA.

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema:

Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registros de incidencias.

Generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.

Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso que anulan o modifican las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.

Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre el CPU del ordenador.

Existen diversos tipos de sistema SCADA dependiendo del fabricante y sobretodo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello antes de decidir cuál es el más adecuado, hay que tener presente si cumplen o no ciertos requisitos básicos:

Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso.

La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.

Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión).

Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario. (Rodríguez, 2012).

2.2.11.2. El sistema SCADA en las redes industriales.

En las empresas coexisten una serie de equipos y dispositivos dedicados al control de una máquina o una parte cerrada de un proceso. Entre estos dispositivos están los sistemas SCADA, autómatas programables, ordenadores de diseño y gestión, sensores, actuadores, entre otros. El desarrollo de las redes industriales ha establecido una forma de unir todos estos dispositivos, aumentando el rendimiento y proporcionando nuevas posibilidades.

La automatización industrial inicialmente dio lugar a islas automatizadas como equipos aislados entre sí: autómatas, controladores, ordenadores, entre otros, donde la integración de estas islas automatizadas dio lugar a las redes industriales. Esto trae como consecuencia una serie de aspectos que mejoran el desempeño de un sistema automatizado como lo son:

Visualización y supervisión de todo el proceso productivo.

Toma de datos del proceso más rápida o instantánea.

Mejora del rendimiento general de todo el proceso.

Posibilidad de intercambio de datos entre sectores del proceso y departamentos.

Programación a distancia, sin necesidad de estar a pie de fábrica. Lo que en esencia describe algunas de las virtudes que ofrece el sistema.

SCADA, es que se puede decir que éste sistema es el responsable del establecimiento de una red industrial. Asimismo los niveles de una red industrial es necesario señalar que en el sistema SCADA puede presentarse el nivel de control, ejerciendo esta función sobre los elementos correspondientes a los subsiguientes niveles, (PLC's, actuadores, sensores, entre otros). (Rodríguez, 2012).

2.2.11.3. Funciones de un sistema SCADA.

Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.

Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se pueden activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, entre otros), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, entre otros.

Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta al sistema, ésta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.

Representación de señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.

Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente; el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.

Programación de eventos: Esta referido a la posibilidad de crear subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, entre otras. (Rodríguez, 2012)

2.2.11.4. Comunicaciones en un sistema SCADA.

Los sistemas SCADA necesitan comunicarse vía red, puertos GPIB, telefónica o satélite, es necesario contar con computadores remotos que realicen el envío de datos hacia una computadora central, ésta a su vez será parte de un centro de control y gestión de información. Para realizar el intercambio de estos datos entre los dispositivos de campo (o computadoras remotas), y la estación central de control y gestión, se requiere de un medio de comunicación cableado o no cableado y un modem, los cuales se rigen por un protocolo de comunicación establecido por el fabricante.

Asimismo estos sistemas tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas seriales o conexiones de modem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET (fibra óptica), es también frecuentemente utilizada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de energía eléctrica. Es más, los métodos de conexión entre sistemas pueden incluso que sean a través de wireless (por ejemplo, si se quiere enviar una señal a una PDA, a un teléfono móvil, laptop, entre otros), y así no tener que emplear cable.

En una comunicación deben existir, necesariamente, tres elementos:

- Un medio de transmisión, sobre el cual se envían los mensajes.
- Un equipo emisor que puede ser el MTU (Master Terminal Unit).
- Un equipo receptor que se puede asociar a los RTU (Remote Terminal Unit).

El MTU y el RTU también llamados Equipos Terminales de Datos (DTE), tienen la habilidad de generar una señal que contiene la información a ser enviada, al igual pueden descifrar la señal recibida y extraer la información, más carecen de una interfaz con el medio de comunicación, esta es el modem, también llamado Equipo de

Comunicación de Datos (DCE), capaz de hacer los cambios necesarios en la información y enviarla por el medio de comunicación hacia otro DCE, el cual la recibe y la transforma para que pueda ser leída por el DTE receptor. (Ródenas, 2008).

2.2.11.5. Elementos de un sistema SCADA.

La HMI: Son las siglas en inglés para Interfaz Humano Máquina, la cual es un sustituto para los antiguos sistemas de centralización, de control y visualización de procesos, el cual brinda el entorno visual del sistema y permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

Sistema primario (MTU): Es una computadora que sirve como procesador central del sistema SCADA, el cual integra una HMI para que el operador, de ser necesario, pueda mantener una relación interactiva con el proceso controlado de forma automática por dicho sistema.

Unidad remota (RTU): Son pequeñas unidades computarizadas estratégicamente desplegadas en el campo. El propósito de dichas unidades es el servir como punto de adquisición de datos local, a partir de los sensores y/o relés de control, que son la interfaz directa con la variable o variables que constituyen el objeto de supervisión. Asimismo es capaz de captar un mensaje direccionado hacia él, decodificándolo, actuando y respondiendo, si es necesario, ante cualquier directriz de control emanada desde la MTU.

Sistema de comunicación: Se encarga de establecer conexión entre el MTU, como el punto donde se supervisa y controla el proceso, y las RTU en el punto donde se realizan las operaciones en el campo.

Transductores o sensores (tanto analógicos como digitales) y relés de control: Son las interfaces directas con el proceso, responsables de convertir una

señal física en una señal eléctrica y viceversa. (Rodríguez, 2012)

2.2.11.6. El flujo de la información en los sistemas SCADA.

El fenómeno físico lo constituye la variable que se desea medir. Dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo de potencia, intensidad de corriente, voltaje, entre otros. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica, para ello, se utilizan los sensores o transductores. Estos elementos convierten las variables del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las variables eléctricas más utilizadas son: voltaje, corriente, carga, resistencia o capacitancia. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas deben ser procesadas para ser entendidas por el computador. Para ello se utilizan acondicionadores de señal, cuya función es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje, además, provee aislamiento eléctrico y filtraje de la señal con el objeto de proteger el sistema de transitorios y ruidos originados en el campo, vale decir que dicha función es incorporada en la RTU.

Una vez acondicionada la señal, la misma se convierte en una señal digital equivalente, en el bloque de conversión de datos. Generalmente, esta función es llevada a cabo por un circuito de conversión analógico/digital. La computadora

(MTU) almacena esta información, la cual es utilizada para su análisis, y para la toma de decisiones, simultáneamente, se muestra la información al usuario del sistema en tiempo real, por medio de la HMI. Basado en la información, el operador puede tomar la decisión de realizar una acción de control sobre el proceso. El operador comanda al ordenador a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica. Esta señal es procesada por una salida de control, la cual funciona como un acondicionador de señales, que la transforma a una escala para manejar un dispositivo dado: Bobina de un relé, set-point de un controlador, entre otros. Más abajo se observa un esquema del flujo de la información en el sistema SCADA.

Las aplicaciones SCADA se utilizan en diferentes ramas de la industria:

Plantas de tratamiento de aguas residuales.

Empresas manufactureras.

Señales de tránsito.

Supervisión y control de estaciones de servicio.

Control en la generación y distribución de energía eléctrica.

Adicionalmente los sistemas SCADA no se limitan a la supervisión y control de procesos, sino que también proporcionan importante información para otras áreas dentro de la misma empresa, tales como:

Gestión de producción: para facilitar la programación de la fabricación.

Mantenimiento: para evaluar y determinar modos de fallo, índice de fiabilidad.

Control de calidad: proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la producción.

Administración: Actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor de un sistema de planificación de recursos empresariales.

Históricos de información: Mediante su incorporación en bases de datos. A continuación se aprecia, Lo anteriormente explicado es solo una pequeña porción de todos los niveles industriales en donde los sistemas SCADA pueden ser efectiva y eficazmente utilizados, aprovechando de los mismos el gran potencial que representa, de forma práctica y factible, dicho recurso, permitiendo así ejercer, de forma inmediata, un gran nivel de supervisión y control, el cual sería mucho más costoso y lento si se contara solo con personal humano. (Castillo, 2011)

2.2.12. HMI.

Un HMI (Human-machine interface: interfaz humano-máquina) es un sistema que puede ser visto como una “ventana” a un proceso, la cual puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una pantalla de computadora. Estos sistemas son parte esencial de los sistemas SCADA de supervisión y control. Las señales del proceso son conducidas a la HMI por medio

de dispositivos como tarjetas de entradas/salidas, unidades terminales remotas o RTUs, etc. Todos estos dispositivos deben tener capacidades de comunicación para “entenderse” con la HMI. (Manual SIMATIC, 2008).

2.2.12.1. Tipos de HMI:

Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como C++, Visual Basic, Delphi, etc.

Paquetes enlatados HMI: Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA, como por ejemplo, FIX, WinCC, Wonderware InTouch, etc.

2.2.12.2. Funciones de una HMI.

Entre las funciones de un software HMI se pueden nombrar:

Monitoreo. La capacidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, los cuales se pueden presentar como números, textos o gráficos para ofrecer una lectura más fácil de interpretar.

Supervisión. Función que junto con el monitoreo, permite ajustar las condiciones de operación de la planta desde la computadora.

Alarmas. Función que reporta eventos excepcionales o especiales basados en valores programados de distintas variables.

Control. Capacidad que ofrece el sistema de aplicar algoritmos al proceso para mantener sus variables dentro de los límites preestablecidos. Las acciones de control, se pueden ejercer de forma automática o comandadas por el operador.

Almacenamiento y muestra de archivos. Es la función que se basa en mostrar en gráficos o tablas, los valores de las variables medidos y almacenados en memoria en tiempo real o de forma histórica. (Manual SIMATIC, 2008).

2.3. Definición de Términos Básicos.

Analógico: Es un valor numérico que representa cantidades mensurables tales como: temperatura, peso, presión, entre otros.

Autómata Programable: Equipo eléctrico diseñado para controlar en tiempo real procesos secuenciales de cualquier tipo y volumen en la industria general.

Automatización: Es la técnica capaz de realizar un proceso tratando de disminuir en lo posible la intervención del hombre.

Bus: Grupo de conductores compartidos por dos o más sistemas digitales que generalmente se encuentran cercanos; la comunicación a través de este se limita en que sólo uno de los terminales conectados puede enviar datos en un momento dado.

Control Local: Cuando la secuencia y/o la referencia provienen del operador digital.

Control Remoto: Cuando la secuencia y/o la referencia viene de los terminales de control.

Controlador: Un dispositivo que es capaz de controlar otros dispositivos. Por ejemplo un controlador programable se usa para monitorear dispositivos de entrada, implementar lógica y dispositivos de salida de control.

Controlador modular: Controlador programable en donde residen la fuente de alimentación, procesador e interfaces de E/S en unidades separadas o módulos.

Digital: Información presentada como un valor discreto; 1 o 0.

Dispositivo de entrada: Es un dispositivo, tal como un pulsador, sensor o un interruptor de algún tipo que suministra señales al PLC.

Dispositivo de salida: Es un dispositivo, tal como una luz piloto o una bobina de un arrancador de motor, que es controlado por un PLC.

Error: Diferencia entre el valor medido y el valor real de la variable del proceso en cuestión, o planta controlada.

E/S: Consta de dispositivos que proporcionan datos al PLC (entradas) y reciben datos del PLC (salidas).

Fuente de alimentación: Circuito eléctrico que filtra, acondiciona y suministra los voltajes correctos para los componentes y los circuitos del sistema.

Interfaz: Dispositivo o circuito que permite la conexión entre sistemas o circuitos diferentes por ejemplo la CPU y los periféricos.

Lazo de control: Esquema utilizado para lograr que un proceso ofrezca los resultados que se desean, es decir, es el mecanismo usado para forzar a las variables de salida de un proceso para que se mantenga en los valores deseados.

Microprocesador: Dispositivo electrónico de estado sólido que integra una enorme cantidad de circuitos, capaz de manipular datos, de acuerdo a instrucciones lógicas predefinidas. Dichos datos, así como la secuencia de instrucciones (Programa) son comunicados al dispositivo por medio de circuitos externos, principalmente de memoria.

Nodo o estación: Terminal o enlace de un red o punto de enlace de una red de rango inferior a un de rango superior

PLC: Controlador Lógico Programable.

Protocolo: Conjunto de normas o convenciones que gobiernan el intercambio de información entre dos o más terminales o sistemas digitales con funciones similares.

Red: Serie de terminales que están interconectados y pueden intercambiar información.

Referencia: La frecuencia de referencia indica cuán rápido gira el motor. Existen varias fuentes de opciones para frecuencia de referencia. Como primer caso, la frecuencia de referencia puede venir del operador local (referencia local) y una segunda forma es introducir la frecuencia en forma remota.

Relé: Dispositivo mecánico operado eléctricamente, cuyos contactos se abren y cierran basándose en la presencia de una señal eléctrica.

Secuencia: Se refiere a cómo es puesto en marcha y detenido el variador y cuál es la dirección de giro establecida. La secuencia proviene del operador digital (forma local) o puede venir de los terminales de control del variador usando el control a dos hilos o el control a tres hilos.

Secuencia a dos hilos: Este tipo de secuencia utiliza interruptores sostenidos o contactos de relé. Es usado en aplicaciones donde es deseable que se reinicie el variador cuando ocurre una restauración de la energía.

Secuencia a tres hilos: Usa botones momentáneos (pulsadores). Este esquema de control emula el típico control de arranque de motores a tres hilos.

Servomotores: Tipo especial de motor que se caracteriza por su capacidad para posicionarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su rango de operación.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo a Ramírez (2007) el marco metodológico “incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación”. Es el cómo se realizará el estudio para responder al problema planteado. En este sentido en este capítulo se muestra la metodología a través de la cual se resolverá la problemática planteada, al respecto contiene el tipo y diseño de la investigación y adicionalmente el método de cómo se van a desarrollar cada una de las fases en las cuales se estructura el presente Trabajo de Grado.

3.1 Tipo y Diseño de la Investigación.

La investigación se encuentra tipificada bajo el enfoque de proyecto factible, debido a que tiene como propósito satisfacer una necesidad de la institución, mediante el desarrollo de una herramienta didáctica viable para la mejora en la enseñanza de las Cátedras de Automatización Industrial I y II, se puede decir que este trabajo corresponde a un proyecto de tipo factible.

Es así como Hernández (2003), expresa que el proyecto factible “es una investigación elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos”.

Esta investigación, cumple con la estructura de un proyecto factible o investigación proyectiva, el cual según define J. Hurtado de Barrera (2000) “es una investigación que propone soluciones a una situación determinada a partir de un proceso de indagación; implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas”. Situación a la que se dará respuesta desarrollando experiencias didácticas basadas a la programación estructurada con PLC Siemens y la inclusión de una red multipunto

MPI, para las asignaturas de Automatización Industrial. Se estudian las características y posibilidades de los PLC Siemens S7-300 y su integración con las HMI Siemens a fin de familiarizarse con sus fundamentos teóricos-prácticos. También se diseñan prácticas usando programación estructurada e integrando el uso del HMI's y se realiza el montaje de un módulo de PLC Siemens S7-300 para la verificación y montaje de nuevas prácticas como aporte al Laboratorio de Automatización Industrial. Con ello se contribuye al fortalecimiento los conocimientos de los estudiantes de ingeniería electrónica en el área de los autómatas programables, gracias a la implementación de prácticas y simulaciones de diferentes procesos industriales y la incorporación de una planta piloto.

En cuanto al diseño de la investigación el desarrollo del presente trabajo conlleva una serie de etapas que van desde la revisión documental y de campo para conocer el manejo de ciertas herramientas (hardware y software), hasta el diseño de un prototipo y la elaboración del mismo, proceso que llevará al investigador a enfocarse en un trabajo de campo. Por lo tanto el diseño de la investigación puede ajustarse a las etapas de una investigación experimental, la cual según su definición, consiste en la manipulación intencional de una acción (variables) para analizar sus posibles efectos. (Sampieri, 2008).

3.2 Nivel de la Investigación

Según Álvarez J (2006), el nivel de la investigación hace referencia al grado de profundidad con que se aborda un objeto de estudio. De esta forma se puede definir este trabajo como una investigación descriptiva, puesto que no se aportarán teorías nuevas sino que se implementará una solución práctica al problema planteado. Se describe a su vez el funcionamiento y programación de los equipos Siemens S7-300 y los elementos que conforman la maqueta a construir.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas empleadas en la recolección de información fueron las siguientes:

Observación directa: Según Hurtado (2008), la observación directa “es una actividad que permite observar los hechos tal cual como ocurren y sobre todo aquellos que les interesan y consideran significativos el investigador” (p.47). Por otra parte la observación directa es definida por Tamayo (1998) como “aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación” (p.99). Esta observación directa estará sustentada con una lista de cotejo realizada en el Laboratorio de Automatización, dicha lista se detalla en el anexo A de este trabajo de investigación.

Entrevista no estructurada: Ruiz Olabuénaga (1989), define la entrevista no estructurada como una entrevista en profundidad. Sus objetivos son comprender más que explicar, maximizar el significado, alcanzar una respuesta subjetivamente sincera más que objetivamente verdadera y captar emociones pasando por alto la racionalidad. Tomando en cuenta esta definición se realizó una entrevista no estructurada a un profesor relacionado con la asignatura, la cual permitió conocer las ideas y opiniones del docente para la implementación de una planta piloto con tanques en el laboratorio de automatización e instrumentación para su uso en las asignaturas de automatización 1 y 2.

Análisis documental: Se define como un trabajo mediante el cual por un proceso intelectual se extrae la información necesaria del documento y se prepara para su posterior recuperación y utilización, y la observación directa. Por medio del análisis documental, se estudiarán los libros de texto del lenguaje de programación GRACET, escalera y estructurada, que se utiliza para el desarrollo de las prácticas de nivel, peso y temperatura. (Balestrini, 2002).

Técnicas e Instrumentos utilizados: Al emplear la técnica de observación directa fue preciso utilizar como instrumento de recolección de datos una lista de cotejo, la cual se enfoca en los aspectos primordiales tales como son: el contenido teórico y práctico de la asignatura automatización, así como también los recursos disponibles en el Laboratorio como lo son el autómata Siemens S7-300, los módulos SM 321, SM 322, SM 334 y fuente PS 307-24V. Ver apéndice B.

3.4 Población y Muestra

Para Palella y Martins. (2006; 95) lo define “es el conjunto de unidades de las que desea obtener información, y los que van a generar conclusiones”. De allí que, la población del presente estudio está conformada por los alumnos y profesores de la Escuela de Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez, y la muestra tomada serán los estudiantes y profesores de la Escuela de Electrónica que cursaran Automatización Industrial II.

3.5 Fases de la Investigación

Las fases metodológicas comprenden una estructura paso a paso del seguimiento minucioso de los objetivos específicos ya establecidos, con los que se pretende cumplir la meta final de esta investigación, como lo es el cumplimiento de los objetivos trazados.

Fase I: Estudio de la instalación y programación del PLC S7-300 Siemens.

- Diagnóstico de la disponibilidad de los equipos siemens S7-300 en el laboratorio.
- Estudio del software de programación STEP-7 Professional.
- Estudio del funcionamiento de la interfaz de comunicación MPI de Siemens.
- Diagnóstico de la(s) topología(s) a utilizar y el tipo de red.

Fase II: Desarrollo de las prácticas de laboratorio.

- Diseño de prácticas y redacción del material que contenga, tantas actividades de pre laboratorio, laboratorio y post-laboratorio.
- Estudio del funcionamiento y montaje del panel HMI TP 177b
- Estudio de los softwares de programación WinCC Flexible y Wonderware Intouch.
- Desarrollo de la programación y diseño de la interfaz gráfica adaptada a las prácticas a realizar.

Fase III: Montaje del módulo de PLC Siemens S7-300 y las pantallas HMI's.

- Diseño de una estructura portátil donde se puedan instalar adecuadamente todos los elementos necesarios para la implementación de las prácticas como el PLC S7-300 y los paneles HMI's.
- Diagnóstico de la factibilidad técnica y económica para realizar el montaje de los PLC's Siemens S7-300 y HMI's en estructuras.
- Verificación del funcionamiento de todo el sistema para garantizar el montaje de las prácticas sin ningún inconveniente.

Fase IV: Elaboración de planta piloto (maqueta)

- Diagnóstico de la factibilidad económica para realizar el montaje de la planta piloto.
- Desarrollo de una estructura móvil para la colocación de los diferentes dispositivos, actuadores sensores y demás elementos.
- Verificación del correcto funcionamiento del proceso para manipular las diferentes variables del sistema.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Para dar cumplimiento a los objetivos establecidos y las fases planteadas en capítulo III se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo de grado.

4.1 Estudio de la instalación y programación del PLC Siemens S7-300

4.1.1 Determinar la disponibilidad de los equipos siemens S7-300 en el laboratorio.

Para comprobar la disponibilidad de los equipos Siemens S7-300 fue necesario recopilar y analizar información acerca de la disponibilidad del Autómata S7-300, pantalla HMI TP 177b siemens y los componentes necesarios para su correcto funcionamiento como conectores, cables, protocolos de comunicación, módulos digitales, módulos analógicos, fuentes y software existentes en el laboratorio, para ello se realizó una encuesta a profesores de la asignatura de automatización de la escuela de electrónica. Tal como se demuestra en el anexo A mediante un cuestionario. Para el estudio y programación del PLC Siemens S7-300, se consultó con los profesores de la Cátedra de automatización acerca de la instalación y programación del mismo a través de la web, libros, revistas, enciclopedias, manuales e información de profesores y técnicos relacionados con el tema. A partir de dicha información, se resumieron los aspectos más resaltantes referidos a los equipos Siemens presentes en el Laboratorio de Automatización Industrial II, los cuales se describen a continuación a través de la tabla 1, los equipos disponibles en el laboratorio de Automatización Industrial.

Tabla1. Equipos disponibles en el laboratorio de Automatización Industrial.

Equipo disponibles	Cantidad	Observación
CPU 312C	4	-
Módulo analógico SM 334.	4	-
Módulo de entradas DI SM 321.	1	-
Módulo de salidas DO SM 322.	1	-
Fuente de alimentación PS 307-24VDC/5 A.	4	-
Modulo1 Armado.	1	-
Borneras de 20 polos	Faltan 3	Se necesitan 3
Panel TP 177 B	1	-
Panel OP 77B	1	-
CP 343-1 LEAN.	1	-
Conectores profibus	6	-
Cable profibus para red MPI	1	-

Fuente: Zerpa y Sandoval 2015

4.1.1.1 CPU 312C.

Es un controlador compacto creado y desarrollado por la empresa alemana Siemens. Esta CPU se caracteriza por tener gran capacidad de procesamiento y cuenta con 10 entradas y 6 salidas discretas. Además posee dos salidas de 2.5 KHz, dos contadores rápidos de 10 KHz, una memoria interna de 16KB y otra de 64 KB ampliable hasta 8 MB. Cabe destacar que es necesario insertar una Micro Memory Card SIMATIC, la cual sirve para guardar bloques lógicos y bloques de datos, así como información de sistema para su funcionamiento.

Para esta CPU el software de programación usado es STEP 7 con los siguientes editores: AWL, FUP, KOP, SCL, GRAPH y HiGRAPH. Además cuenta con una memoria integrada en la CPU, no es ampliable y su función es procesar los códigos y los datos del programa de usuario. Este procesamiento tiene lugar en el área de memoria de trabajo y en la memoria del sistema. En la figura 3 se observa una CPU 312C Siemens.



Figura 3: CPU 312C SIEMENS.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la tabla 2 se muestran los datos técnicos del CPU 312C.

Tabla 2. Datos técnicos del CPU 312C

Especificaciones técnicas del CPU 312C	
Dimensiones específica (An*A*P)	80 x 125 x 130.
Conector frontal	40 polos.
Contadores	2 codificadores incrementales 24 V/10KHz.
Salidas de pulsos	2 canales para PWM a una frecuencia máxima de 2,5 KHz
Medida de frecuencia	2 canales a una frecuencia máxima de 10 KHz
Módulos por bastidor	8
Tiempo de ejecución	
Palabras	0,24µs
Aritmética coma fija	0,32µs
Aritmética coma flotante	1,1µs
Temporizadores y contadores	
Número	256
Configurable	Sí
Predeterminado	De Z0 a Z7
Rango de conteo	0 a 999
Bloques de Organización	
OBs de ciclo libre	1 (OB 1)
Obs de alarma horaria	1 (OB 10)
OBs de alarma de proceso	1 (OB 40)
OBs de arranque	1 (OB 1)
OBs de error asíncrono	4 (OB 80, 82, 85 87)
OBs de error síncrono	2 (OB 121, 122)
Rangos para los direccionamientos	
Direccionamiento de E/S	1024/1024 Bytes
Rango para E/S de proceso	128/128 Bytes
Canales digitales	266
Canales analógicos	64

Fuente: Sistema de Automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

En la figura 4 se muestran los elementos de mando y señalización de CPU 312C. Además se memoria SD la cual es portátil y es de sumo cuidado en su manipulación ya que ella contiene los programas que se van cargando al autómatas y el daño de la misma generaría una pérdida de programación que se le haya realizado.

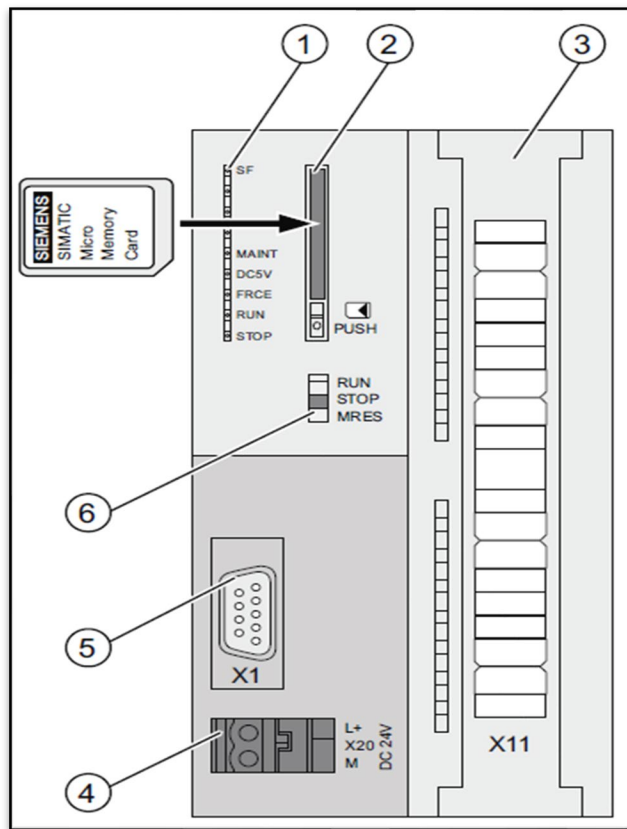


Figura 4: Elementos de mando y señalización de CPU 312C

Fuente: Sistema de Automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

Contenido de la figura 4:

- 1- Indicadores de estado y error.
- 2- Ranura de la Micro Memory Card SIMATIC con expulsor.
- 3- Conexiones de las entradas y salidas integradas.
- 4- Conexión para la fuente de alimentación.
- 5- Interfaz X1 (MPI).
- 6- Selector de modo.

En la figura 5 se pueden apreciar las entradas y salidas digitales integradas con -puertas frontales abiertas del PLC S7-300, el cual contiene 10 entradas digitales y 6 salidas discretas.

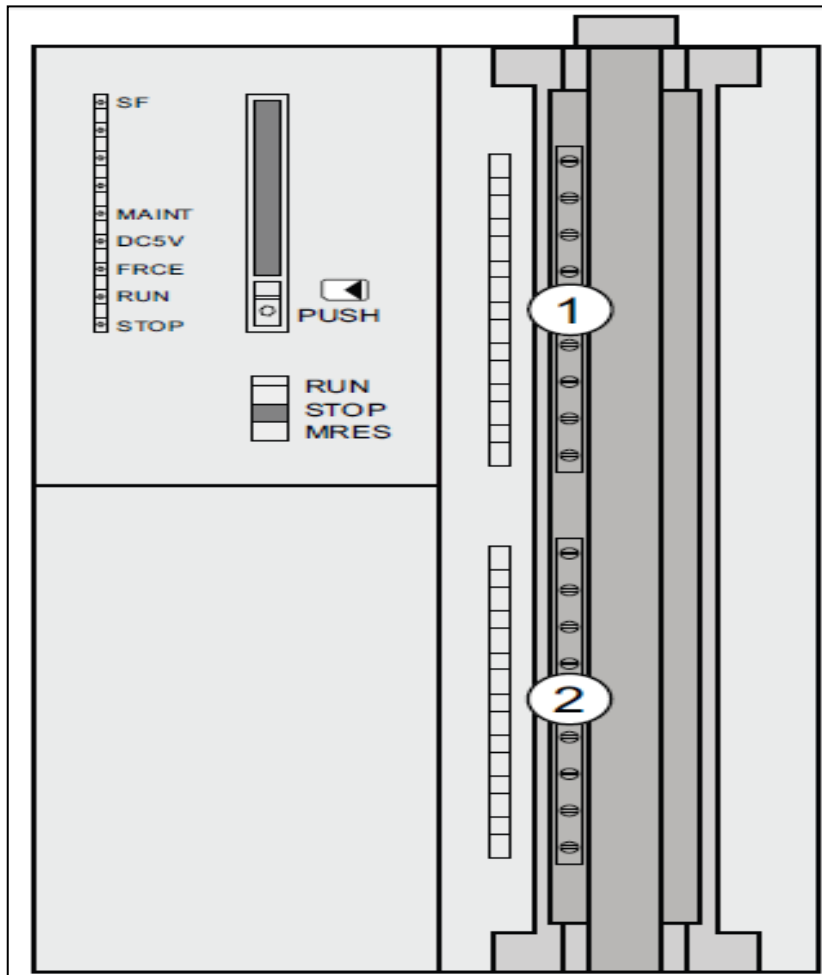


Figura 5: Entradas y salidas digitales integradas

Fuente: Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto

Contenido de la figura 5:

1. Entradas digitales (PIN 12 a PIN 10)
2. Entrada digital (PIN 11) y Salidas digitales (PIN 11 a PIN 19)

A continuación se presenta en la tabla 3 el estado de la CPU 312C, la cual refleja a través de los diferentes LED de señalización el estado del autómata.

Tabla 3: Estado de la CPU 312C.

Función de Estado	Estado	Color
Error de hardware o software	SF	Rojo
Mantenimiento solicitado (sin función).	MAINT	Amarillo
La alimentación de 5 V para la CPU S7-300 (funciona correctamente)	DC5V	Verde
LED encendido: petición de forzado permanente activo. LED parpadea a 2Hz: función test de intermitencia de la estación.	FRCE	Amarillo
CPU en RUN El LED parpadea a 2 Hz al arrancar y a 0,5 Hz en el modo de parada	RUN	Verde
CPU en STOP o bien en PARADA o arranque	STOP	Amarillo

Fuente: Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto

En la Tabla 4 se presenta el selector de modo de la CPU 312C. En la misma se tienen las diferentes posiciones como lo son RUN, STOP, MRES y acción de ejecución de cada una de ellas.

Tabla 4. Selector de modo de la CPU 312C.

Posición	Acción
RUN	La CPU procesa el programa de usuario
STOP	La CPU no procesa el programa de usuario
MRES	Posición no enclávable del selector de modo para el borrado total de la CPU. Requiere una secuencia especial de operación.

Fuente: Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

4.1.1.2 Módulo analógico SM 334.

Es un módulo que está formado por 4 entradas y 2 salidas analógicas, con una resolución de 8 bits, el cual ofrece la posibilidad de medir y proveer salidas de tensión y corriente. No siendo parametrizable, el módulo debe ser configurado

mediante el cableado, es decir, en cada canal de entrada o de salida existen dos disposiciones distintas de los conductores dependiendo de la medición o salida que se va a utilizar. En el módulo analógico SM 334, se tienen los rangos de medición 0 a 10 voltios y 0 a 20 mA ya sea para voltaje o corriente se ajustándose al canal de entrada correspondiente. Pero la resolución es más baja que en los demás módulos analógicos y no tiene rangos de medición negativos.

Cuando se realizan las conexiones del SM334 la tierra del chasis MANA (terminal 15 o 18) debe ser conectada a la tierra del chasis M del CPU y/o del módulo de interfaz (IM). Si no hay conexión a tierra entre MANA y M el módulo analógico se apagará. Las entradas se leerán como 7FFFH y las salidas darán un valor de 0. Por seguridad se recomienda aterrizar el módulo, ya que sin ella podría ocasionarse fallos o daños permanentes en el mismo. Cabe destacar que los canales de entradas no cableados tienen que cortocircuitarse y deberían enlazarse con MANA. Así se consigue una protección óptima para el módulo analógico contra las perturbaciones. Además es importante verificar que la tensión de alimentación de la CPU y el módulo de interfaz IM no está conectada con la polaridad invertida, ya que esto causa la destrucción del módulo debido a que la MANA está sujeta a un alto potencial no autorizado (24V). En la figura 6 se muestra el módulo de entradas y salidas analógicas SM 334 AI4/AO2 x 8/8 bits.



Figura 6: Módulo de entradas y salidas analógicas SM334 AI4/AO2 x 8/8 bits.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

4.1.1.3 Datos técnicos del Módulo Analógico SM 334.

A continuación se muestra la información sobre las características del módulo analógico SM 334 en el que se puede apreciar los datos específicos de; tensión, intensidad, los datos formación de valores a la entrada, y salida. En la Tabla 5 se presenta los datos específicos del módulo SM 334.

Tabla 5. Datos específicos del módulo SM 334.

Especificaciones técnicas del módulo SM 334	
Número de entradas	4
Número de salidas	2
Rango de medidas	0-10V o 0- 20mA
Resolución	8 bits
Datos de Tensión, Intensidad y Potencia	
Tensión nominal	24 V DC
Aislamiento Galvánico	
• Entre canales y bus de fondo	No
• Entre canales y alimentación	Si
Entre canales	No
Diferencia de potencial admisible	
• Entre entradas y MANA	1 V DC
• Entre entradas	1 V DC
Aislamiento ensayado	500 V DC
Consumo	
• Del bus de fondo	Máx. 55 mA
• De alimentación y carga	Máx. 110 mA
Disipación del módulo	3 W

Fuente: SIEMENS SIMATIC Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

Tabla 5. Datos específicos del módulo SM 334. Continuación.

Datos de valores a la entrada	
Resolución	8 bits
Periodo de integración/tiempo de conversión • Parametrizable • Período de integración en μs	No <500
Tiempo de ejecución básico de las entradas	Máx. 5ms
Constante de tiempo del tiempo de entrada	0,3ms 0,3ms 3,0ms
Datos de valores a la entrada	
Resolución	8 bits
Periodo de integración/tiempo de conversión • Parametrizable • Período de integración en μs	No <500
Tiempo de ejecución básico de las entradas	Máx. 5ms
Constante de tiempo del tiempo de entrada	0,8ms

Fuente: SIEMENS SIMATIC Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

En la figura 7 que se presenta a continuación se refleja una vista del módulo y diagrama de bloques del SM334 AI4/AO2 x 8/8 bits.

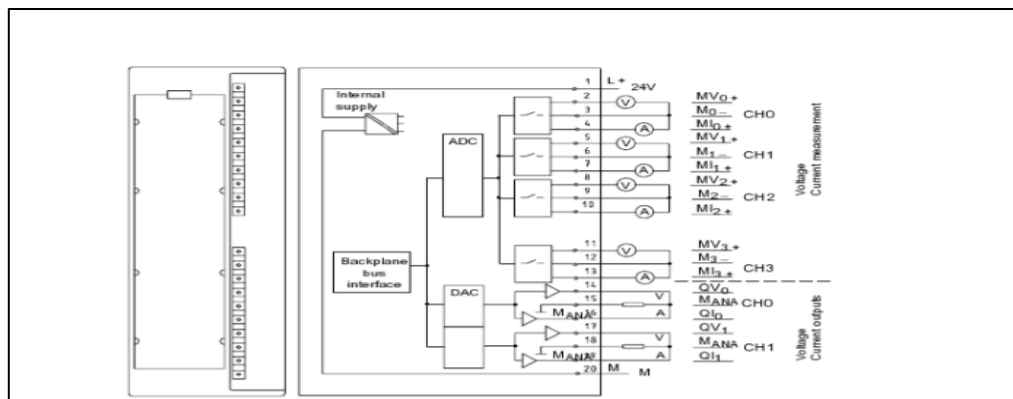


Figura 7: Vista del módulo y diagrama de bloques del SM 334 AI4/AO2 x 8/8 bits.

Fuente: Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

La figura 8 muestra una vista posterior del módulo analógico SM-334 perteneciente al laboratorio de automatización.

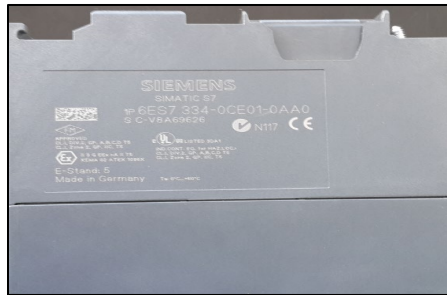


Figura 8: Vista posterior del módulo analógico SM 334.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

4.1.1.4 Módulo de entradas DI SM 321.

Este módulo cuenta con 16 entradas discretas, aisladas en grupos de 8, a 24 VDC de tensión nominal de entrada. Se encarga de recibir las diferentes variables que vienen del proceso como por ejemplo un final de carrera, sensores, interruptores o cualquier otro dispositivo que entregue una señal discreta con la finalidad de procesar el dato el cual está representado por un bit, para ser utilizado de acuerdo a la lógica de programación que se tenga. En la figura 9 se muestra el módulo de entradas digitales DI SM 321.



Figura 9: Módulo de entradas digitales DI SM 321.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 10 se observa vista del módulo y diagrama de bloques del módulo SM-321; DI 16 x 24VDC. Para su correcta conexión física ya que una incorrecta conexión provocaría daños en el modulo de entradas analogicas.

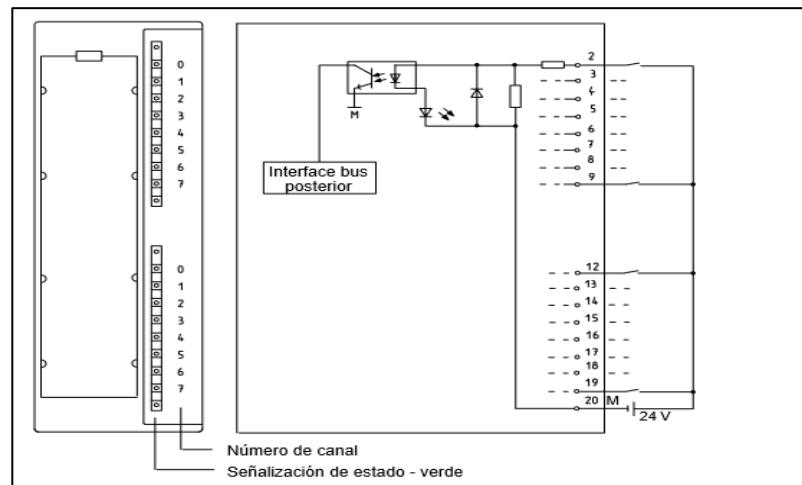


Figura 10. Vista del módulo y diagrama de bloques del módulo SM 321.

Fuente: S7 300 Programmable Logic Controller Module Specifications. (Manual)

En la tabla 6 se muestran las especificaciones técnicas el modulo SM-321.

Tabla 6: Especificaciones técnicas el modulo SM 321.

Especificaciones técnicas el modulo SM 321	
Dimensiones (A*A*P)	40 x 125 x 117.
Número de entradas	16
Admite operación temporizada	No
Longitud de cables apantallado	1000 m máximo
Longitud de cables no apantallado	600 m máximo
Número de entradas que pueden ser disparadas simultáneamente: En configuración horizontal a 60° C	16

Fuente: Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

Tabla 6: Características técnicas el modulo SM 321. Continuación.

Características técnicas el modulo SM 321	
Número de entradas que pueden ser disparadas simultáneamente: En configuración verticalmente a 40° C	16
Aislamiento Entre canales y el bus de conexión posterior:	Si
Diferencia de potencial permitida entre los distintos circuitos	75 VDC / 60 VAC
Consumo de corriente	10mA máximo
Disipación de potencia del módulo	3,5 mW típicos
Tensión de entrada valor nominal	24 VDC
Tensión de entrada para nivel lógico	“1”: 13 a 30V
Corriente de entrada	A nivel lógico ALTO: 7 mA típicos.
Retardos de entrada	De “0” a “1”: 1,2 a 4,8 ms

Fuente: Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

4.1.1.5 Módulo de salidas DO SM 322.

El SM 322 es un módulo de 16 salidas digitales con aislamiento galvánico en grupo de 8, con una intensidad de salida de 0,5 amperios, adecuado para electroválvulas, contadores de corriente continua y lámparas de señalización. Este módulo es usado para poner a su salida señales digitales comandadas desde el controlador o CPU hacia el proceso a través de opto acopladores. Convierte niveles de señales interna del S7-300 en niveles de señales externas requerido para el proceso. La figura 11 da a conocer la imagen del módulo SM 322.

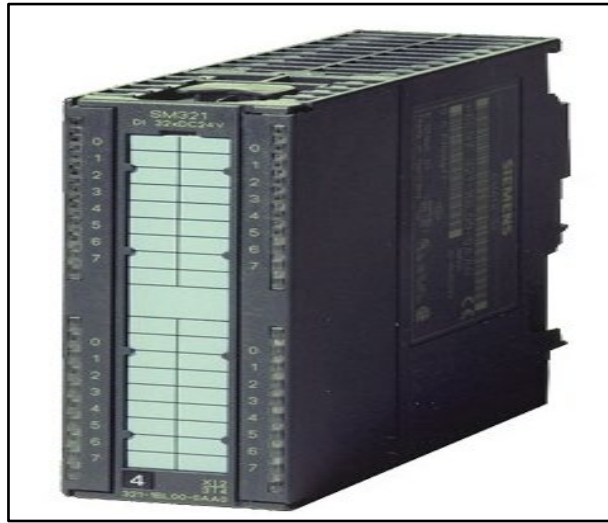


Figura 11. Módulo de salidas DO SM 322.

Fuente: <http://www.carven-shop.com/180-sm322-32sd-24v-dc-05a-siemens.html>.

A continuación se muestra en la figura 12 el diagrama de bloques del módulo SM 322; DO 16 x 24 VDC/0.5 A.

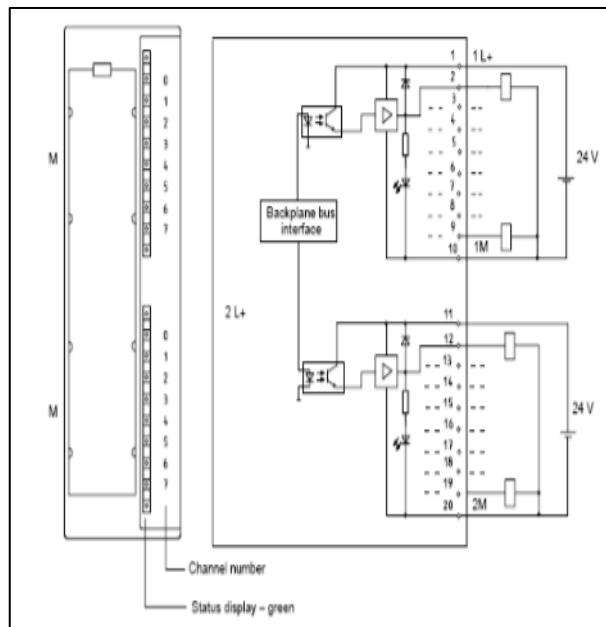


Figura 12: Diagrama de bloques del módulo SM 322; DO 16 x 24VDC / 0.5 A.

Fuente: S7 300 Programmable Logic Controller Module Specifications.

En la tabla 7 se presentan las especificaciones técnicas del módulo SM 322. El cual se detallan las características y parámetros para su buen funcionamiento.

Tabla 7. Especificaciones técnicas del módulo SM 322.

Especificaciones técnicas del módulo SM 322	
Número de salidas	16
Longitud del cable • Sin apantallar • Apantallado	Máx. 600 metros Máx. 1000 metros
Datos de tensión intensidad y potencia del módulo	
Tensión nominal de carga L+	24 V DC
Intensidad total de las salidas • Montaje horizontal Hasta 40 °C • Montaje vertical Hasta 40 °C	Máx. 4 A Máx. 3 A Máx. 2 A
Aislamiento galvánico • Entre canales y bus de fondo • Entre canales • En grupos de	Si Si 8
Diferencia de potencial admisible • Entre circuitos diferentes	75 V DC / 60 V AC
Aislamiento ensayado con	500 V DC
Consumo • Del bus de fondo • De la tensión de carga L+	Máx. 80 mA Máx. 80 mA
Disipación del módulo	4,9W

Fuente: SIEMENS SIMATIC Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

Tabla 7. Especificaciones técnicas del módulo SM 322. Continuación.

Dimensión	
Ancho x altura x profundidad	40x125x117
Peso	Aproximadamente 190 gramos

Fuente: SIEMENS SIMATIC Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

4.1.1.6 Fuente de alimentación PS 307-24VDC/5 A.

La fuente de alimentación PS 307 no es más que un convertidor de tensión, la cual se encarga de modificar el voltaje de la red en una tensión de 24 voltios DC para la alimentación del autómatas S7-300 y suministrar la tensión necesaria para los módulos del PLC. Esta fuente puede ser conectada de dos maneras, la primera en un riel junto con el resto de los componentes del sistema S7-300, en cuyo caso debe ocupar el lugar más a la izquierda, porque de otra manera el bus de conexión posterior se ve interrumpido o bien puede ser instalada de forma independiente en un riel dedicado. La fuente PS 307 posee un rendimiento de 87 % bajo tensión e intensidad nominal con una disipación de 18W y está limitada para trabajar en un ambiente entre 0 a 60 grados. En el panel frontal cuenta con un selector donde se puede seleccionar el nivel de tensión de entrada bien sea para ser utilizada con una entrada de voltaje de 120 VAC o 230 VAC. En la figura 13 se muestra la fuente de alimentación PS 307-24VDC/5 A.



Figura 13. Fuente de alimentación PS 307 5 A.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 14 se muestra el esquema eléctrico PS 307-24VDC/5A

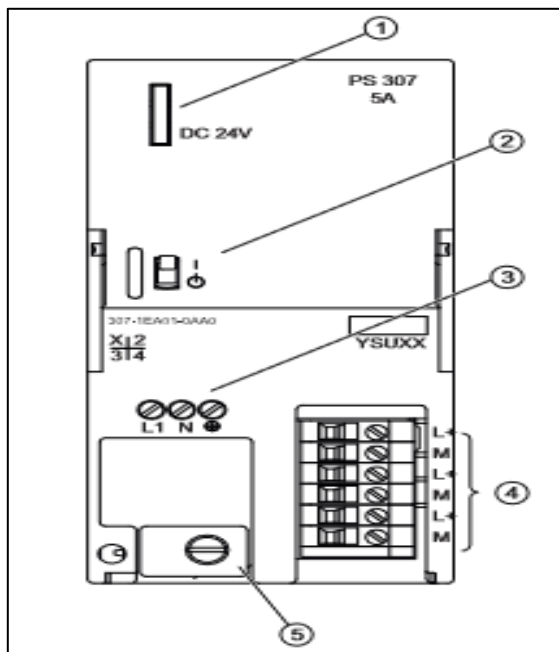


Figura 14: Esquema eléctrico PS 307-24VDC/5^a

Fuente: SIEMENS SIMATIC Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

Leyenda de la figura 14.

1. Indicador de tensión de salida 24VDC aplicada.
2. Interruptor On/Off para 24 V DC
3. Bornes para tensión de red y conductor de protección.
4. Bornes para tensión de red y conductor de protección
5. Alivio de tracción.

En la tabla 8 se aprecian los datos técnicos de la fuente de alimentación PS 307.

Tabla 8: Datos técnicos de la fuente de alimentación PS 307.

Especificaciones técnicas	
Dimensiones A x A x P (mm)	60 x 125 x 120
Peso	aprox. 600 g
Datos técnicos de entrada	
Tensión nominal	120/130V AC ajustable
Margen de tensión	85 a 132V/170 a 264V AC
Frecuencia de red	50/60Hz, 47/63Hz
Intensidad nominal	2,1/3 A
Fusible de entrada	F 4 A 250 A (no accesible)
Automático recomendado en línea de alimentación	≥16A clase C/≥6A clase D
Datos técnicos de salida	
Tensión nominal	24 V DC
Tolerancia total	±3%
Indicador	LED Verde 24 V O.K.
Intensidad nominal	5 A
Conexión en paralelo	No permitida
Retardo de arranque/subida de tensión	< 2 segundos
Valores característicos	
Clase de protección según IEC 536 (DIN VDE 0106, parte 1)	I, con conductor de protección
Tensión nominal de aislamiento (24 V resp. L1)	250 V AC
Compensación de cortes de red (para 93 V ó 187 V)	20ms
Separación eléctrica segura	Circuito SELV
Rendimiento	87 %
Potencia disipada	18 W
Potencia absorbida	138 W

Fuente: SIEMENS SIMATIC Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos Manual del Producto.

4.1.2 Estudiar el software de programación STEP-7 Professional.

El STEP 7 es un software industrial estándar que se utiliza ampliamente para programar y configurar los sistemas de automatización SIMATIC. Este software presenta las siguientes variantes: Un STEP 7 Micro/WIN adaptada para aplicaciones sencillas en sistemas de automatización SIMATIC S7-200 y otro para aplicaciones en sistemas de automatización con ampliadas funciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400. Puede ser instalado en sistemas operativos de Windows 2000 Professional Windows XP Professional, Windows Server 2003 y Windows 7. Este software tiene como objetivo solucionar tareas de automatización en el mismo se pueden crear y gestionar proyectos, configurar y parametrizar el Hardware y la comunicación, crear programas, probar y simular sistemas automatizados diagnosticar fallos entre otros.

El software estándar STEP ofrece una serie de herramientas como lo son:

- Editor de símbolos
- Administrador SIMATIC
- NETPRO comunicación de configuración
- Configuración de Hardware
- Lenguajes de programación (KOP, FUP y AWL)
- Diagnóstico de hardware

4.1.2.1 Editor de símbolos.

Mediante el editor de símbolos es posible gestionar todas las variables globales de un proyecto. Entre ellas cabe mencionar los nombres simbólicos y comentarios para las señales del proceso como: marcas, entradas y salidas digitales o analógicas, bloques, contactos entre otros. Además permite la importación de o hacia otros programas de Windows. Así como también dar acceso a todas las herramientas en la misma como tabla de símbolos o de variables creadas por el programador permitiendo hacer modificaciones de algún parámetro o símbolo.

4.1.2.2 Administrador SIMATIC

Este se encarga de gestionar todos los datos relacionados a la tarea de automatización desde la configuración del Hardware, como diagnóstico de comunicación, programación, transferencia de datos al autómata entre muchas más.

4.1.2.3 Diagnóstico del Hardware

El diagnóstico del Hardware permite reconocer si algún módulo que se intenta cargar o reconocer por el software es el correcto o si posee algún daño o avería antes de cargar la programación a la memoria del autómata. De poseer algún fallo al reconocer el Hardware se puede hacer doble clic en el módulo averiado para visualizar la información detallada sobre el error.

4.1.2.4 Lenguajes de programación

El STEP 7 cuenta con los siguientes lenguajes de programación para S7-300/400:

- **KOP:** También llamado lenguaje de escalera o esquema de contactos es un lenguaje de programación de tipo gráfico. Sus instrucciones son muy similares a la de un esquema de circuitos. Este tipo de lenguaje permite observar la circulación de corriente a través de los diferentes elementos que los componen como contactos y bobinas.
- **AWL:** Es un lenguaje de programación textual es del tipo lista de instrucciones. Un programa creado en AWL sus instrucciones son equivalentes en gran medida a los pasos como una CPU ejecuta un programa.
- **FUP:** Es un lenguaje de programación gráfico del tipo diagrama de funciones el cual utiliza los cuadros de álgebra booleana para representar la lógica. Además permite representar funciones complejas como funciones matemáticas mediante cuadros lógicos.

También en el SIMATIC S7-300/400 se dispone de otros lenguajes de programación opcionales como lo son:

- **S7-GGRAPH:** Este es un lenguaje de programación que permite describir cómodamente controles secuenciales en forma de cadenas o cascadas. Dividiendo el proceso en diferentes etapas las cuales son controladas través de una transición.
- **S7-Hi-GGRAPH:** Es un lenguaje de programación que se emplea para procesos asíncronos y no secuenciales en forma de grafos de estado. Lo que es lo mismo decir que mediante este tipo de lenguaje es posible saltar de un estado a otro sin llevar una secuencia en cascada. Para ello se divide la instalación en unidades funcionales que pueden adoptar diversos estados.
- **S7-SCL:** Es un lenguaje textual de alto nivel que contiene estructuras similares a las de un lenguaje en Pascal y C. es un lenguaje apropiado para usuarios que estén acostumbrados a utilizar lenguajes de nivel superior. Dentro de sus grandes beneficios se encuentran programar funciones repetitivas o de alta complejidad. (Manual STEP 7, 2006).

4.1.2.5 Configuración de Hardware

Es necesario para cualquier programación que se vaya a realizar en el STEP 7 la configuración de hardware aunque solo se trate de un proyecto que se vaya a simular es decir, sin el uso del autómatas en físico. Para ello es necesario parametrizar los diversos elementos que componen el proyecto mediante las siguientes funciones:

Para configurar el sistema de automatización se eligen los bastidores o racks mediante el catalogo electrónico que poseen las librerías del SIMATIC y luego se le asignan los módulos seleccionados a los slots de cada bastidor.

4.1.2.6 NetPro

Es una herramienta integrada en el STEP 7 que permite configurar la red de comunicación de manera sencilla. A través del NetPro se puede crear una representación gráfica de la red, definir los parámetros de cada subred, establecer las propiedades de cada estación de los módulos que estén conectado a la red y documentar la configuración de la red.

4.1.2.7 Esquema de contactos KOP.

Es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

El lenguaje KOP se suele indicar mediante los caracteres tales como B ó M las bobinas y las marcas como contactos asociados a las mismas. Su utilidad fundamental es la de almacenar información intermedia para simplificar esquemas y programación. Los bits de sistema son contactos que el propio autómata activa cuando conviene o cuando se dan unas circunstancias determinadas. El STEP 7 muestra su interfaz en forma de segmentos tal como se muestra en la figura 15.

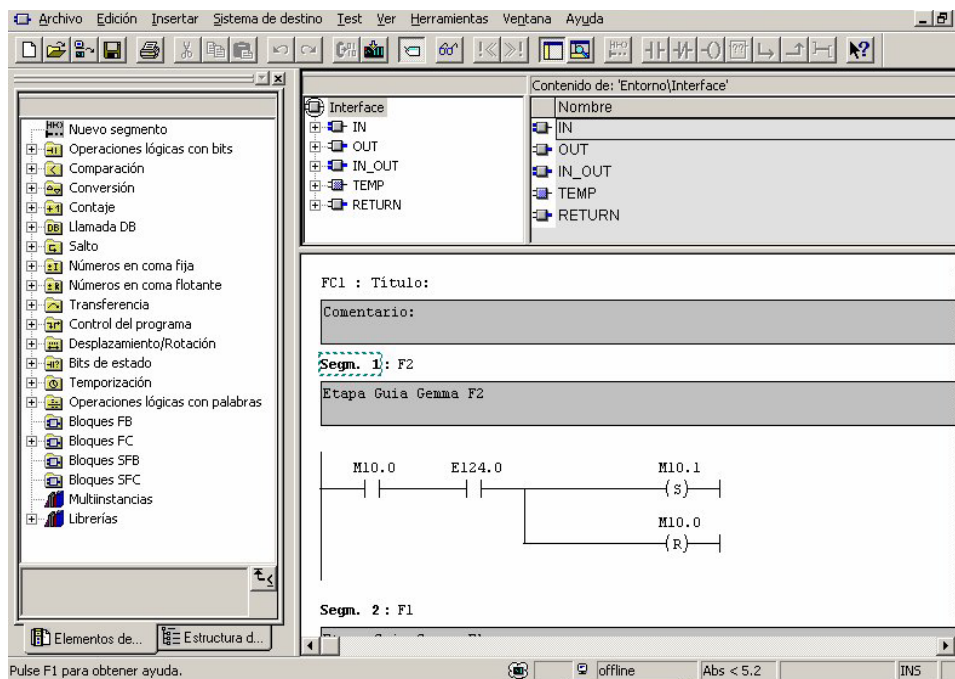


Figura 15: Captura de un programa de contactos en STEP 7.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Para el almacenamiento de los datos se requiere de variables. El STEP 7 se encuentra equipado con un conjunto de variable entre ellas:

➤ Variable predefinidas (bit, byte o Word)

Entradas (E)

Salidas (A)

Salidas internas o marcas (M)

➤ Variables no predefinidas

En este caso el programador puede asignar un nombre y un tipo.

4.1.2.8 Definición de Marcas.

Son bits internos que contiene la CPU los cuales son limitados por la memoria y de la CPU que se esté utilizando las marcas se definen con la letra M.

Ejemplo: M 0.0, M 0.1, M0.2...

En la tabla 9 se muestra una lista de operaciones lógicas con bits.

Tabla 9: Lista de operaciones lógicas con bits.

Lista de operaciones lógicas con bits	
Contacto normalmente abierto	--- ---
Contacto normalmente cerrado	--- /---
Cargar resultado lógico (RLO) en registro RB	--- / ---
XOR O-exclusiva	---()
Bobina de relé, salida	---()
Conector	---(#)---
Invertir resultado lógico (RLO)	--- NOT ---
Operaciones reaccionan ante un RLO de 1	
Activar salida	---(S)
Desactivar salida	---(R)
Operaciones reaccionan ante un cambio de flanco positivo o negativo	
Detectar flanco 1 --> 0	---(N)---
Detectar flanco 0 --> 1	---(P)---
Detectar flanco de señal negativo (1 --> 0)	NEG
Detectar flanco de señal positivo (0 --> 1)	POS

Fuente: Manual STEP 7 Siemens

A continuación se destacan los bloques más relevantes utilizados en el desarrollo de las prácticas del apéndice C.

4.1.2.9 Bloque FC 105

Debido a la necesidad de manejar variables analógicas en la planta piloto es necesario conocer la función de este bloque. El cual permite leer un valor analógico proveniente de un módulo de entradas analógicas y colocarlo a disposición de su salida en función del rango de entrada previamente a los límites ajustados.

El bloque FC 105 se caracteriza por tomar un valor entero (IN) y la convertirlo en un valor en unidades de ingeniería escaladas entre un mínimo y un límite alto (LO_LIM y HI_LIM). El resultado se escribe en OUT. La función ESCALA utiliza la siguiente ecuación:

$$OUT = [((FLOAT(IN) - K1) / (K2 - K1)) * (HI_LIM - LO_LIM)] + LO_LIM$$

Las constantes K1 y K2 se basan en si el valor de entrada es Bipolar o unipolar.

- **BIPOLAR:** El valor entero de entrada se supone que es entre -27648 y 27.648, por lo tanto, $K1 = -27648.0$ y $K2 = 27648.0$

- **UNIPOLAR:** Se supone que el valor entero de entrada va estar entre 0 y 27.648, por lo tanto, $K1 = 0.0$ y $K2 = 27648.0$. Si el valor entero de entrada es mayor que K2, la salida (OUT) se fija a HI_LIM, y se devuelve un error. Si el valor entero de entrada es menor que K1, la salida se fija sujeta a LO_LIM, y se devuelve un error. El escalamiento inverso se puede obtener mediante el $LO_LIM > HI_LIM$ programación. Con escalado inverso, el valor de la salida disminuye a medida que el valor de la entrada aumenta. La figura 16 ilustra bloque SCALE FC 105. (Manual STEP 7, 2006).

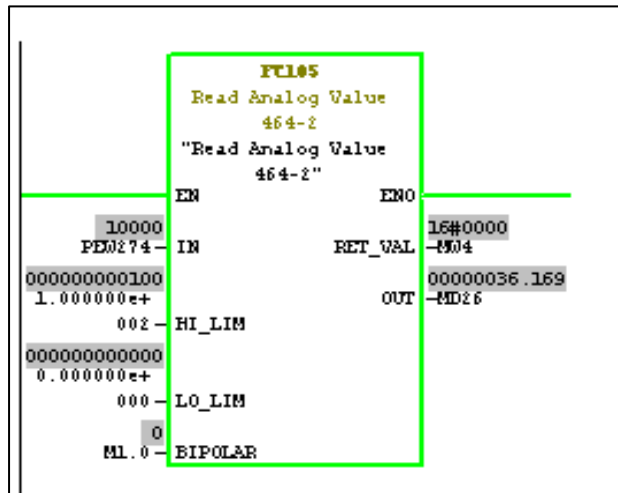


Figura 16. Ejemplo de un bloque SCALE FC 105

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

4.1.2.10 Bloque de Función Unscale FC106

La función del bloque FC106 es tomar un valor de entrada real (IN) en unidades de ingeniería reducido entre un mínimo y un límite alto (LO_LIM y HI_LIM) y la convierte a un valor entero. El resultado se escribe en OUT. La función Unscale utiliza la siguiente ecuación:

$$OUT = [((IN - LO_LIM) / (HI_LIM - LO_LIM)) * (K2 - K1)] + K1$$

Las constantes K1 y K2 se basan en si el valor de entrada es

Bipolar o unipolar.

- **BIPOLAR:** El valor entero de salida se supone que es entre -27648 y 27.648; Por lo tanto, K1 y K2 = -27648,0 = 27648.0
- **UNIPOLAR:** Se supone que el valor entero de salida para estar entre 0 y 27.648; Por lo tanto, K1 y K2 = 0,0 = 27648.0 Si el valor de entrada está fuera del rango LO_LIM y HI_LIM, la salida (OUT) se sujeta a la más cerca de o bien el límite inferior o el límite alto de la rango especificado para su tipo (BIPOLAR o UNIPOLAR) y un error es devuelto. En la figura 17 se destaca un Bloque de Función Unscale FC106. (Manual STEP 7, 2006).

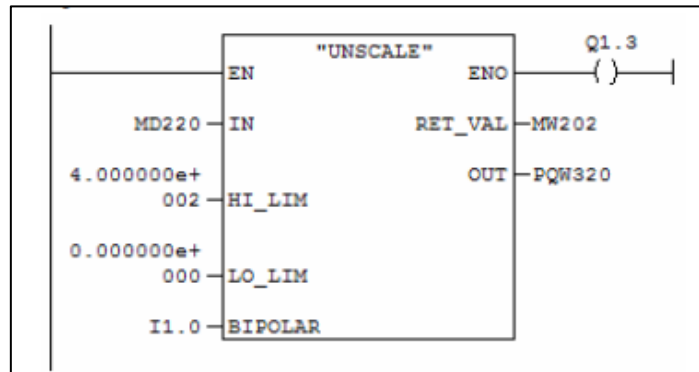


Figura 17. Ejemplo de un bloque Unscale FC106

Fuente: Pagina Web.

4.1.2.11 Temporizador de retardo a la conexión (SE)

Este es equivalente al temporizador S_EVERZ. Cuando la señal de activación produce un flanco positivo, el temporizador arranca con el valor de temporización programado. El valor de salida será 1 mientras la entrada de activación sea 1. Si la señal de activación pasa de 0 a 1 el temporizador se para y la salida se hace 0. (Manual STEP 7, 2006).

En la figura 18 se muestra un temporizador de tipo S_EVERZ.

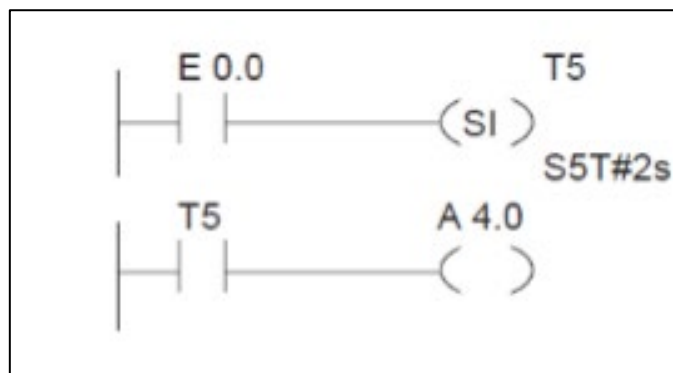


Figura 18. Temporizador S_EVERZ

Fuente: Manual STEP 7.

4.1.2.12 Temporizador de retardo a la conexión con memoria (SS)

El temporizador SS es equivalente al temporizador SE. El funcionamiento es similar. La diferencia está en que el funcionamiento del temporizador es independiente de la entrada. Este temporizador una vez arrancado (flanco positivo a la entrada) continúa con el valor de temporización aunque la entrada cambie a 0 antes de finalizar el tiempo. La salida es 1 cuando finaliza el tiempo programado. El temporizador arranca (dispara) nuevamente con el valor indicado o si el RLO cambia de 0 a 1 mientras el temporizador está en marcha. (Manual STEP 7, 2006).

En la figura 19 se muestra el temporizador de retardo a la conexión con memoria.

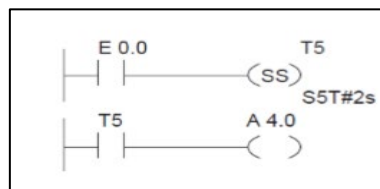


Figura 19. Temporizador con memoria (SS)

Fuente: Manual STEP 7.

Si el estado de señal de la entrada E 0.0 cambia de 0 a 1 (es decir, si se produce un flanco positivo en el RLO), el temporizador T 5 arranca. El temporizador continúa funcionando aunque cambie de 1 a 0 en la entrada E 0.0. Si el estado de señal de E 0.0 cambia de 0 a 1 antes de finalizar el tiempo, el temporizador arranca nuevamente. El estado de señal de la salida A 4.0 es 1 cuando el tiempo ha finalizado.

4.1.2.13 Programación estructurada

La programación estructurada se refiere al control de ejecución de un programa. La regla general es que las instrucciones se ejecuten sucesivamente una tras otra, pero diversas partes del programa se ejecutan o no dependiendo de que se cumpla alguna condición. Además, hay instrucciones (los bucles) que deben ejecutarse varias veces, ya sea en número fijo o hasta que se cumpla una condición determinada. (Rodenas, 2008).

Algunos lenguajes de programación más antiguos como Fortran o Basic, se apoyaban en una sola instrucción para modificar la secuencia de ejecución de las instrucciones mediante una transferencia incondicional de su control (con la instrucción goto, del inglés "go to", que significa "ir a"). Pero estas transferencias arbitrarias del control de ejecución hacen los programas muy poco legibles y difíciles de comprender. A finales de los años sesenta, surgió una nueva forma de programar que reduce a la mínima expresión el uso de la instrucción "goto" y la sustituye por otras más comprensibles. Esta forma de programar se basa en un famoso teorema, desarrollado por "Dijkstra E, 1968", que demuestra que todo programa puede escribirse utilizando únicamente las tres estructuras básicas de control siguientes:

- **Secuencia:** El bloque secuencial de instrucciones, instrucciones ejecutadas sucesivamente, una detrás de otra.
- **Selección:** La instrucción condicional con doble alternativa, de la forma " if condición then instrucción-1 Else instrucción-2".
- **Iteración:** El bucle condicional "while condición do instrucción", que ejecuta la instrucción repetidamente mientras la condición se cumpla. Los programas que utilizan estas estructuras de control básicas, se llaman programas estructurados. Esta es la noción clásica de lo que se entiende por programación estructurada (llamada también programación sin goto) que hasta la aparición de la programación orientada a objetos se convirtió en la forma de programar más extendida. Una característica importante en un programa estructurado es que puede ser leído en secuencia, desde el comienzo hasta el final sin perder la continuidad de la tarea que cumple el programa, lo contrario de lo que ocurre con otros estilos de programación.

Cuando en la actualidad se habla de programación estructurada, nos solemos referir a la división de un programa en partes más manejables (usualmente denominadas segmentos, módulos o subrutinas). Así, la visión moderna de un programa estructurado es un compuesto de segmentos, los cuales puedan estar constituidos por unas pocas instrucciones. Cada segmento, módulo o subrutina tiene

solamente una entrada y una salida, asumiendo que no poseen bucles infinitos y no tienen instrucciones que jamás se ejecuten. (Rodenas, 2008).

En el STEP 7, las posibilidades de estructuración del programa pueden ser diversas, tal como indica en la figura 20 donde se muestra la estructura de una programación estructurada.

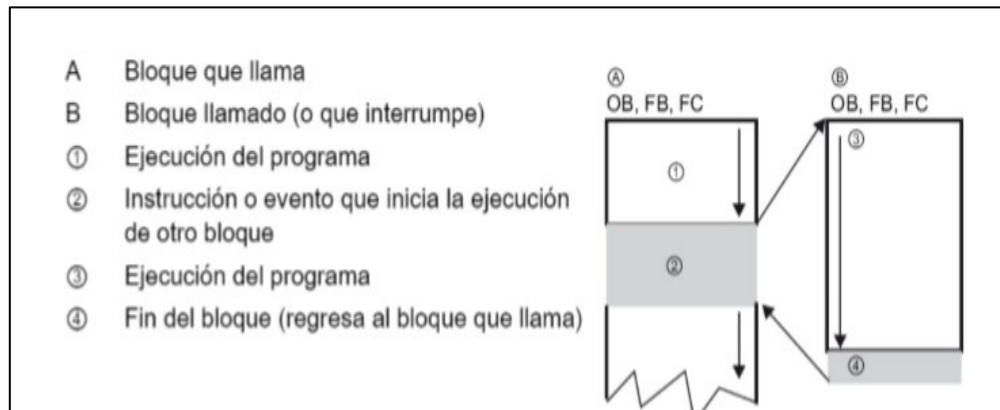


Figura 20: Estructura de la programación estructurada.

Fuente: Manual STEP 7 2006.

Dependiendo de los requerimientos del proceso, el programa puede ser estructurado en bloques diferentes, donde podemos almacenar el programa de usuario y demás datos relacionados.

- **Bloques de organización (OB's).** Estos bloques constituyen la interface entre el sistema operativo del PLC y el programa de usuario. El programa completo puede almacenarse en un OB, que es ejecutado cíclicamente por el sistema operativo (programa lineal) o puede dividirse y almacenarse en distintos bloques (programa estructurado). El programa principal es siempre el bloque de organización llamado OB1.

- **Funciones (FC's).** Una función (FC) es como una subrutina. Una FC es un bloque lógico que generalmente realiza una operación específica con una serie de valores de entrada. La FC almacena los resultados de esta operación en posiciones de memoria. Éstas se utilizan para realizar operaciones estándar y reutilizables, en cálculos

matemáticos, operaciones lógicas, etc. Los FC's se pueden llamar varias veces en diferentes puntos de un programa. Esto facilita la programación de tareas que se repiten con frecuencia. Las FC no tienen bloques de datos DB asociados. STEP 7 dispone de una extensa librería de bloques FC ya programados. Un ejemplo claro son las ya conocidas FC105 y FC106 que hemos utilizado anteriormente para el escalado y desescalado de E/S analógicas.

- **Bloques de función (FB).** Un bloque de función (FB) es como una subrutina con memoria. El FB almacena los parámetros de E/S en una memoria variable integrada en un bloque de datos (DB), o en un DB "instancia". Los bloques de función están concebidos para tareas muy repetitivas o funcionalidades complejas, como tareas de control en lazo cerrado.

- **Bloques de datos (DB).** Los bloques de datos (DB) son áreas de datos del programa de usuario en las que los datos son distribuidos de forma estructurada. En la figura 21 se muestra una comparación de la estructura lineal y la modular de la programación estructurada.

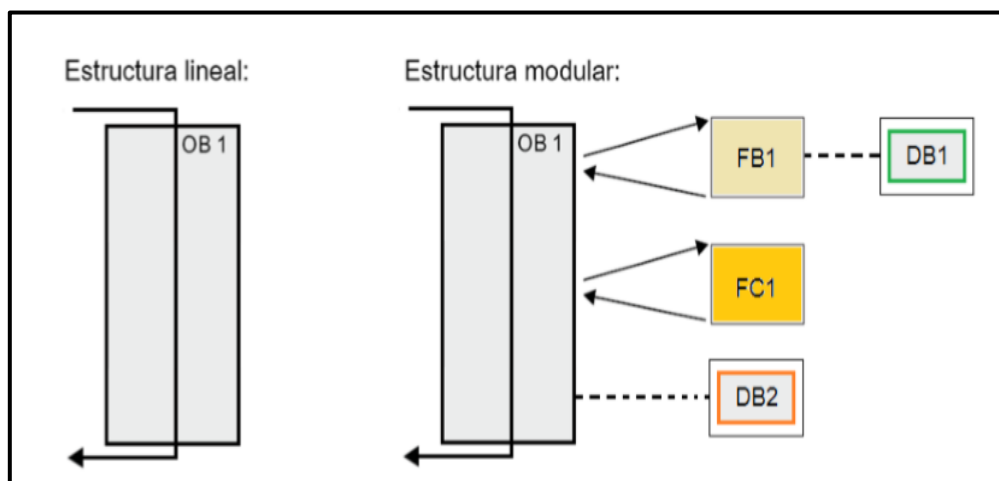


Figura 21: Comparación de la estructura lineal y la modular.

Fuente: Guía del programación del STEP 7, 2006.

4.1.3 Estudiar el funcionamiento de la interfaz de comunicación MPI de Siemens.

4.1.3.1 Estudio del Protocolo MPI

La MPI (Interface MultiPunto) es una de las muchas interfaces de comunicación integradas en el SIMATIC S7. Se trata de una interface de red propia y exclusiva de Siemens, diseñada para la interconexión a través de STEP 7 de equipos industriales tales como equipos HMI (Paneles de Operador), S7-300, M7-300, S7-400 y M7-400. La interface MPI puede utilizarse para uniones simples en redes y permite las siguientes formas de comunicación:

- Con el servicio de Datos Globales, las CPUs interconectadas en red pueden intercambiar datos cíclicamente unas con otras. Una CPU S7-300 puede intercambiar un máximo de 4 paquetes con al menos 22 bytes. En STEP 7 V4.x pueden participar en el intercambio de datos un máximo 15 CPUs.
- La Programación y Diagnostico de errores puede ejecutarse vía MPI desde otros elementos de programación/PCs a todos los PLCs conectados a la red. La MPI de la CPU está directamente conectada al bus interno de comunicaciones (BUS K) del S7-300. Los módulos de Función (FM) y módulos de comunicación (CP) son conmutados directamente por MPI con la conexión Bus-K desde la PG.
- La conexión desde los paneles de operador/estaciones de operador al PLC SIMATIC S7 es muy simple con MPI. Allí, los servicios de comunicaciones son soportados por defecto y ya no son necesarios los FBs estándar de SIMATIC S5. (Manual Siemens, 2004).

4.1.3.2 Características del Protocolo MPI

- Máximo 32 participantes MPI.
- Cada CPU tiene la posibilidad de un máx. de 8 conexiones de comunicación dinámica para la comunicación básica con un SIMATIC S7/M7-300/-400.
- Cada CPU puede operar un máx. de 4 conexiones de comunicación estática con PG/PC, Sistemas SIMATIC HMI y SIMATIC S7/M7-300/400.

- La Velocidad de transmisión de datos va desde 187,5 kbit/s hasta 12Mbit/s.
- Posibilidades flexibles de configuración en el bus o estructura en árbol (con repetidores). (Manual Siemens, 2004).

4.1.3.3 Configuración de una red MPI.

MPI es la interface de comunicación más sencilla que existe entre los equipos S7, y la más económica, ya que no requiere a diferencia de las otras comunicaciones una tarjeta adicional (CP). Se puede transferir o acceder a cualquier zona del mapa de memoria del PLC con el que deseamos comunicarnos, y tan sólo es necesario indicar dónde se desea que se nos dejen los datos leídos o cuales es la fuente de datos a enviar.

La manera más sofisticada para hablar entre procesos, y hacer que unos esperen a otros si es necesario, es posiblemente a través del protocolo de comunicación MPI (*Message Passing Interface*), que sirve para programar tareas en paralelo y permitir que diferentes procesadores se comuniquen por medio de mensajes. Este tipo de comunicación es adecuado para coordinar trabajos que corren en paralelo en varios procesadores. En la imagen 22 se muestra una configuración de una red MPI. (Manual Siemens, 2004).

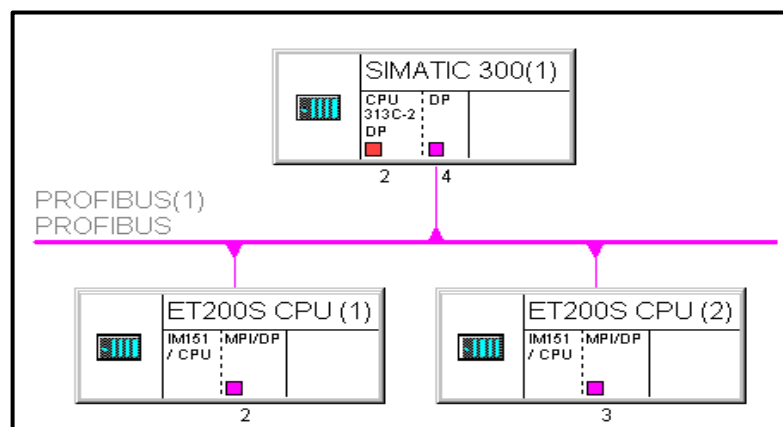


Figura 22. Configuración de una red MPI.

Fuente: <http://www.infoplc.net/descargas/163-siemens/automatas/et200/93-posibilidades-de-comunicacion-entre-2-et-200s-cpus-im151>

4.1.3.4 Puesta en marcha de una red MPI.

Para que todos los nodos puedan comunicarse en la red MPI, se deben seguir las siguientes reglas:

- Cada equipo debe contener una dirección MPI, una dirección MPI máxima y una velocidad de comunicación.
- Todas las direcciones MPI deben ser diferentes.
- La dirección MPI más alta debe de ser mayor o igual a la dirección MPI del último nodo, y la velocidad de transmisión debe de ser igual en todos los nodos.
- En las CPU SIMATIC S7-300, se debe de tener en cuenta que los módulos de comunicación (CPs) y módulos de función (FMs) tienen una dirección MPI única. Esta dirección es asignada automáticamente en la CPU, según como se encuentren los módulos colocados a su derecha en el bastidor. De manera genérica, el direccionamiento de los diferentes módulos sería:

CPU: Dirección MPI

CP/FM1: Dirección MPI + 1

CP/FM2: Dirección MPI + 2

- El acceso directo a los módulos de expansión se realiza a través del dispositivo de programación a través de la CPU en el módulo correspondiente. Este acceso tiene lugar en el S7-300 a través del bus interno de comunicaciones (BUS K). (Manual Siemens, 2004).

4.1.3.5 Propiedades del hardware MPI

- Integrado en la CPU.
- Componentes PROFIBUS.
- Interfaz RS-485.
- Velocidad de transmisión 187,5 Kbps.
- Longitud: 50 m (1000 m con repetidores).

4.1.3.6. Cable PC Adapter USB.

Su función es conectar una computadora con el puerto MPI/DP de un sistema S7/M7/C7 a través de un puerto USB. Para ello no se requiere ninguna ranura adicional en el computador, lo que significa que también es apropiado para computadoras no ampliables. La figura 23 se muestra el adaptador PC/MPI. Para la comunicación entre el PLC y el software de programación. (Manual Siemens, 2004).



Figura 23: Adaptador PC/MPI.

Fuente: <http://www.plcdev.com/book/export/html/597>

4.1.4 Determinar la(s) topología(s) a utilizar y el tipo de red.

4.1.4.1 Topologías de las redes industriales.

La topología de red es la disposición física en la que se conecta una red de ordenadores. Si una red tiene diversas topologías se la llama mixta. En los sistemas industriales se encuentran las siguientes topologías:

- Punto a punto.
- Bus
- Árbol
- Anillo

- Estrella.

(Folleto técnico Siemens, 2008).

En la figura 24 se detallan los tipos topologías que se usan a nivel industrial, como lo son: la topología tipo Bus, estrella, anillo, árbol, malla, doble anillo y mixta. (Folleto técnico Siemens, 2008).

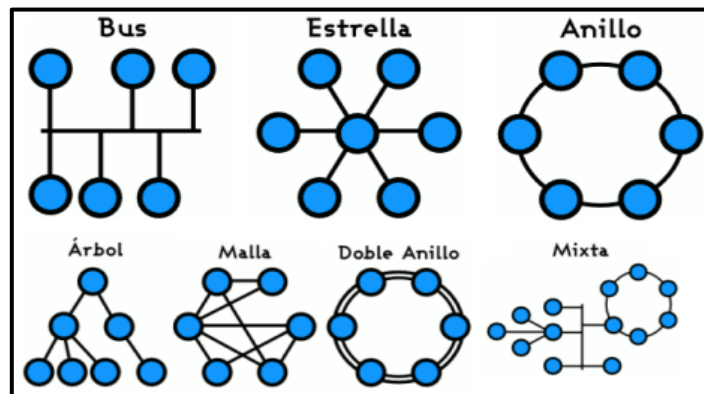


Figura 24: Topologías de redes industriales

Fuente: <http://seguridadeninformaciona.bligoo.com.mx/topologias-de-red>.

Luego de revisar las diferentes topologías de las redes industriales estudiando sus ventajas e inconvenientes se pudo determinar que las más apropiadas para la comunicación de los equipos Siemens a utilizar en el laboratorio de Automatización Industrial, es la topología tipo bus ya que las diferentes estaciones se encuentran interconectadas a través de una línea que es compartida con de los diferentes puntos de la red. También se puede utilizar la topología tipo árbol ya que los conectores y el cable Profibus disponibles lo permiten. Para el caso de esta investigación se utilizará la topología tipo Bus, pudiendo experimentar docentes y estudiantes con la topología árbol y bus según los fines didácticos.

4.1.4.2 Topología tipo Bus

La topología tipo bus es aquella en la que todas las estaciones están conectadas a un único canal de comunicaciones por medio de unidades interfaz y derivadores.

Las estaciones utilizan este canal para comunicarse con el resto. Existe una línea, compartida por todos los nodos de la red. Tan sólo un mensaje puede circular por el canal en cada momento. Si una estación emite su mensaje mientras otro está en la red, se produce una colisión. (Folleto técnico Siemens, 2008).

Ventajas:

- Es simple y de bajo costo de instalación.
- El fallo de un nodo no afecta el funcionamiento del resto de la red.
- Control de flujo sencillo.
- Todos los nodos pueden comunicarse entre sí directamente.
- La ampliación de nuevas estaciones o nodos es sencilla.

Inconvenientes:

- Limitado en la distancia (10 Km), necesidad de repetidores por problemas de atenuación. Posibilidad elevada de colisiones en la red.
- Acaparamiento del medio cuando un nodo establece una comunicación muy larga.
- Dependencia total del canal. Si éste falla, la red se paraliza.
- Aplicaciones:
- Redes industriales.
- Redes LAN Ethernet (obsoleto).

A través de la figura 25 se muestra la topología tipo bus

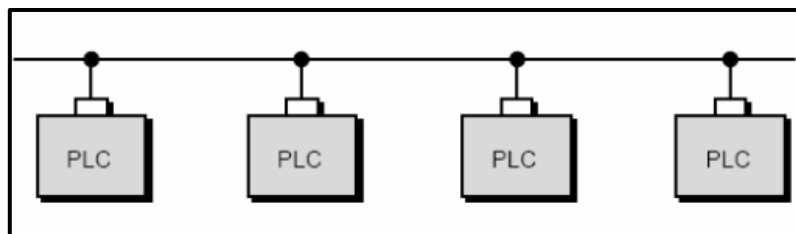


Figura 25: Topología bus.

Fuente: <http://topologiabussena.blogspot.com/>

4.2 Fase II: Desarrollo de las prácticas de laboratorio.

4.2.1 Diseño de prácticas y material con actividades de pre laboratorio, laboratorio y post-laboratorio.

Para dar cumplimiento con esta fase se realizarán 4 prácticas de laboratorios distribuidas de la siguiente manera, una práctica inicial diseñada para la familiarización con la programación estructurada a través de los lenguajes escalera y GRAFCET, una segunda práctica donde se realiza un control PID para la variable temperatura, utilizando los bloques FB41 de la Standard library del STEP 7; una tercera práctica con el panel operador TP 177b y finalmente una cuarta práctica con la utilización de una red MPI entre la interconexión de dos autómatas Siemens S7-300 maestro y esclavo. El desarrollo de todas las prácticas se encuentra explicado en el apéndice C.

Práctica N° 1. Introducción a la programación estructurada de STEP 7 con lenguaje escalera y Grafcet.

N° de sesiones: 1

Objetivo general

Realizar control de nivel de tanques cerrados con sensores discretos y control de peso a través de celda de una carga haciendo uso de la programación estructurada con un PLC Siemens S7-300.

Objetivos específicos

- Familiarizarse con el SIMATIC Manager del software STEP 7 para el manejo de proyectos.
- Realizar programas en STEP 7 con lenguajes en escalera y Grafcet.
- Utilizar el bloque Escalar FC 105 en el manejo de variables analógicas.
- Utilizar el simulador PLCSIM para la verificación del programa.

Pre laboratorio

Estudiar el software STEP 7 profesional de Siemens para:

- La creación de proyectos.

- Programación en lenguaje escalera y Grafcet.
- Configuración de hardware.
- Manejo de simulador PLCSIM.
- Investigar sobre procesos industriales con manejo de variables reales.

Se recomienda revisar los trabajos de grados:

“Diseño de experiencias prácticas de automatización industrial con una red de PLCs HMIs y Sistema SCADA”, de Castillo Carlos (2011).

“Desarrollo de una guía teórico-práctica para la enseñanza de la programación GRAFCET y escalera para los autómatas programables Siemens S7-300 en la cátedra de automatización industrial de la Universidad José Antonio Páez”, de Méndez Josué y Marín Jorge (2015).

Laboratorio

Se desea controlar el nivel de un tanque elevado T1 y de un segundo tanque T2. Para ello se cuenta con sensores de nivel discreto en la parte superior e inferior de ambos tanques y una electroválvula de 110 V AC normalmente cerrada. Se quiere que solo si el tanque uno se encuentra lleno se pueda dar inicio al proceso. Al presionar un botón de START se arranca el proceso vaciando el flujo del tanque uno al tanque dos a través de una electroválvula. Una vez lleno el tanque T2 se debe cerrar la electroválvula y activar el motor de la tolva 1, la cual contiene una sustancia en forma de polvo. El motor de la tolva 1 es usado para hacer vibrar a la misma y transferir la sustancia a la tolva 2. Dicha sustancia debe ser pesada una vez que caiga en la tolva 2 donde se encuentra una celda de carga que mide el peso de la sustancia (debe escalarse el valor medido en el pesado a través del bloque FC-105 ya que las celdas de carga miden solo magnitudes muy pequeñas que se encuentran por el orden de los milivoltios). Se requiere obtener un peso de 5 gramos aproximados, para esto se supondrá que dicho valor una vez escalado será comparado con un valor real de 2,000+001. Una vez logrado este peso se procede a abrir la compuerta para desalojar dicha sustancia a una banda transportadora que debe arrancar en el mismo instante

que se abre la compuerta, la cinta y el agitador por 30 segundos. La sustancia es llevada al tanque T2 para ser mezclada. Finalizado este tiempo deben permanecer encendidos la cinta y el agitador para garantizar que toda la sustancia caiga en el tanque y la mezcla sea homogénea. El agitador debe permanecer encendido por 20 segundos. Luego de esto se detiene el agitador y se arranca la bomba 1 para depositar dicha mezcla en un tanque 3, se espera que el sensor de alto nivel de dicho tanque indique que la mezcla haya sido depositada en su totalidad para apagar la bomba 1. Se quiere además contar con un botón de parada para detener el proceso y una botón de pausa con el cual el proceso debe detenerse donde se encuentre y al pulsar el botón de arranque el proceso siga donde se quedó. El ejercicio debe realizarse en programación estructurada conteniendo los lenguajes en escalera (KOP) y Grafcet y se debe utilizar el software STEP 7 profesional de Siemens y el simulador PLCSIM. En la figura 26 se observa una representación del proceso a realizar en la práctica 1.

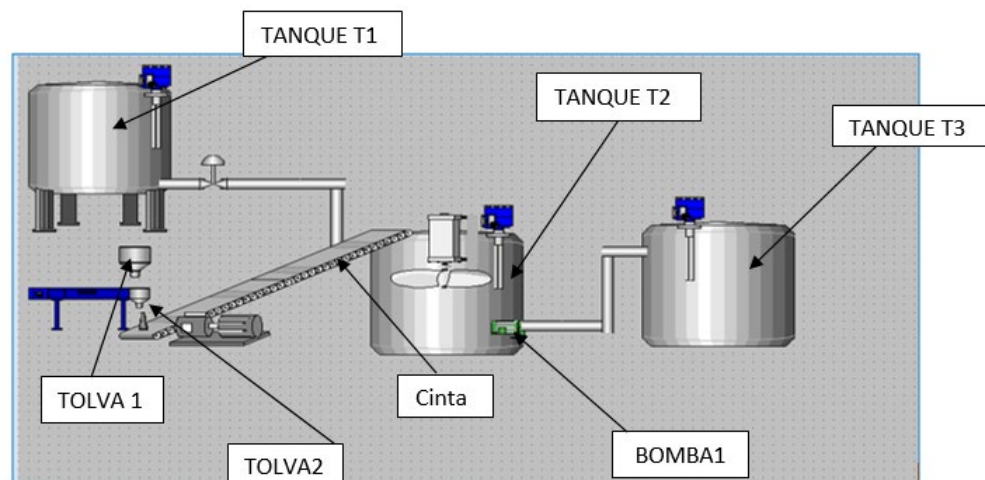


Figura 26: Representación de proceso practica1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Post laboratorio

Realice el ejercicio de la práctica 1 con las siguientes variaciones: al tanque T2 se desea agregar una sustancia proveniente de otra cinta transportadora con la

intención de realizar una solución diferente a la experimentada por la práctica 1. Esta nueva sustancia también debe ser pesada y controlada a través de una celda de carga. Realice los ajustes necesarios para que la sustancia que proviene de la cinta dos sea mezclada en el tanque T2 con la ayuda del agitador por 15 segundos, después de dicho tiempo se debe empezar el pesado de la primera sustancia indicada en la práctica 1. Note que con esta variación se tendrá que hacer uso de una segunda variable analógica por lo que se debe configurar dicha entrada de tal forma que no interfiera con la variable de la práctica 1.

Realice el respectivo informe de la práctica anexando todos los detalles que se realizaron en la programación y muestre mediante figuras la simulación del PLCSIM.

Práctica N° 2. Programación de control PID con el bloque FB41 del STEP 7.

N° de sesiones: 2

Objetivo general

Realizar un control PID para la variable temperatura, utilizando el bloque FB41 de la Standard Library del STEP 7.

Objetivos específicos

- Utilizar el bloque FB41 y la tabla de variables del STEP 7 para la configuración y ejecución del control PID.
- Familiarizarse con los registradores de curvas y parametrización de los PID en STEP 7.
- Manejar variables analógicas por medio del módulo SM334 y las funciones SCALE y UNSCALE.

Pre laboratorio

Para la realización de esta práctica es necesario estudiar los puntos que se nombra a continuación:

- Conceptos de una acción proporcional, integral y derivativa.
- Tiempo de integración y derivativo.

- Definición de sobre picos en una variable de proceso.
- Configuración del bloque DB41.
- Cómo funciona el bloque FC41.

Ver anexo A. Fuente: **“Ingeniería básica de la Automatización del sistema de control de una planta de nitrato de amonio en solución”** de ZAIRA A. COLINA N. Trabajo especial de grado Universidad de Carabobo. Ingeniería eléctrica (2011).

Laboratorio

Se quiere realizar un control de temperatura de una mezcla de cierta sustancia a través de un control PID en un tanque cerrado. Para ello se debe garantizar que el tanque se encuentre lleno, monitoreando el nivel por medio de un sensor analógico. Se cuenta con una resistencia calentadora que permite calentar la mezcla hasta lograr la temperatura deseada. Por medio de un termopar tipo K se debe medir la temperatura y llevar dicha señal al autómatas S7-300 empleando un módulo de entrada analógica. La idea de usar un control de tipo PID, es obtener mayor exactitud en la regulación del Set Point que se desea, es por ello que se debe realizar los ajustes necesarios para evitar sobre picos en la respuesta de la variable controlada empleando un motor ventilador como refuerzo para evitar al máximo estos sobre picos. La programación debe realizarse en lenguaje de contactos para facilitar el control de variables analógicas, utilice el software STEP 7 Profesional de Siemens y el simulador PLCSIM.

Post laboratorio

Teniendo en cuenta que la temperatura es una variable de respuesta lenta se requiere adicionar a la práctica 2 del control PID un intercambiador de calor esto con el fin de obtener un control en la temperatura con mayor rapidez. A través del intercambiador se hará circular un flujo de agua fría para disminuir bruscamente la temperatura del fluido del tanque. Para ello se hará uso de una salida discreta para la bomba de agua, la cual es la responsable de hacer circular el agua fría a través del

intercambiador. Establezca en la configuración de programación las condiciones para que la bomba pueda arrancar y detenerse adecuadamente.

Realice el respectivo informe de la práctica anexando todos los detalles que se realizaron en la programación y muestre mediante figuras la simulación del PLCSIM.

Práctica N° 3. Familiarización con la programación del Panel HMI TP 177B.

N° de sesiones: 2

Objetivo general

Realizar la interfaz entre la programación de un PLC Siemens S7-300 en STEP 7 y la pantalla Siemens TP 177B.

Objetivos específicos

- Utilizar bloques de datos en STEP 7 para la configuración de datos globales.
- Integrar proyectos del STEP 7 con el Wincc Flexible 2007.
- Desarrollar la programación del Panel HMI TP 177B, mediante la creación de variables y programación de botones en el Wincc Flexible 2007.
- Transferir proyectos al Panel HMI TP 177B para su ejecución.
- Utilizar enlaces de comunicación MPI entre el PLC Siemens S7-300 y el Panel HMI TP 177B.

Pre laboratorio

Para la realización de la siguiente práctica es necesario estudiar los puntos que se mencionan a continuación:

- Software Wincc flexible 2007.
- Estructura y conexión del panel TP 177B.
- Enlaces de comunicación MPI.
- Conexión de conectores Profibus
- Creación de ventanas y manejo de objetos del Wincc Flexible 2007.

Se recomienda revisar el Capítulo IV del trabajo de grado: “Diseño de experiencias prácticas de automatización industrial con una red de PLCs HMIs y Sistema SCADA”, de Castillo Carlos (2011). Universidad José Antonio Páez.

También se puede consultar la página web:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/21084461/att_82595/v1/hmi_tp177a_tp177b_op177b_operating_instructions_es_ES_es-ES.pdf

Laboratorio

Se desea integrar el proyecto de la práctica 1 realizada en programación estructurada usando los lenguajes de programación Grafset y escalera, en el software Wincc Flexible 2007. Además se requiere programar la interfaz que permita obtener información de las variables discretas de salida del Simatic y transferirlas al panel operador TP 177B.

Es importante considerar que la programación de la pantalla Siemens también debe permitir la visualización del proceso e interactuar con los botones arranque, pausa y continuar.

Post Laboratorio

Realice la programación correspondiente en el Wincc Flexible 2007 para que sea posible la monitorización de las variables analógicas de la práctica 1. Se desea monitorear en la HMI la variable peso, la cual es una variable real, visualizándola en cada instante de tiempo aun cuando se haya detenido el proceso a través de una pausa.

Elabore un informe detallado de la práctica desarrollada y las recomendaciones que usted considera para mejorar la programación en el Wincc Flexible 2007.

Práctica N° 4. Animación de las prácticas 1 y 2 a través del Software Wonderware Intouch.

N° de sesiones: 2

Objetivo general

Realizar la animación de los diferentes elementos de la planta piloto de nivel, peso y temperatura a través del software Wonderware Intouch.

Objetivos específicos

- Familiarizarse con el software Wonderware Intouch a través de la creación de ventanas y animaciones con el editor Window Maker y su ejecución con el Window Viewer.
- Usar scripts en Intouch para la programación de animaciones destinadas a la planta piloto de nivel, peso y temperatura.

Pre laboratorio

Estudiar el software Wonderware Intouch referente a:

- Creación de tags
- Creación de ventanas
- Creación de animaciones
- Programación de scripts.

Se recomienda como fuentes de información:

- Apuntes de la asignatura SCADA de la profesora Marlene Zambrano.

Trabajo de grado: “Desarrollo de experiencias

didácticas en automatización industrial para la enseñanza del sistema SCADA

Intouch de Wonderware”, de Rossmel Aquino y Mauricio Salazar (2010).

Universidad José Antonio Páez.

Laboratorio

Se desea realizar la animación mediante la utilización Wonderware Intouch de las prácticas 1 y 2. Para ello se requiere generar la animación de cada elemento que

compone la planta para el control de nivel, peso y temperatura en los respectivos tanques. En la figura 27 se muestra una representación de la práctica 4.

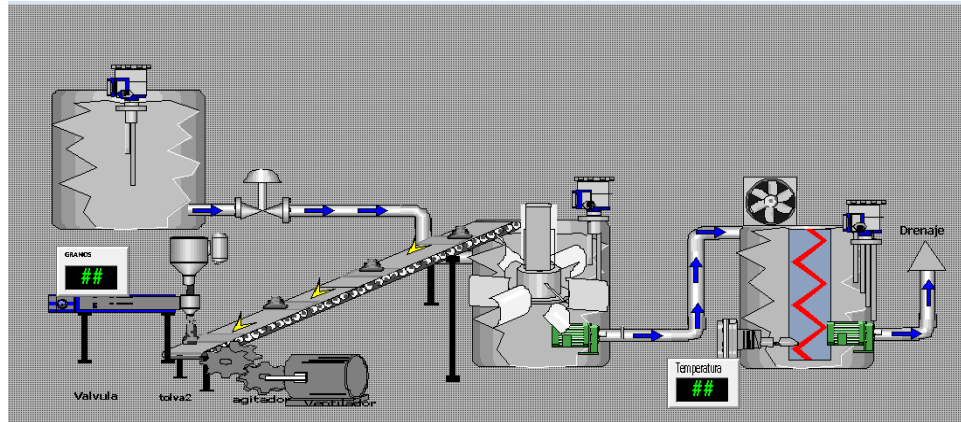


Figura 27: Representación de la práctica 4

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Post laboratorio

Utilizando el Software Wonderware Intouch desarrolle los sistemas supervisorios para los post laboratorios de las prácticas 1 y 2. Realice los Script y animaciones correspondientes a lo exigido en cada práctica. Elabore un informe de la práctica realizada junto a sus recomendaciones. También establezca un cuadro con las diferencias existentes entre las animaciones de la práctica 4 y el post laboratorio 4.

Práctica N° 5. Introducción a la Comunicación básica MPI a través del protocolo S7.

N° de sesiones: 1

Objetivo General

Configurar una red MPI de comunicación a través de la interfaz MPI con autómatas S7-300.

Objetivos Específicos:

- Configurar a nivel de software una red MPI usando el programa Net Pro.
- Estudiar la operación de la función de sistema SFC 68 X_PUT.

- Configurar el hardware y software en STEP 7 de una red 1 a 1 con autómatas S7-300.
- Realizar un programa usando la planta piloto para el intercambio de datos entre dos autómatas a través de las funciones de sistema X_PUT.

Pre-laboratorio

Previo a la implementación de esta práctica es necesario entender ciertos conceptos como los que se especifican a continuación:

- Estudiar los bloques de comunicación SFC 68 "X_PUT" y SFC 69 X_GET configurando cada uno de sus parámetros.
- Conceptos de comunicación MPI Siemens.
- Estudiar la manera en que trabajan los Bloques X_PUT Y X_GET cuando la CPU pasa de RUN a STOP.

Se recomienda revisar el trabajo de grado:

“Diseño de experiencias prácticas de automatización industrial con una red de PLCs HMIs y Sistema SCADA”, de Castillo Carlos (2011).Universidad José Antonio Páez.

Laboratorio

Se requiere controlar un proceso de llenado de un tanque y el encendido de un motor ventilador, sin embargo solo se cuenta con un PLC S7-300 que solo tiene entradas digitales disponibles y otro PLC S7-300 que solo tiene salidas digitales disponibles. Configure una red de comunicación MPI 1 a 1 con autómatas S7-300 en la cual se envíen datos de un autómata a otro mediante la función de sistema SFC67 (X_PUT), estos datos serán procesados por el segundo PLC para ejecutar las salidas de control correspondiente.

Post Laboratorio

Para un mejor entendimiento y manejo de los bloques de comunicación MPI se recomienda realizar una práctica adicional en la que se use el bloque para obtención

de datos desde un interlocutor, el SFC 69 o X_GET. Para ello configure el hardware correspondiente y conecte ambos equipos direccionándolos correctamente como se explicó en la práctica anterior con el STEP 7. Active los bits correspondientes a la memoria MB12 en el interlocutor y a continuación deben ser adquiridos desde la estación primaria usando el bloque X_GET para la activación de unas salidas del proceso de la estación 1. Además de esto configure el ya estudiado bloque X_PUT para enviar datos a la memoria MB10 del interlocutor y activar las salidas del proceso que controla la segunda estación configurada con la dirección 4.

Práctica N° 6. Comunicación del SCADA con el PLC S7-300 para el control de la planta piloto.

N° de sesiones: 2

Objetivo General

Establecer la comunicación entre un sistema SCADA y un PLC S7-300 mediante un servidor OPC, para el control de una planta piloto del laboratorio de automatización.

Objetivos Específicos:

- Desarrollar el sistema SCADA de la planta piloto del Laboratorio de automatización.
- Configuración del Access name del Wonderware Intouch.
- Configurar los enlaces de comunicación a través del enlace de comunicación IBH y la herramienta OPC Link para la comunicación entre el Intouch y el PLC Siemens S7-300.
- Diseñar el sistema de control para la planta piloto del laboratorio de Automatización.
- Realizar la conexión entre el PLC S7-300 y el sistema SCADA para ejecutar las pruebas de comunicación y control.

Pre-laboratorio

Antes de realizar esta práctica es necesario entender los puntos que se especifican a continuación:

- Estudiar el software IBH y OPClink
- Configurar el Access name del Wonderware Intouch.

Laboratorio

Se desea realizar la comunicación entre el software Intouch y el PLC S7-300 aplicado a la práctica uno dando la animación en tiempo real de los elementos de la planta piloto. Para ello utilice los enlaces de comunicación IBH OPC y OPClink. El IBH OPC es un servidor OPC un servidor que permite la conexión entre equipos y Siemens SIMATIC S7 y S7 para su traducción en protocolo OPC para control de procesos. En este caso servirá para comunicar el PLC S7-300 con el SCADA Intouch.

Post Laboratorio

Realice la comunicación entre el software Intouch y el PLC S7-300 aplicado a la practica2 perteneciente a el control PID.

4.2.2 Estudiar el funcionamiento y montaje del panel HMI TP 177B.

El panel operador TP 177B es una interfaz que permite la visualización de los proyectos realizados en el Wincc de siemens además permite integrar los proyectos realizados en el STEP 7 del SIMATIC Manager por lo que permite controlar y además visualizar el proceso que se haya programado siendo de gran ayuda en la industria ya que muchas veces una planta posee muchas áreas por lo que por lo generar se tiene una sala de control una sala de máquinas y en oportunidades se requiere que el operador no tenga que ir a la sala de control sino que en la planta se tiene la posibilidad de controlar el proceso y es allí donde un panel como el HMI TP 177B aporta su potencial ya que permite ver en tiempo real las condiciones de las

variables de un proceso y además controlarlas bajo las condiciones y restricciones especificadas por el programador.

4.2.2.1 Estructura del panel operador TP 177B

En la figura 28 se muestra una vista del panel junto a las partes principales que lo conforman.

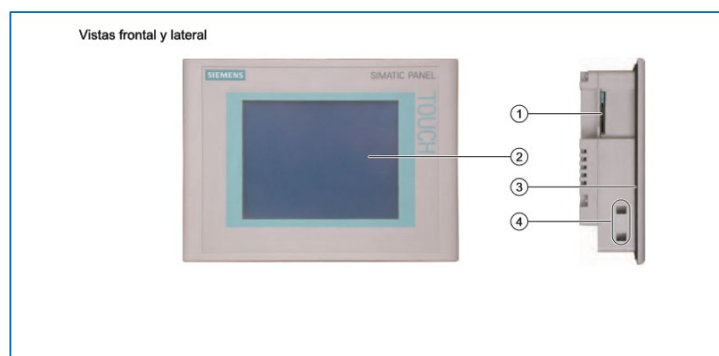


Figura 28. Estructura del panel operador TP 177b.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

- 1- Ranura para la memoria MultimediaCard
- 2- Display/pantalla táctil
- 3- Junta de montaje
- 4- Escotadura para mordaza de fijación.

En la figura 29 se las distintas vista del panel TP 177B como lo es la vista inferior y vista posterior.

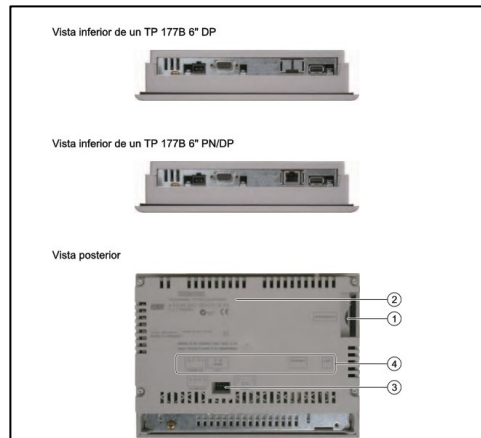


Figura 29. Vistas del panel operador TP 177b.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

4.2.2.2 Posición de montaje

El panel de operador ha sido diseñado para ser montado en armarios y cuadros eléctricos, paneles o cualquier otra base donde pueda permanecer estable. Generalmente se emplea el término armario eléctrico de manera genérica para designar las posibilidades de montaje mencionadas. El panel de operador tiene ventilación propia y está autorizado para el montaje en posición vertical e inclinada en armarios eléctricos estacionarios. En la figura 30 se muestra las posiciones de las posibles posiciones de montaje que se le pueden realizar.

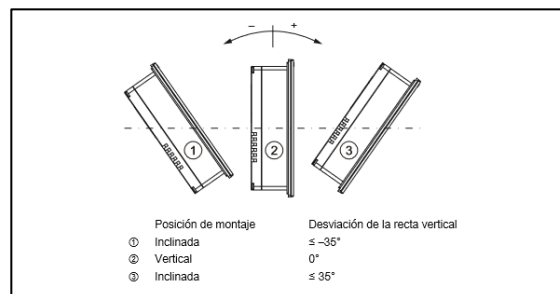


Figura 30. Posiciones de montajes para panel operador TP 177b.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

4.2.2.3 Conexión de equipotencialidad

Diferencias de potencial en partes separadas de la instalación pueden presentarse diferencias de potencial que pueden ocasionar altas corrientes de compensación a través de las líneas de datos y, por tanto, deteriorar sus respectivas interfaces. Esto puede ocurrir cuando se aplican las pantallas de los cables por ambos extremos que están conectadas a tierra en diferentes partes de la instalación. Las causas de las diferencias de potencial pueden ser diferentes alimentaciones de red. Los Requisitos generales que debe cumplir la conexión equipotencial las diferencias de potencial deben reducirse colocando conductores de equipotencialidad, de forma que los componentes electrónicos instalados funcionen perfectamente. Por tanto, al instalar la conexión equipotencial, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El grado de efectividad de la conexión equipotencial aumentará cuanto menor sea la impedancia del cable de equipotencialidad, es decir, cuanto mayor sea la sección del cable de equipotencialidad.
- Si dos partes de la instalación están conectadas entre sí mediante cables de datos apantallados cuyos blindajes están conectados por ambos extremos con la toma de tierra/el conductor de protección, la impedancia del conductor de equipotencialidad tendido adicionalmente deberá ser de como máximo el 10% de la impedancia del blindaje.
- La sección de un conductor de equipotencialidad deberá tener las dimensiones adecuadas para la corriente de compensación máxima que lo atravesará. En la práctica, entre los armarios eléctricos han dado buen resultado los conductores de equipotencialidad con una sección mínima de 16 mm².
- Utilice conductores de nivelación de potencial de cobre o de acero galvanizado. Conecte los conductores de equipotencialidad a la toma de tierra/al conductor de protección mediante una superficie amplia y proteja estos últimos contra la corrosión.
- Conecte la pantalla de la línea de datos al panel de operador con una superficie lo más grande y lo más cerca posible mediante abrazaderas apropiadas en la barra de equipotencialidad.

- Tienda las líneas de equipotencialidad y las líneas de datos en paralelo y a una distancia lo menor posible unas de otras (véase el gráfico siguiente).

En la figura 31 se tiene un gráfico de las conexiones del panel operador TP 177b. Junto con las especificaciones de los cables adecuados para su conexión.

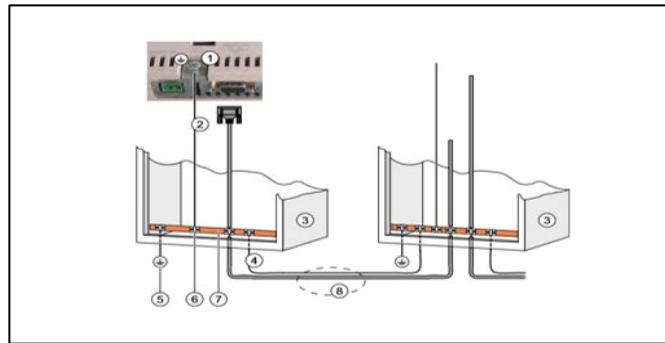


Figura 31. Posiciones internas para panel operador TP 177b.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

- 1- Conexión a masa en el panel de operador.
- 2- Cable de equipotencialidad de sección 4 mm².
- 3- Armario eléctrico.
- 4- Cable de equipotencialidad de sección 16 mm².
- 5- Conexión de puesta tierra.
- 6- Abrazadera de cable.
- 7- Barra de potencial.
- 8- Tendido paralelo de la línea equipotencial y de la línea de dato.

En la figura 32 se tiene la conexión de la regleta macho. Cabe destacar que la alimentación es de 24 V DC. Se debe tener mucho cuidado con la polaridad del voltaje de alimentación ya que esto provocar daños en el panel aun cuando se encuentra protegido contra este tipo de conexiones es posible la destrucción del panel por mala conexión.

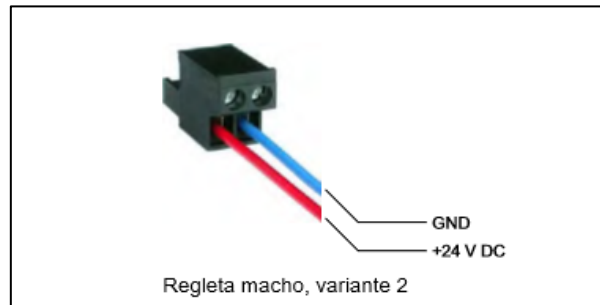


Figura 32. Conexión de la regleta macho del panel operador TP 177B.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

A continuación se muestra a través de la figura 33 la conexión entre el PLC S7-300 y el panel operador TP 177b. El cual se logra mediante un cable MPI y PROFIBUS.

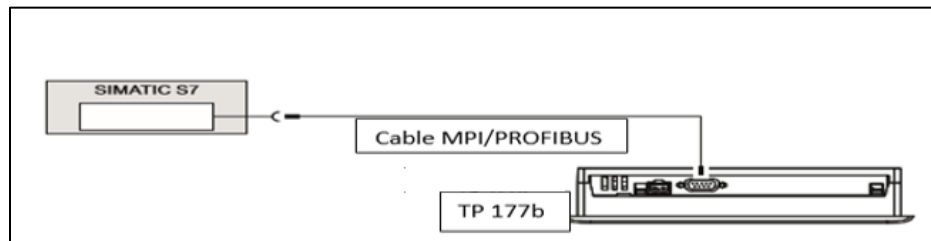


Figura 33. Conexión entre SIMATIC S7 y panel operador TP 177B.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177B

4.2.2.4 Como conectar y comprobar el funcionamiento panel de operador

Para poder comprobar y acceder al panel se debe proceder del siguiente modo:

1. Desenchufe la regleta macho del panel de operador.
2. Conecte la fuente de alimentación. El display se ilumina tras conectar la fuente de alimentación. Durante el arranque se visualiza una barra de progreso. Si no arranca el panel de operador, es posible que los cables estén intercambiados en la regleta de conectores. Compruebe los cables conectados y cambie su conexión si es necesario.

El Loader se visualizará tras arrancar el sistema operativo. Una vez encendido el panel se observara en la pantalla la ventana que se muestra en la figura 34. Permitiendo opciones de transferencia configuración del panel o arranque.



Figura 34. Ventana Loader de la pantalla TP 177b.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

Los botones del Loader tienen la siguiente función:

- Con el botón "Transfer" se conmuta el panel de operador al modo de "Transfer". El modo de operación "Transfer" sólo se puede activar si está activado por lo menos un canal de datos para la transferencia.
- Con el botón "Start" se inicia el proyecto existente en el panel de operador.
- Con el botón "Control Panel" se inicia el Control Panel del panel de operador. En el Control Panel se configuran diversos ajustes, p. ej. Las opciones de transferencia.
- Mediante el botón "Taskbar" se activa la barra de tareas con el menú Inicio de Windows CE abierto.

4.2.2.5 Procedimiento para insertar una tarjeta de memoria

Proceda del modo descrito a continuación:

1. Inserte la tarjeta de memoria en la ranura pertinente. Cuando vaya a insertar la tarjeta de memoria, tenga en cuenta que para poder insertarla en la ranura tiene que estar visible la parte delantera. La figura 35 muestra cómo insertar la tarjeta de memoria en el panel TP 177B 6".

2. Pulse el botón "Cancel" si desea cancelar la transferencia.

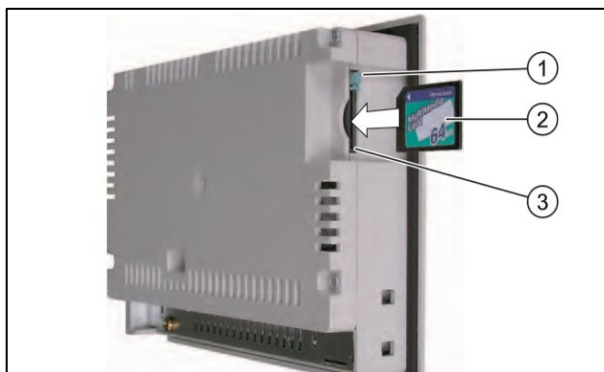


Figura 35. Conexión de la tarjeta de memoria del panel TP 177b.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

- 1 Portador de la tarjeta de memoria
- 2 Tarjeta de memoria
- 3 Receptáculo de la tarjeta de memoria

4.2.2.6 Procedimiento para expulsar la tarjeta de memoria

Para evitar la pérdida de datos en el panel, proceda del modo siguiente:

1. Pulse el botón "ESC" si desea cancelar el proceso de formateo.
2. Cree una copia de seguridad en un PC de los datos que no se deban perder.
3. Formatee la tarjeta de memoria en el panel de operador.
4. Si necesita los datos salvaguardados en el PC en su panel de operador, retransfiera los datos a la tarjeta de memoria.

La figura 36 se muestra cómo expulsar de forma correcta la tarjeta de memoria con el ejemplo del TP 177B.

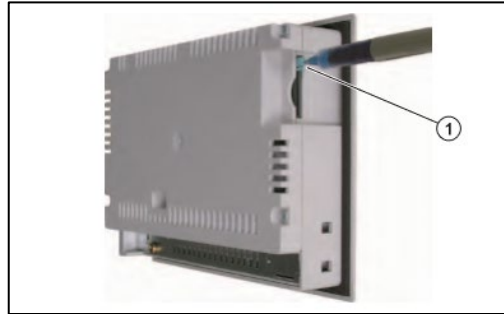


Figura 36. Extracción de la tarjeta de memoria del panel TP 177b.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

4.2.2.7 Configuración del sistema operativo del panel TP 177b.

En el Control Panel del panel de operador es posible realizar los siguientes ajustes:

- Comunicación
- Fecha/hora
- Protector de pantalla
- Copia de seguridad y restauración
- Configuración regional
- Configuración de la transferencia
- Tiempo de retardo
- Contraseña

Para iniciar la configuración se debe abrir el control panel en el Loader, para acceder al panel de operador con el botón "Control Panel". Para abrir el Loader existen las siguientes posibilidades:

- El Loader se visualiza brevemente durante el arranque del panel de operador.
- Al salir del proyecto.

Si se ha configurado, toque el objeto de control para finalizar el proyecto. Aparece el Loader. Para más información al respecto, consulte la documentación de la instalación. En Figura 37 se detallan los ajustes de configuración del panel TP 177B.



Figura 37. Ajustes de configuración del panel TP 177B.

Fuente: Manual SIMATIC HMI panel de operador TP 177b

- "Backup/Restore". Esta función permite crear una copia de seguridad y restaurar la figura del panel del operador y del proyecto en una tarjeta de memoria.
- "Communication Properties" Configurar el nombre del panel para el funcionamiento en red "Date/Time" Ajustar la fecha y hora en el panel de operador.
- "InputPanel". Se encarga de parametrizar el teclado de pantalla.
- "Keyboard". Permite Configurar la repetición de caracteres del teclado de pantalla "Mouse" Configurar el doble clic en la pantalla táctil
- "Network". Esta función es usada para configurar los parámetros de la red "OP" Modificar la configuración de la pantalla, visualizar informaciones sobre el panel de operador, calibrar la pantalla táctil.
- "Password". Para proteger de usuarios no autorizados se puede ajustar la protección por contraseña para el Control Panel.
- "Printer". Configurar la impresora.
- "Regional Settings". Se usa para configurar los ajustes regionales.
- "S7-Transfer Settings". Parametrizar la transferencia para MPI/DP.
- "ScreenSaver". Parametrizar el protector de pantalla.
- "System". Visualizar informaciones acerca del sistema operativo, el procesador y la memoria.

- "Transfer". Permite parametrizar el canal de datos para la transferencia.
- "WinCC Internet Settings" Configurar los parámetros de acceso a Internet.

La tabla 10 muestra las especificaciones técnicas del panel TP 177B.

Tabla 10. Especificaciones técnicas del panel TP 177B

Peso sin blindaje	Aprox 500g
Pantalla	
Tipo	LCD
Área de Display	95mmx53
Resolución	480x272 puntos de la figura
Colores representables	256
Ajuste de brillo	SI
Retroiluminación	LED 30000h
Categoría de error de pixeles según DIN EN ISO 13406-2	II
Unidad de entrada	
Tipo	Pantalla analógica resistiva
Memoria de aplicación	2 MB
Interfaces	
1XRS 422/RS 485	Max 12 Mbits/s, valido en modo DP
1XUSB 1.1	USB Host, carga Max 500 mA
Tensión de alimentación	+24 V DC
Tensión nominal	

Fuente: Manual SIMATIC HMI Panel de operador TP 177A, TP 177B, OP 177B (WinCC flexible)

Tabla 10. Especificaciones técnicas del panel TP 177B. Continuación.

Interfaces	
Rango admisible	De 19.2V a 28.8V
Transitorios máximos admisibles	35 v
Tiempo de dos transitorios mínimo.	50s
Consumo • Típico • Corriente continua • Impulso de corriente de conexión	• Aprox 200 mA • Aprox 550 mA • Aprox 0.1 A2.S
Fusible interno	Electrónico

Fuente: Manual SIMATIC HMI Panel de operador TP 177A, TP 177B, OP 177B (WinCC flexible).

4.2.3 Estudiar el software de programación WinCC Flexible 2007.

El software WinCC Flexible es un programa que permite realizar la interfaz gráfica en pantallas Siemens para el monitoreo, supervisión y control de un proceso. Esto es de gran utilidad ya que por medio de ella se pueden realizar los ajustes necesarios para hacer la representación gráfica de cualquier proceso industrial, Además de permitir la visualización grafica en tiempo real permite la programación de entradas digitales, analógicas y actuadores que componen un proceso. Permite realizar cambios de Set Point, dar órdenes de arranque, parada, pausa, ver históricos, alarmas entre muchas funciones más.

WinCC flexible Runtime (RT).

Es un software que permite controlar y visualizar los procesos, siendo las tareas más frecuentes las siguientes:

- Comunicación con los sistemas de automatización.
- Visualización de imágenes en la pantalla.
- Control del proceso, por ejemplo apertura y cierre de válvulas, ingreso de valores.
- Grabación de datos en Runtime, como por ejemplo, los valores de proceso y los

eventos de aviso.

Existen un grupo de variables llamadas Powertags que establecen la conexión con el PLC Siemens y esta viene determinada por el tipo de la licencia que el usuario haya adquirido existen entre 1258 hasta 2048 soportables como variables de proceso. Entre ellas son las que se muestran a continuación:

- WinCC flexible runtime 128: soporta 128 variables de proceso.
- WinCC flexible runtime 512: soporta 512 variables de proceso.
- WinCC flexible runtime 2048: soporta 2048 variables de proceso

4.2.3.1 Elementos WinCC flexible.

La ventana de trabajo de WinCC flexible está constituido de varios elementos, algunos de los cuales están acoplados a determinados editores y solo son visibles cuando el editor correspondiente está activo. Es por ello que para conocer un poco sobre ellos se muestra la figura 38. La cual contiene una ventana de trabajo con sus respectivos componentes.

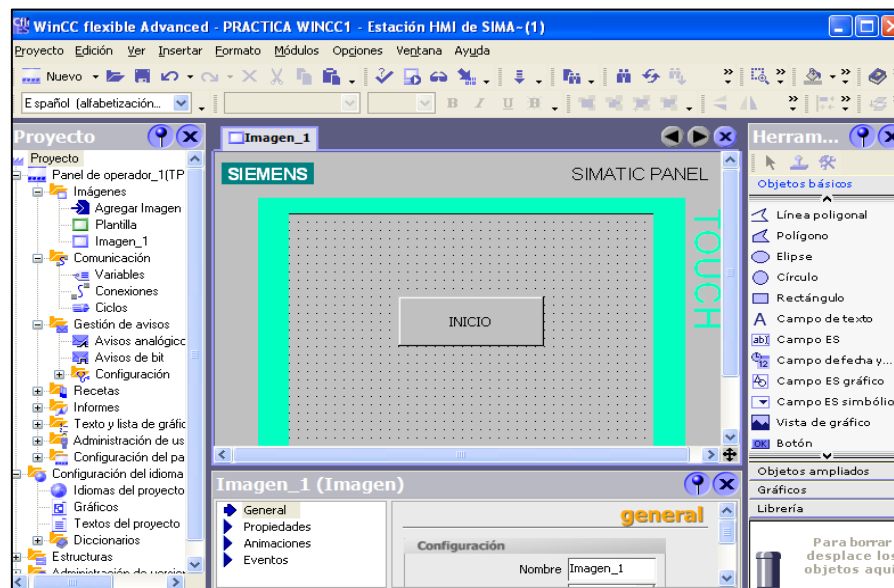


Figura 38. Ventana de trabajo del WinCC Flexible

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

4.2.3.2 Menús y barras de herramientas del WinCC Flexible.

Se tiene un menú y un conjunto de barras de herramientas que dan acceso a todas las funciones de WinCC flexible, las mismas que permiten configurar el panel de operador. Los comandos o las barras de herramientas específicos sólo son visibles si el editor correspondiente está activo. Al colocar el puntero del ratón sobre una función aparece una breve explicación de la misma esto es sirve de gran ayuda ya que muchas veces se desconocen algunas funciones de una ventana y esta pestaña contribuye para aclarar algunas dudas sobre ellas. Cuando se crea un proyecto, las barras de herramientas aparecen por defecto en la parte superior de la pantalla. La posición de la barra de herramientas está ligada al usuario que inició la sesión en Windows.

4.2.3.3 Área de trabajo del WinCC Flexible

Es el área donde se editan los datos del proyecto, ya sea en forma de tabla (por ejemplo variables) o gráficamente (por ejemplo una figura de proceso). Todos los objetos de WinCC flexible se agrupan en torno al área de trabajo donde se pueden disponer y configurar de acuerdo a las necesidades del usuario (por ejemplo, desplazar, ocultar, etc.). El área de trabajo de WinCC flexible. La Ventana de trabajo del WinCC Flexible se muestra en la figura 39.

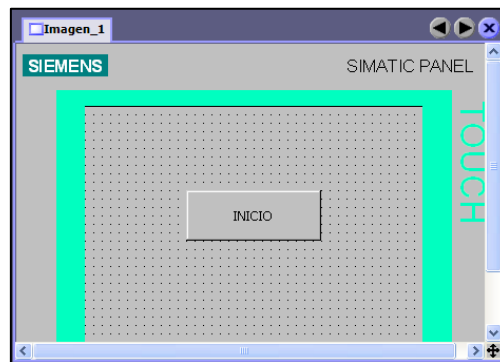


Figura 39. Imagen1 de ventana de trabajo del WinCC Flexible

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

4.2.3.4 Ventana de proyecto.

En esta ventana se cuenta con un conjunto de funciones de la programación del WinCC Flexible, en ella es posible configurar las variables del proceso que se desee integral con el proyecto del STEP 7, así como crear recetas y plantillas. También gestionar la conexión y transferencia de proyectos a un panel Siemens. Cabe resaltar que todos los componentes y editores de un proyecto se visualizan en la ventana de proyecto en forma de árbol. Como sub elementos de cada editor, se pueden observar carpetas que permiten almacenar los objetos de forma estructurada. En el caso de imágenes, recetas, *scripts*, informes y diccionarios de usuario se puede acceder directamente a los objetos configurados. Además desde la ventana de proyecto se puede acceder a los ajustes del panel del operador.

En la figura 40 se muestra una ventana de proyecto donde se puede visualizar los componentes que permiten hacer los diferentes ajustes de programación.



Figura 40. Ventana de proyecto del WinCC Flexible

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

4.2.3.5 Ventana de propiedades.

En la ventana de propiedades se modifican las propiedades del objeto que está seleccionado en el área de trabajo, por ejemplo el color, tamaño de un botón, las letras entre otras. Así como también la animación de un botón mediante la programación de eventos y propiedades. En la figura 41 se muestra una ventana de propiedades de un botón.

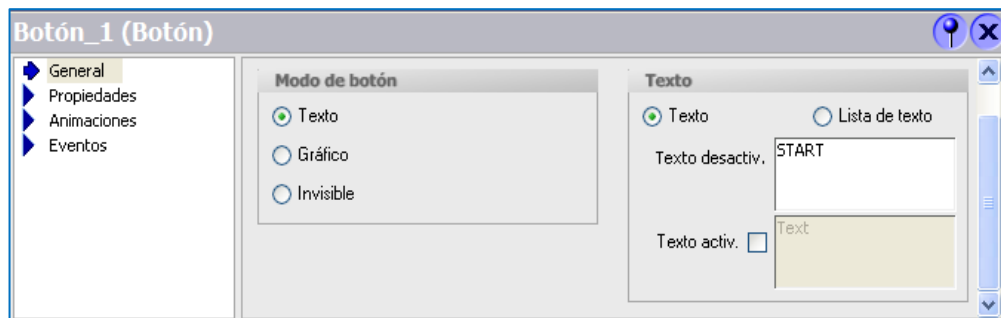


Figura 41. Ventana de trabajo del WinCC Flexible

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

4.2.3.6 Ventana de herramientas.

Esta ventana contiene una selección de objetos que se pueden insertar en las imágenes, por ejemplo los objetos gráficos o los elementos de mando. La ventana de herramientas también dispone de librerías con objetos ya preparados, así como de colecciones de bloques de figura.

4.2.3.7 Librería WinCC flexible.

La librería del WinCC flexible se encuentra equipada con un gran número de objetos que son utilizados en los diferentes procesos industriales. Cabe resaltar que en la librería se almacenan de forma centralizada los objetos que se utilizan con frecuencia, por ejemplo los objetos de figura y las variables. Un objeto almacenado en la librería sólo tiene que configurarse una vez. Después se podrá utilizar tantas veces como se desee. Los objetos de librería amplían la cantidad de objetos de figura disponibles y aumentan la efectividad de la configuración gracias a la posibilidad de

reutilizar objetos ya disponibles. Los objetos seleccionados de la librería se pueden animar desde las configuraciones de eventos del objeto.

En la figura 42 se muestra una ventana de herramientas equipada con gran cantidad de objetos tales como: motores, tolvas, ventiladores, tanques, tuberías y cualquier elemento necesario para la representación de un proceso.



Figura 42. Ventana de librerías del WinCC flexible

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

4.2.4 Estudiar el software de programación Wonderware Invensys Intouch.

Wonderware Invensys Intouch es un software escalable que puede conectarse a prácticamente cualquier sistema de automatización unidad terminal remota (RTU) dispositivos electrónicos inteligentes, controlador lógico programable, la naturaleza abierta de esta plataforma permite ampliar sus sistemas existentes sin tener que comprar nuevos hardware o sistemas de control. Con el fin de conocer las especificaciones necesarias para correr el software de Wonderware Invensys. En la tabla 11 se presentan los requerimientos necesarios para la instalación de InTouch HMI v10.touch.

Tabla 11. Requerimientos para la instalación de InTouch HMI v10.touch.

Software	Versión recomendada
Window sharePonit Services	2.0 SP2
Microsft Excel	2000,2003,, XP o2007
Microsft XML Parser	4.20.9818.0
MicrosftCapicom module	2.0.0.3
Microsft ASP NET	2.0
MicrosftNET Framework	2.0
Internet information Services	6.0 o superior
Microsoft Internet Explorer	6.01 SP1 o superior

Fuente: Wonderware Intouch

En la figura 43 se tiene una vista de los complementos de instalación de Intouch los cuales deber ser considerados al momento de la instalación para obtener toda la librería disponible del software.

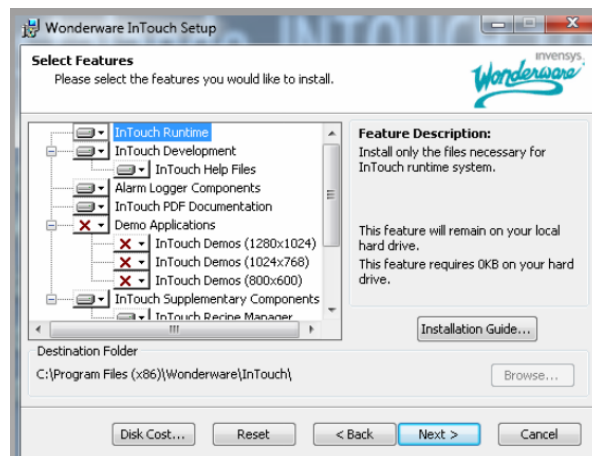


Figura 43. Vista de los complementos de instalación de Intouch

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.1 Entornos del Wonderware Intouch

- System Management Console.

- WindowViewer.
- WindowMaker.
- InTouch

4.2.4.2 Window MAKER

Es el entorno que utiliza Wonderware Intouch para el desarrollo de aplicaciones HMI se encuentran numerosas funciones lógicas y graficas que permiten el desarrollo de la aplicación. Figura 44 ilustra la ventana de trabajo Window MAKER.

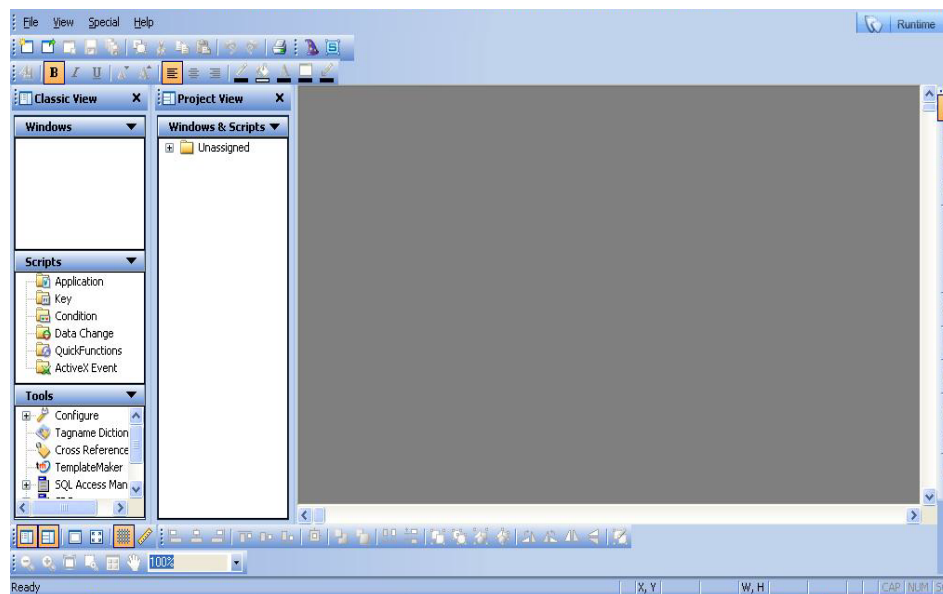


Figura 44. Ventana Window MAKER

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.3 Creación de una nueva ventana

- Presionar el icono New o seleccionar File / New. En la Figura 45 Se tiene la creación de una nueva ventana de trabajo Window MAKER.

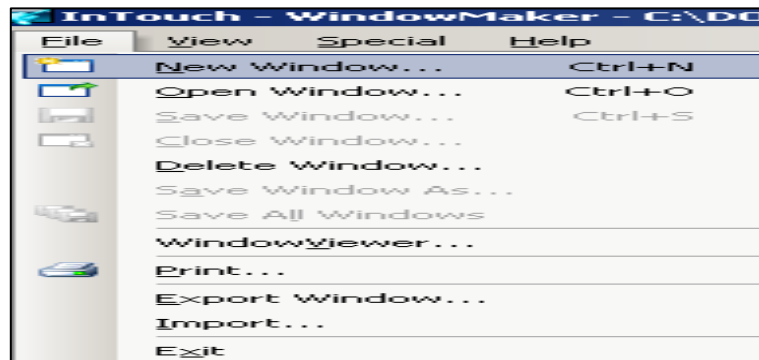


Figura 45. Creación de una nueva ventana.

Fuente: Wonderware Intouch

Se abre la caja de dialogo Windows Properties (ventanas de propiedades). Ver figura 46 la cual contiene una ventana de tipo Replace.

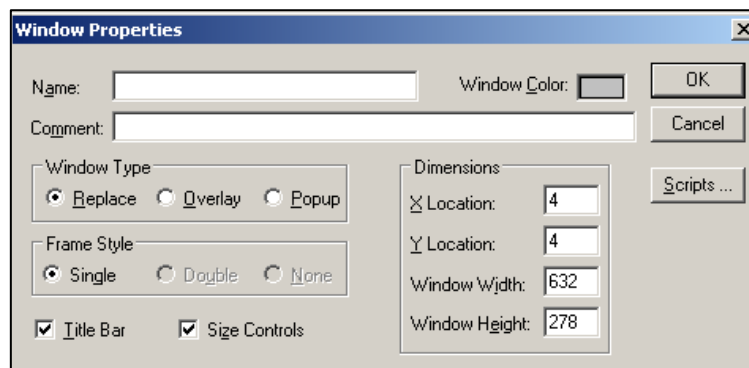


Figura 46. Propiedades de una ventana.

Fuente: Wonderware Intouch

- a. Colocar uno en el campo del nombre (Name). El nombre puede tener hasta 32 caracteres. Puede incluir espacios, signos de puntuación, y cualquier otro carácter del teclado excepto las comillas (“).
- b. En el área de comentario puede introducir cualquier comentario que este asociado con la ventana. El comentario es opcional.

Seleccionar la caja Windows Color para escoger el color de fondo de la ventana. Allí se abrirá la paleta de colores para elegir el color de preferencia. Figura 47 se observa una ventana y toda la gama de colores que se pueden seleccionar.

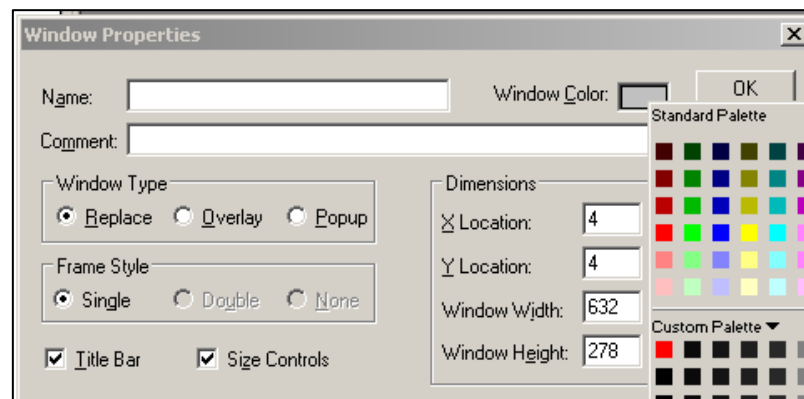


Figura 47. Selección de colores de una ventana.

Fuente: Wonderware Intouch

La paleta de colores del WindowMaker se usa para aplicar color a las propiedades estáticas y dinámicas de línea, rectángulos, rectángulos redondeados, elipses, poli líneas, polígonos y texto.

4.2.4.4 Propiedades de las ventanas

- **Window Type:** Están disponibles tres opciones.
- **Replace:** Esta ventana cierra automáticamente cualquier otra ventana(s) que intersecte cuando esta se abre en la pantalla, incluyendo ventanas pop up o replace.
- **OverLay:** Esta ventana se abre arriba de la(s) ventana(s) que se estén mostrando en la pantalla y pueden ser más grande que las ventanas a la que está sobreponiéndose. Al presionar click sobre cualquier parte visible de una ventana que esté detrás de la ventana Overlay hará que esa ventana se active y se ponga adelante.
- **Popup:** Es similar a la ventana Overlay, aunque siempre se mantiene delante de todas las otras ventanas abiertas. La ventana Popup generalmente requiere una respuesta del usuario para ser cerrarla.

- **Frame Style:** Están disponibles tres estilos
- **Single:** Muestra una línea sencilla alrededor de la ventana. Con esta opción están disponibles la barra para el título (Title Bar) y los controles de tamaño (Size controls).
- **Double:** Muestra un borde con efecto 3- D alrededor de la ventana. Con esta opción no está disponible la barra para el título pero si los controles de tamaño.
- **None:** Muestra una ventana sin borde, la barra de título no está disponible pero el control de tamaño si está disponible.
- **Barra de título:** puede ser usada para mover la ventana haciendo click y arrastre
- **Controles de tamaño:** Habilitan al usuario para redimensionar la ventana en el WindowMaker.
- **Dimensiones:** con esta opción se establece la localización en píxel para cada una de las coordenadas de las ventanas
- **X location:** Es el número de píxeles entre el borde izquierdo del área de diseño del WindowMaker y el borde izquierdo de la ventana que se está definiendo.
- **Y location:** Es el número de píxeles entre la orilla superior del área de diseño del WindowMaker y el borde superior de la ventana que se está definiendo.
- **Window Width:** Es el ancho de la ventana en píxeles.
- **Window Height:** Es la altura de la ventana en píxeles.

4.2.4.5 Insertar y animar formas

Windowmaker de Intouch es una herramienta de dibujo basada en gráficos por objetos, en un lugar de gráficos por pixels, básicamente se pueden crear objetos como círculos triángulos rectángulos u otro independiente uno de otro. Lo cual facilita la labor de edición del dibujo y lo que es más importante, permite una enorme sencillez y potencia en la animación. La Figura 48 se muestra en una ventana un conjunto de figuras y otros objetos.

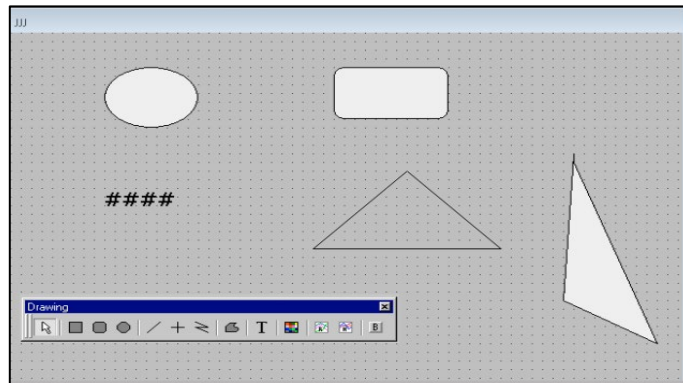


Figura 48. Ventana con figuras.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.6 Wizards

Son elementos inteligentes que permiten que las aplicaciones de Intouch puedan ser generados de un modo más rápido y eficiente. Se dispone de Wizards que permiten crear rápidamente un objeto en la pantalla. Haciendo un doble Clic sobre el cual podemos asociales links de animación asignando a Tagnames o incluso incluir una lógica a ese objeto. Figura 49 ilustra una ventana de Wizard selection.

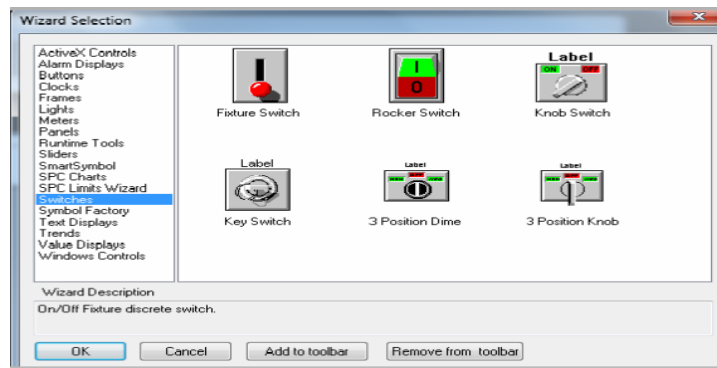


Figura 49. Ventana de Wizard selection.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.7 Definición de TAGS

El diccionario de Tagname es el corazón de Intouch durante el Runtime este diccionario contiene todos los valores de los elementos en la base de datos. En la Figura 50 se muestra una ventana de Definición de TAGS.

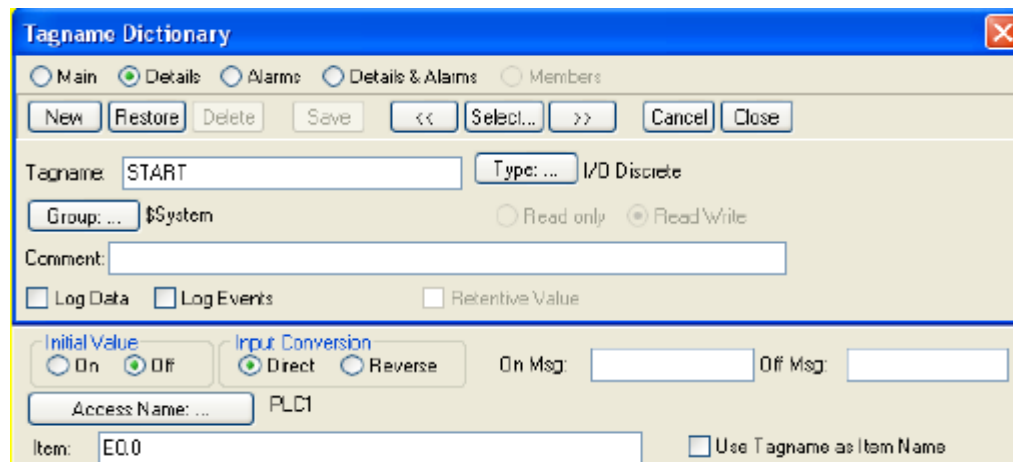


Figura 50. Ventana de Definición de TAGS.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.8 Tipos de Tagnames

- Memory Tags: Registros internos de Intouch.
- I/O Tags: Registros de enlaces con otros programas
- INDIRECT TAGS: tipo indirecto
- GROUP VAR TAGS: grupo de alarmas
- HISTTREND TAGS: asociado a los grafico históricos
- TadID: información de los Tags que están siendo visualizados en una gráfica histórica.
- Discrete: puede poner un valor de 0o 1
- Interger Tagname de 32 bits con signos

- Real Tagname: en coma flotante. Su valor entre $\pm 3.4 \times 10^{38}$. Todos los cálculos son realizados en 64 bits de resolución el resultados se almacena en 32 bits.
- Massege Tagname alfanumérico de hasta 131 caracteres de longitud. . En la Figura 51 se tiene una ventana del tipo de entradas.

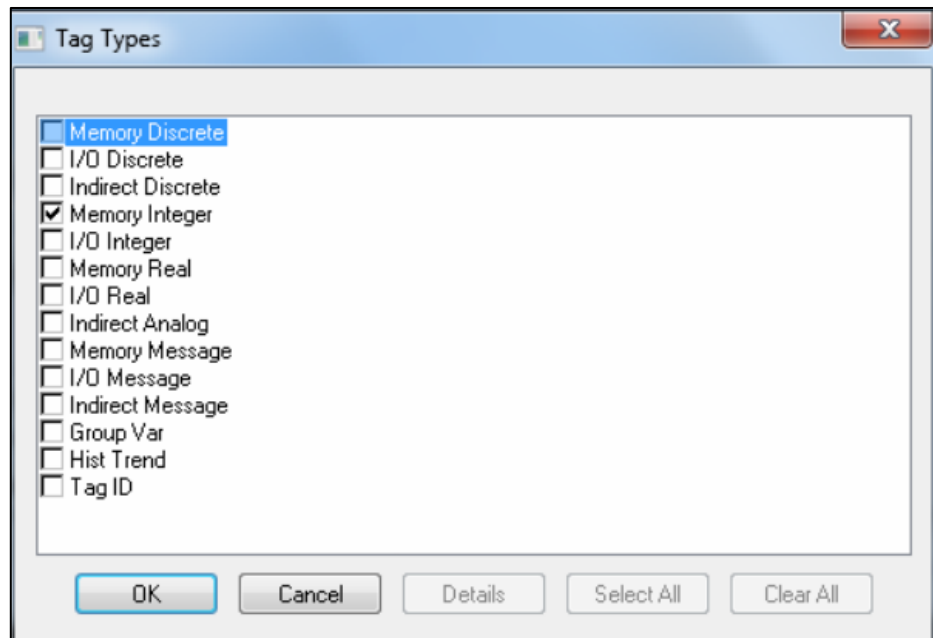


Figura 51. Tipos de entradas.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.9 Animaciones

Tras a ver creado un objeto grafico o un símbolo este puede ser animado mediante animación links estos provocan que el objeto cambie de apariencia reflejando cambios en los valores de la base de datos por ejemplo una válvula puede cambiar de color de acuerdo a si está o no activa. La Figura 52 destaca un ejemplo de una ventana de propiedades de un objeto.

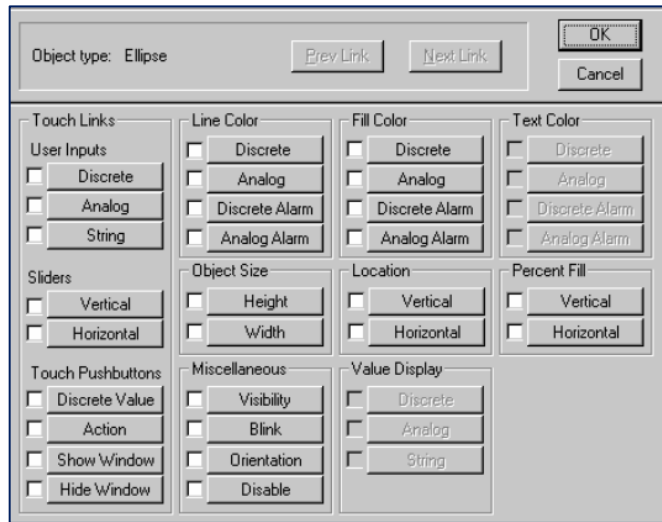


Figura 52: Ventana de propiedades de un objeto.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.10 Animaciones de Wizards en Intouch

Existe la posibilidad de animar los objetos predefinidos en Intouch cada Wizard tiene su animación propia por lo cual debe escogerse el adecuado de acuerdo a la función que cumplirá en el proceso. Ver Figura 53. Ventana de trabajo Window MAKER.



Figura 53. Animación de objetos extraídos de Wizard.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.11 Edición de links y Tags

Para ahorrar trabajo en la programación de la interfaz gráfica del Intouch se tiene la posibilidad de edición de un link y Tags. Una vez que un objeto se duplica este se convierte en una copia exacta réplica del duplicado por lo tanto solo basta con modificar el Tagname a otro distinto para el nuevo objeto. En Figura 54 se observa la ventana de edición de links y Tags.



Figura 54. Ventana de edición de links y Tags.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.12 Script

Son las características más importante de un aplicación en Intouch las capacidades de las secuencias de comandos rápidos le permiten ejecutar comando y lógicas con bases y criterios específicos. Por ejemplo pulsación de una tecla una ventana que se abre, un valor que cambia y así sucesivamente. Los script resultan indispensables para cualquier proceso para poder generar y dar sentido a la mayoría de las animaciones y propiedades que poseen los diversos elementos que posee Intouch. Ver Figura 55. Ventana del tipo script.

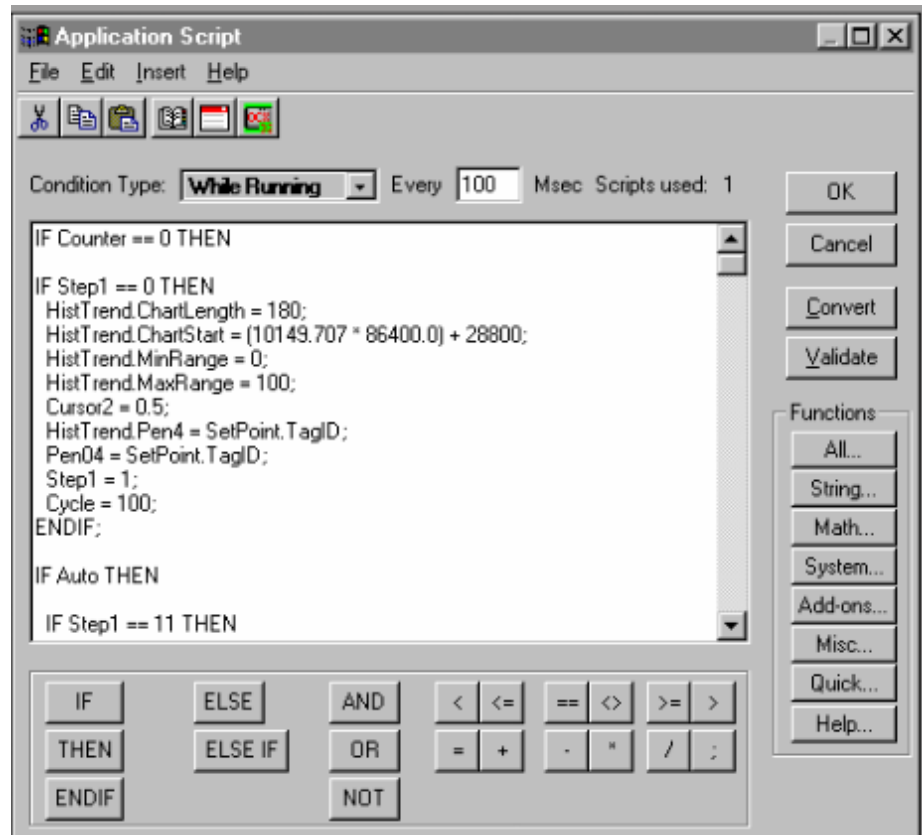


Figura 55. Ventana del tipo script.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.13 Tipos de scripts

Intouch permite crear una lógica interna con condiciones cálculos etc. esta lógica puede estar asociada a:

- Toda una aplicación
- Una sola ventana
- Una tecla
- Un condición
- Cambio de un dato
- Asociadas a un ActiveX

4.2.4.14 Las alarmas

Son alertas que son soportadas por la visualización en el programa. Las alarmas tanto digitales como analógicas permiten la notificación al operador de condiciones del sistema de dos modos distintos. Una alarma es un evento que puede ser perjudicial para el proceso y que normalmente requiere de algún tipo de actuación por parte el operador para evitar daños temporales o permanentes en el proceso que se está controlando. La figura 56. Muestra la ventana de alarmas.

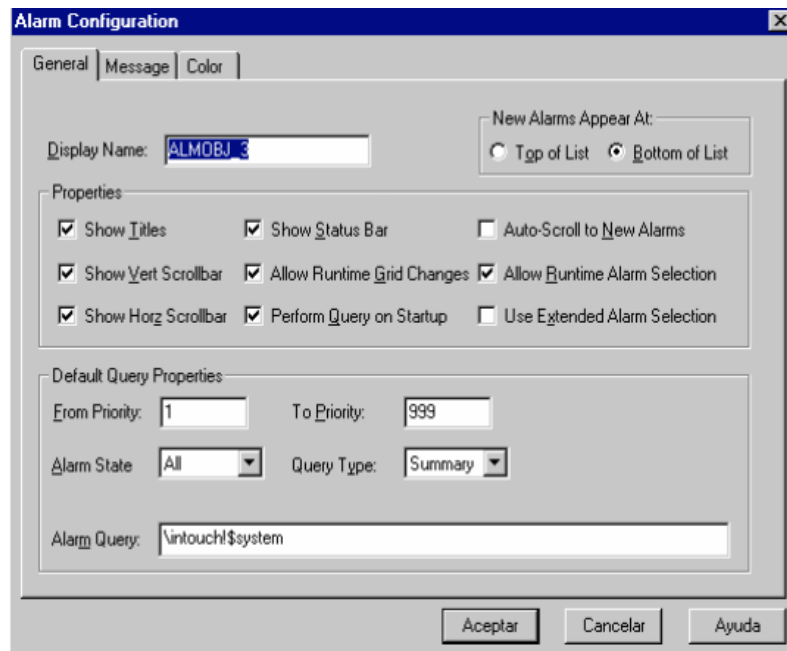


Figura 56. Ventana de alarmas.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.15 Tipos de alarmas

- **Discretas**

Una alarma de este tipo es correspondiente una etiqueta discreta. Su configuración depende de un valor verdadero o falso uno o cero. Así como lo es la propiedad asociada a la alarma. El cuadro de dialogo de este tipo de alarma es el que se muestra en la figura 57.

Tagname Dictionary

☐ Main
 ☐ Details
 ☐ Alarms
 ☒ Details & Alarms
 ☐ Members

New Restore Delete Save << Select... >> Cancel Close

Tagname: PARADA Type: Memory Discrete

Group: \$System ☐ Read only ☒ Read/Write

Comment:

☐ Log Data ☐ Log Events ☐ Retentive Value

Initial Value: ☐ On ☒ Off

On Msg: Off Msg:

ACK Model: ☒ Condition ☐ Event Oriented ☐ Expanded Summary

Alarm Comment:

Alarm State: ☐ On ☐ Off ☒ None

Priority: Alarm Inhibitor:

Figura 57. Alarma discreta.

Fuente: Wonderware Intouch

- **Analógica**

Este tipo de alarma corresponde a una etiqueta del tipo real o entera. En la figura 58 se puede observar una ventana de alarma y su cuadro de diálogo.

Tagname Dictionary

☐ Main
 ☐ Details
 ☐ Alarms
 ☒ Details & Alarms
 ☐ Members

New Restore Delete Save << Select... >> Cancel Close

Tagname: nivel Type: Memory Integer

Group: \$System ☐ Read only ☒ Read/Write

Comment:

☒ Log Data ☐ Log Events ☐ Retentive Value ☐ Retentive Parameters

Initial Value: 0 Min Value: 0 Max Value: 100 Deadband: 0

Eng Units: Log Deadband: 0

ACK Model: ☒ Condition ☐ Event Oriented ☐ Expanded Summary

Alarm Comment:

Alarm Value Priority Alarm Inhibitor Value Deadband

☐ LoLo 0 1 ☐ High 0 1

☐ Low 0 1 ☐ HiHi 0 1

% Deviation Target Priority Alarm Inhibitor Deviation Deadband %

☐ Minor Deviation 0 1 ☐ Major Deviation 0 1

☐ Rate of Change 0 % per: ☐ Sec ☒ Min ☐ Hr Priority: 1 Alarm Inhibitor:

Figura 58. Alarma analógica.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.16 Eventos

Son mensajes que indican un estado del sistema que no requiere por parte del operador una respuesta inmediata. Los eventos son producidos bajo alguna condición del sistema. Por ejemplo el cambio de turno de un operario, número de horas de trabajo cantidad de piezas entre muchas más.

4.2.4.17 Curvas en tiempo real

Se dispone de una herramienta muy importante como lo es Toolbox la cual permite crear una curva en tiempo real para graficar el comportamiento de un proceso de una planta. Cada gráfico puede visualizar hasta 4 tendencias y dentro de la una curva en tiempo real se puede definir parámetros tales como los tiempos de actualización de la curva, tamaño de la muestra, colores y rangos de las variables que se desean monitorear.

En la figura 59 se muestra un gráfico de una curva de tipo real la R que se destaca indica que las variables que se van a monitorear será a tiempo real.

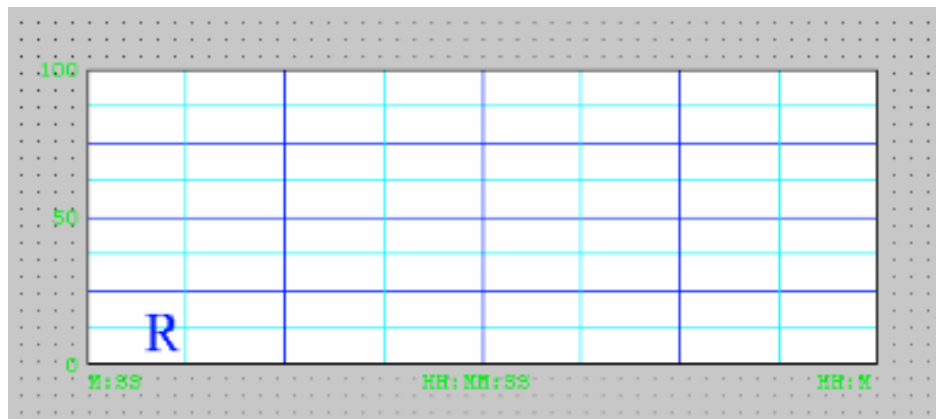


Figura 59. Ventana de grafico de curvas.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.4.18 Seguridad

InTouch posee una privacidad en cuanto a niveles de usuarios se refiere y esto tiene como objeto proteger ciertas partes del programa para filtrar el acceso de

distintos operarios. Como por ejemplo disponer de un nivel de acceso a un supervisor un empleado o un operario permitiendo solo la visualización, operación o modificaciones de parámetros de la programación. En la figura 60 se tiene una ventana de seguridad.

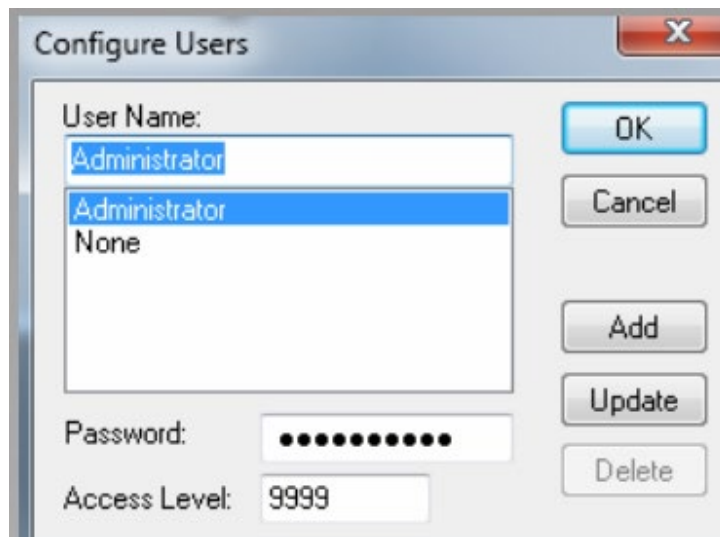


Figura 60. Ventana de usuario.

Fuente: Wonderware Intouch

4.2.5 Desarrollar la programación y diseño de la interfaz gráfica adaptada a las prácticas a realizar.

En el apéndice C se desarrolla la programación en el Software Wonderware Intouch para dar cumplimiento con la interfaz adaptada a las prácticas 1 y 2 correspondiente a la programación estructurada y el control PID. Se desarrollaron: la interfaz gráfica con un panel o HMI TP 177B en la práctica 3 y la interfaz con sistema SCADA en la práctica 4.

4.3 Fase III: Montaje del módulo de PLC Siemens S7-300 y las pantallas HMI's.

4.3.1 Diseñar una estructura portátil donde se puedan instalar adecuadamente todos los elementos necesarios para la implementación de las prácticas como el PLC S7-300 y los paneles HMI's.

Para el diseño de la estructura que sostiene al PLC S7-300 con sus módulos de entrada y salida, los conectores de entradas y salidas tanto remotas como locales y su interruptor se tomó en cuenta el espacio necesario para colocar todos los componentes del sistema y que además fuesen de fácil acceso para el usuario, tanto en visualización como en manejo. En la figura 61 se muestra una vista de las dimensiones y la forma de la estructura metálica que sostiene a todos los componentes.

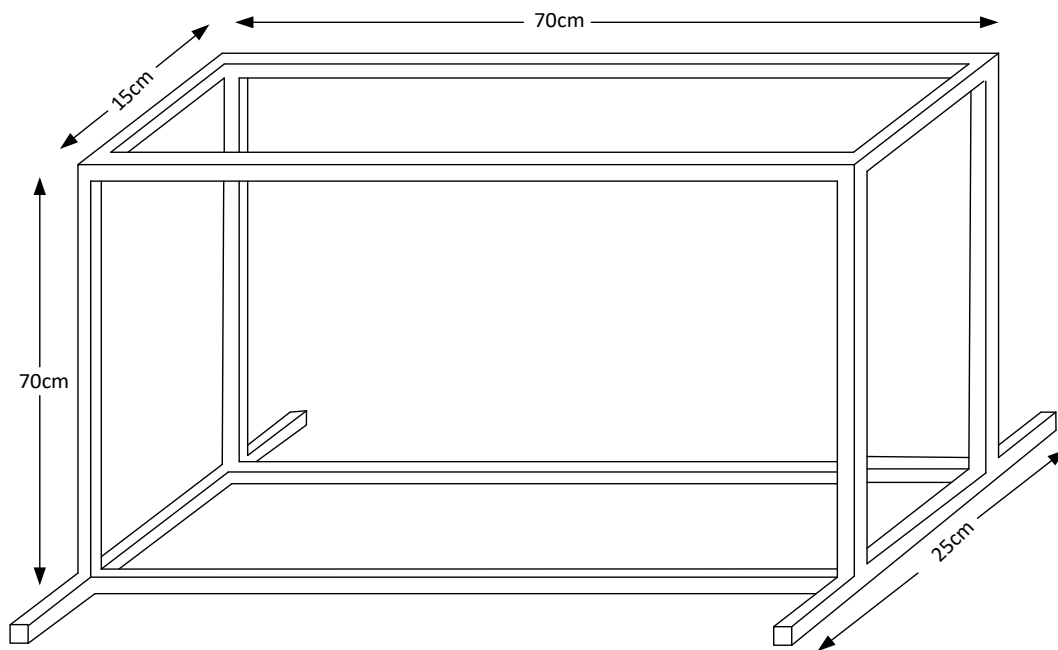


Figura 61: Forma y dimensiones de la estructura metálica.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

4.3.2 Determinar la factibilidad técnica y económica para realizar el montaje del PLC Siemens S7-300 y HMI en estructuras.

Para esta fase se realizó un inventario de los materiales necesarios para la construcción del módulo de pruebas tomando en cuenta lo difícil de encontrar algunos materiales.

En la tabla 12 se detalla la Lista de precios para la construcción de estructura portátil del módulo.

Tabla 12: Lista de precios para la construcción de estructura portátil del módulo.

Cantidad	Materiales	Precio unitario(Bs)	Total (Bs)
3	Tubo 1*1 cm	800	2400
1	Disco de corte	700	700
1	Disco de esmeril	850	850
20	Electrodos	450	450
1/2 galón	Pintura	500	500
1	Lamina de acrílico	1800	1800
1	Mecha 1/8	200	200
2	Spray negro	700	1400
8	Tornillos de acero	20	160
			8460

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

De acuerdo a los costos totales obtenidos, los autores de este trabajo de grado decidieron asumir dichos costos para la construcción del módulo de pruebas, ya que esperar por aprobación de la Universidad José Antonio Páez para la compra de los materiales requería más tiempo y el tiempo algunas veces suele ser más valioso que el dinero en sí y se requirió mucho tiempo para la realización de este trabajo de grado.

Dado que los costos fueron cubiertos por los autores, la construcción de la planta piloto resultó factible económicamente a pesar del elevado costo.

4.3.3 Construcción de la estructura Portátil:

En la figura 62 se puede apreciar la construcción inicial del módulo junto con su estructura fija. En la misma se puede ver las diversas perforaciones de distintos diámetros necesarios para la conexión e instalación de los conectores, fusibles, cableado, breaker y luces pilotos.



Figura: 62 Construcción inicial del modulo

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

El banco de prueba cuenta con una base fija de acero inoxidable para la colocación del autómata y un enclavamiento de posición local y remoto para las pruebas que se deseen realizar. Para una conexión hacia la planta piloto es necesario girar la llave que se observa en la figura 63 en sentido horario para poder trabajar en remoto del resto se mantiene en la posición local para solo pruebas en el banco. En dicha figura también se observa la culminación de las perforaciones necesarias para la conexión de los accesorios del banco.



Figura 63: Construcción del banco de prueba.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 64 se destaca la instalación de los componentes del banco de prueba como lo son: los relés de conmutación local remota, los conectores tipo banana hembra, los fusibles, el breaker de energización y desenergización del módulo y cableado en general. Además la conexión del PLC S7-300 siendo uno de los componentes principales del banco de prueba sin embargo es de considerar que cada elemento es necesario para el funcionamiento correcto de todo el sistema.



Figura 64: Conexión de los componentes del banco.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 65 se puede observar una vista terminada de la parte frontal del banco de pruebas, se observan los conectores tipo banana para las entradas y salidas, el interruptor para la alimentación 110V, el selector Local/Remoto, la entrada de

alimentación 110V y el PLC S7-300 con sus módulos de entradas y salidas en el centro.

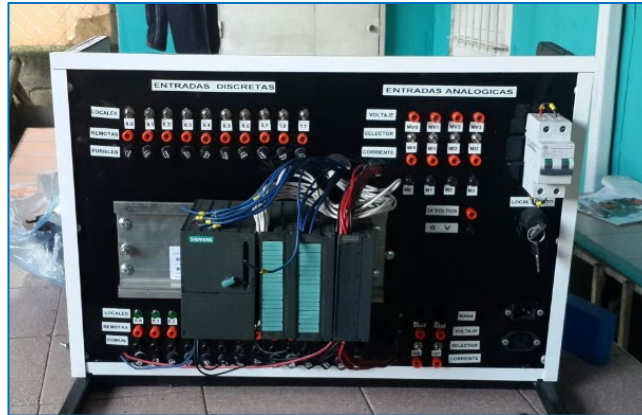


Figura 65: Vista frontal del banco de pruebas.
Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 66 se puede observar la parte trasera del panel de pruebas, en esta figura se detalla el cableado de los conectores, y la tarjeta de relés para alternar entre modo local o remoto. Además también se puede ver en detalle la estructura de tubos 1x1” que sostiene al panel. Así como los diversos conectores y regletas que complementan el correcto funcionamiento de la misma.

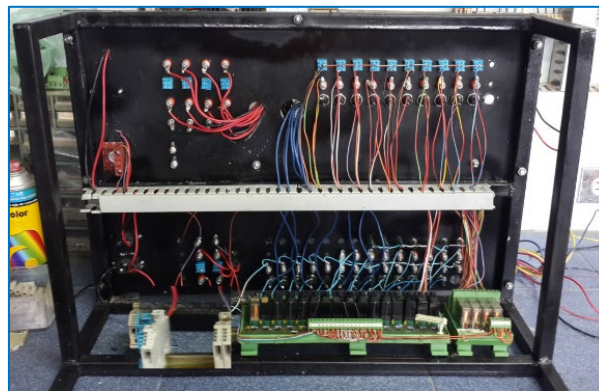


Figura 66: Vista posterior del banco de pruebas.
Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 67 se detalla la distribución general de los componentes del tablero.

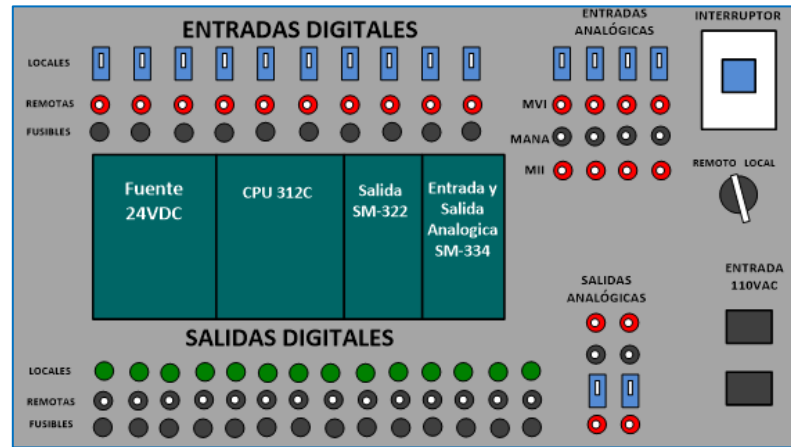


Figura 67: Distribución general de las áreas del tablero.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

El diseño está basado en las características y en la estructura del PLC S7-300, con CPU 312C, módulo de salida SM322 y módulo analógico SM334 y el panel está distribuido de la siguiente manera:

- Un área denominada entradas digitales, la cual contiene 10 entradas digitales representadas por 10 conectores tipo banana de color rojo y están identificadas desde la I0.0 hasta la I1.1 correspondientes a las 10 entradas digitales integradas de la CPU 312C. Por debajo de los conectores se encuentran 10 fusibles correspondientes a cada entrada, estos se instalarán para la protección de cada entrada del PLC. Por encima de las entradas se encuentran 10 interruptores tipo bate, estos fueron instalados con la finalidad de conmutar cada una de las entradas cuando el banco de prueba está en modo local. En la figura 68 se muestra el área de trabajo de las entradas digitales del banco



Figura 68: Entradas Digitales.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

➤ Se cuenta con un área de salidas discretas, en esta se encontrarán 14 salidas discretas que pertenecen a las 6 salidas integradas del CPU 312C y a las 8 primeras salidas de módulo de salida SM-322. Se encuentran enumeradas desde la O 0.0 hasta la O 1.7. Físicamente están representadas por conectores tipo banana de color negro y encima de estos existe una luz piloto que indica que salida esta activada. Cabe mencionar que las luces pilotos se activan cuando el banco de pruebas del PLC ésta en modo remoto y en modo local se activan las salidas que eléctricamente estén en un contacto seco normalmente abierto y las luces simultáneamente. Por debajo de los conectores tipo banana se encuentran también un grupo de fusibles correspondientes a cada salida, estos están destinados a proteger las salidas del PLC. En la Figura 69 se muestra una vista del área de salidas digitales descritas anteriormente.



Figura 69: Salidas Digitales

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

➤ En la figura 70 también podemos observar un espacio llamado Entradas Analógicas, estas son las pertenecientes al módulo de entradas/salidas AI/AO SM-334, al igual que en los casos anteriores a estas se accede a través de conectores tipo banana. Estos están identificados en este caso como los canales M0, M1, M2 y M3 donde el positivo para voltaje está en la parte superior y son de color rojo, debajo de estos existen cuatro selectores uno para cada canal respectivamente en el que se puede seleccionar si la entrada es de corriente o de voltaje. En el mismo orden debajo de estos están los conectores de entrada de corriente y por último están los conectores

a negativo de las entradas llamados Mana, que es donde se conectan el negativo de cada canal sea de voltaje o de corriente.

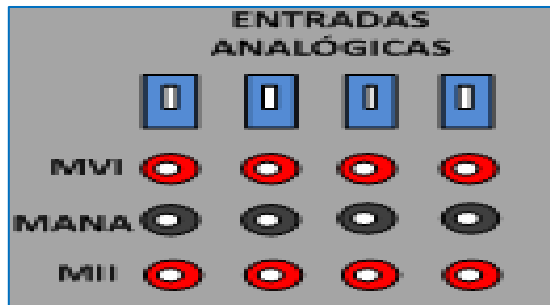


Figura 70: Entradas Analógicas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

➤ En el mismo orden de ideas, se encuentran por debajo de las entradas analógicas un área dedicada a las salidas analógicas, igual pertenecientes a los canales de salida analógica del módulo AI/AO SM-334, en este caso son dos canales QV0, QV1 y sus conectores están distribuidos de la siguiente manera: en la parte de arriba dos conectores tipo banana negros para en negativo de cada canal Mana, debajo de estos dos conectores rojos dan acceso a la salida de voltaje analógico. Seguidamente se encuentran dos selectores para intercambiar si la salida es a corriente o a voltaje y por último los dos conectores pertenecientes a la salida por corriente. Ver figura 71 salidas analógicas.

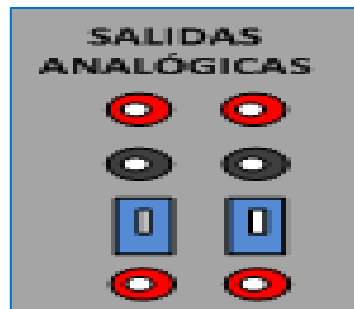


Figura 71: Salidas Analógicas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la parte central de la estructura se encuentra la parte más importante del banco de pruebas, como lo es el CPU 312C, El módulo de salidas discretas SM-322 y la el Módulo analógico mixto SM-334 y la fuente de alimentación PS-05. En estos van conectado todo el cableado de entradas y salidas antes descritas y es en el CPU donde se aloja el programa de las diferentes prácticas que se harán con el banco de pruebas. Ver figura 72 Salidas Analógicas.

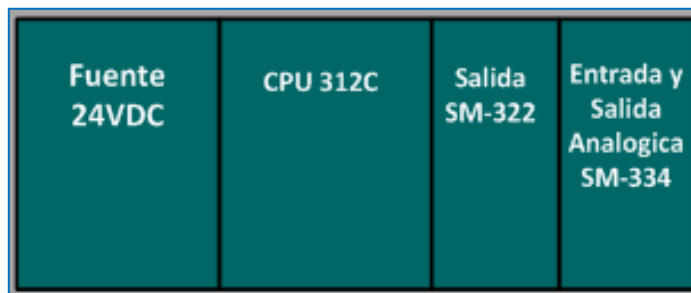


Figura 72: Área central de la estructura del banco.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

➤ Por último se ubica a la derecha del panel de pruebas mostrado en la figura 73; en la parte superior un breaker de control de 5 Amperes, el cual es el interruptor de la alimentación 110V de todo el sistema. En el centro se ubica un selector de dos posiciones para alternar modo remoto o local y en la parte inferior dos conectores para el 110V. Uno para la entrada 110V y otro para la alimentación de la planta piloto.



Figura 73: Breaker de control.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

4.3.3 Verificar el funcionamiento de todo el sistema para garantizar el montaje de las prácticas sin ningún inconveniente.

Se verificó el funcionamiento de todo el sistema del módulo de pruebas en el laboratorio de automatización, se cargó un programa realizado en STEP 7, pudiéndose observar el correcto funcionamiento de todas las entradas y salidas discretas, las entradas y salidas analógicas, el cambio de modo remoto a local y de cada una de las partes. En la figura 74 se puede apreciar una vista del panel en pruebas en pleno funcionamiento en el laboratorio de automatización.

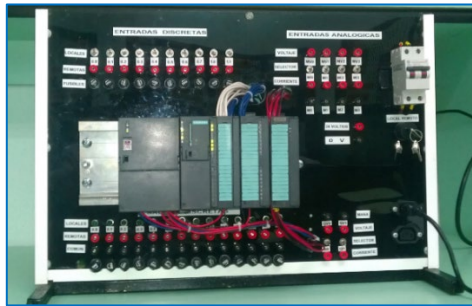


Figura 74: Vista frontal del banco de pruebas en funcionamiento.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 75, se puede observar el módulo de pruebas funcionando y usando todas sus capacidades. Está conectado con la planta piloto controlando el proceso y además en red MPI con el módulo de pruebas n° 2 del laboratorio de Automatización Industrial.

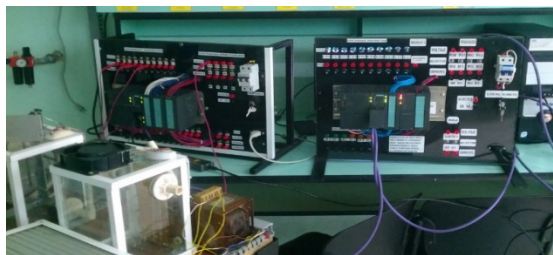


Figura 75: Vista frontal del banco de pruebas en funcionamiento.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

4.4 Fase IV: Elaboración de Planta piloto.

4.4.1 Determinar la factibilidad económica para realizar el montaje de la planta piloto.

Para esta fase se realizó un inventario de los materiales necesarios para la construcción de la planta piloto tomando en cuenta que varios componentes y materiales fueron suministrador por uno de los integrantes del proyecto. A continuación se realizó una lista con los materiales restantes. Ver tabla 13.

Tabla 13. Lista de precios de los Dispositivos y componentes de la planta piloto.

Cantidad	Materiales	Precio unitario(Bs)	Total (Bs)
12	Pletina de aluminio	600	7200
3	Spray color blanco	300	900
18	Láminas de vidrio de 3 mm de 25*18 cm	200	3600
5	Potes de silicón transparente	600	3000
2	Bombas de agua	1000	2000
1	Tubo 1*1 de hierro	800	800
1	Pletina de ½ de hierro	600	600
3	Metros de estaño	120	360
2	Mecha de hierro 3/8	180	360
50	Tornillos pequeños estriados	30	1500
1	Electroválvula	4500	4500
1	Cable de control de 30 mts	400	12000
1	Tabla de madera acanalada	1500	1500
1	Tubo de plástico ½ PVC	600	600
1	TAIPE	300	300

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Tabla 13. Lista de precios de los Dispositivos y componentes de la planta piloto.
Continuación.

Cantidad	Materiales	Precio unitario(Bs)	Total (Bs)
4	Motores DC	800	3200
1	Goma de tripa de bicicleta	80	80
1	Celda de carga	7500	7500
1	Ventilador 110 V	1300	1300
1	Resistencia calentadora	2500	2500
3	Canaletas	700	2100
1	Termocupla tipo K	8000	8000
1	Transformador de 2 A	12000	12000
1	Microcontrolador	4000	4000
			79900

De acuerdo a los costos totales obtenidos, los autores de este trabajo de grado decidieron asumir dichos costos para la construcción de la planta piloto ya que esperar por aprobación de la Universidad José Antonio Páez para la compra de los materiales requería más tiempo de espera que influía en conseguir luego precios más elevados debido a la inflación. Dado que los costos fueron cubiertos por los autores, la construcción de la planta piloto resultó factible económicamente a pesar del elevado costo.

4.1.2 Desarrollar una estructura móvil para la colocación de los diferentes dispositivos, actuadores, sensores y demás elementos.

Para dar cumplimiento con esta fase se realizó la fabricación de tres tanques de vidrios, con la inclusión de sensores discretos tipo electrodos de construcción propia para la medición de nivel y una cinta transportadora. También se realizó la instalación de dispositivos como electroválvulas, motores, agitador y ventiladores.

Además de una resistencia calentadora, termopar, celda de carga, tuberías PVC, cableado de control y potencia, tarjetas de instrumentación, transformadores, fuentes de corriente y voltaje. Para la construcción de la estructura móvil y elementos de la planta piloto, se procedió a la instalación de los diferentes sensores y actuadores indicados en las tablas 14 y 15.

Tabla 14: Elementos de entrada

Elemento	Características	Cantidad
Sensor	Tipo electrodo con dos elementos para nivel mínimo y máximo Tanque 1	1
Sensor	Tipo electrodo con dos elementos para nivel mínimo y máximo Tanque 2	1
Sensor	Tipo electrodo con cinco elementos para diferentes umbrales de nivel	1
Termocupla	Tipo K	1
Celda de carga	Alimentación 5-24 VDC Rango: 0 a 20 kg Sensibilidad: 1 mV/kg	1

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la tabla 15 se muestran todos los elementos de salida que se encuentran en la planta piloto.

Tabla 15: Elementos de Salida

Elemento	Características	Cantidad
Motor con engranajes	12 VDC	2
Motor sin engranajes	12 VDC	2

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Tabla 15: Elementos de Salida. Continuación.

Elemento	Características	Cantidad
Resistencia	Tensión:110 VAC Potencia:100 vatios Valor nominal: 25 Ω	1
Bomba	110 VAC	2
Transformador	Tensión nominal:120/60 V Potencia: 250 VA	1
Electroválvula	110 VAC	1

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura 76 se muestra el tanque T1, el cual se encuentra elevado mediante una base de hierro fija donde el flujo del tanque cae por gravedad hacia el tanque T2 mediante una tubería PVC. Además se puede notar el sensor de alto nivel de tipo capacitivo colocado en la tapa superior del tanque.

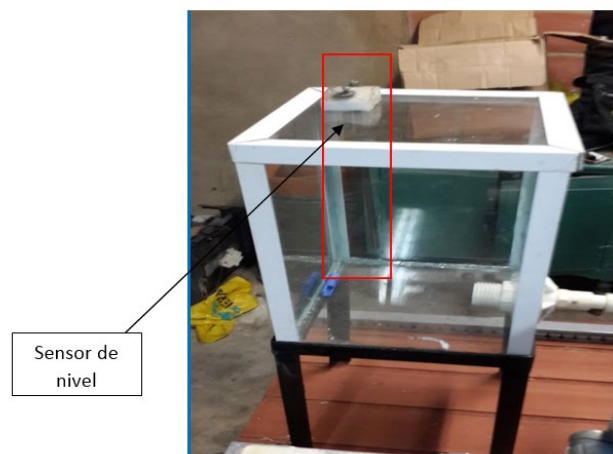


Figura 76. Tanque 1 y sensor de nivel.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura 77 se observa la construcción de la cinta transportadora la cual se encuentra fijada de vigas de aluminio, dos rodillos y un motor el que se encarga de impulsar y hacer girar los rodillos.



Figura 77. Creación de cinta transportadora.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La figura 78 destaca las dos tolvas de color azul que se encargan de almacenar y contener la sustancia para ser pesada a través de la celda de carga la cual se encuentra montada en una estructura fija de hierro y aluminio de construcción propia.



Figura 78. Instalación de la celda de carga en estructura fija.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La celda de carga es utilizada para medir la magnitud de la sustancia que se encuentra en forma de polvo la cual es almacenada a través tolvas para realizar el

proceso de pesado. En la figura 79 se muestra sus características por medio de la tabla 42.



Figura 79. La celda de carga.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la tabla 16 se detallan las especificaciones técnicas de la celda de carga.

Tabla 16. Especificaciones técnicas de la celda de carga.

Marca	TEDEA-HUNTLEIGH
Modelo	1042
S/N (serial)	S41582
Peso máximo	50 Kg
Grado	C3
Año	1998
NMI	TC2949

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura 80 se muestra la conexión de la electroválvula y la tubería PVC para la interconexión entre el tanque 1 y 2. Cabe destacar que este actuador trabaja

con 110 V AC y su condición es normalmente cerrada por lo que al ser alimentada esta cambia de posición y permite el flujo a través de ella.



Figura 80. Conexión de la electroválvula.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura 81 se muestra el tanque 2 el cual posee un motor agitador de construcción propia para realizar la mezcla entre la sustancia y el fluido. Además cuenta con una bomba de agua de alimentación de 110 V AC la cual se encuentra al fondo del tanque y un sensor de nivel discreto el cual permite medir el nivel bajo y alto del tanque ambos de construcción por los autores.

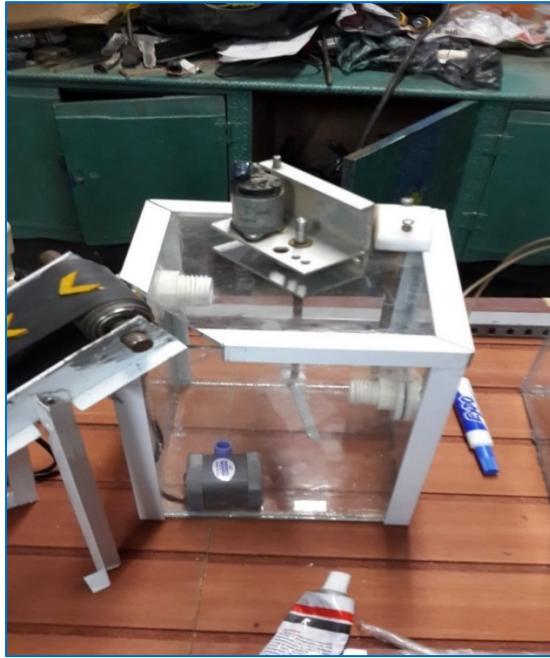


Figura 81. Tanque 2 para mezclado.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 82 se observa una vista de los dos primeros tanques y la cinta transportadora. Instalada y ensambladas en la planta piloto.

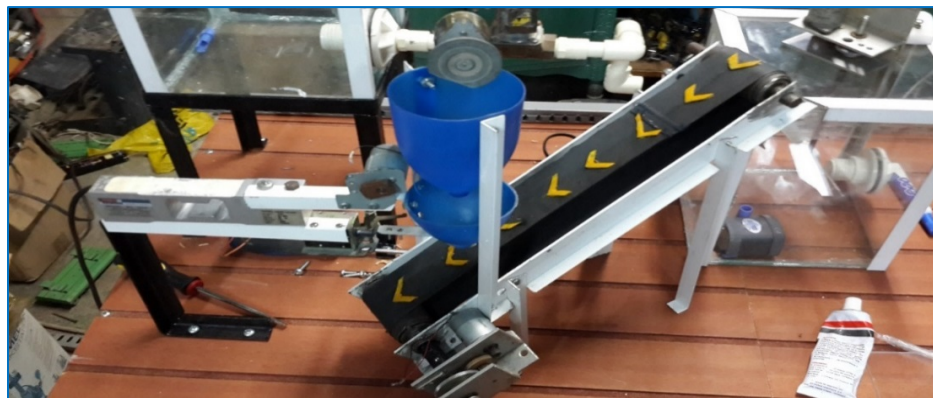


Figura 82. Vista de tanques y cinta transportadora ensamblada.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura 83 se presenta el tanque 3, destinado para usar en el control de temperatura mediante un PID a través del controlador del PLC SIEMENS S7-300. Además se puede observar un termopar, una resistencia calentadora, un ventilador de 110 V AC y el sensor analógico de nivel de construcción propia.

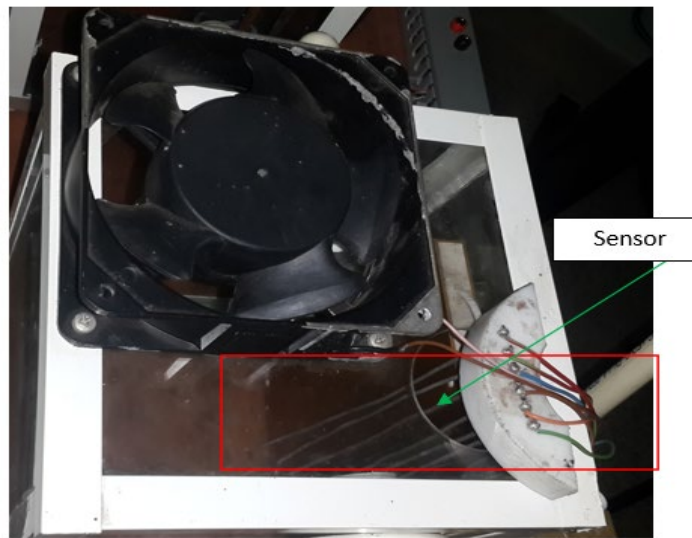


Figura 83. Tanque 3 para control de temperatura.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura 84 se muestra la fuente de alimentación de la planta piloto la cual provee el voltaje necesario para el funcionamiento de los dispositivos que trabajan con 110 V AC, los cuales son: la electroválvula, el motor del ventilador y la resistencia calentadora. Esta fuente fue necesaria ya que por lo regular el voltaje de trabajo de la mayoría de los dispositivos es de 24 V DC y estos son generados por el módulo 2 del PLC Siemens S7-300, pertenecientes a la fuente DC 24V PS 307 5 A.

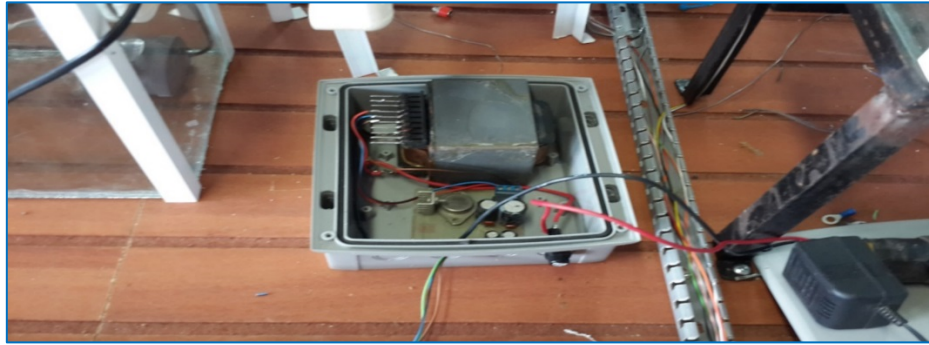


Figura 84. Fuente de alimentación.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura 85 se muestra la instalación das láminas de aluminio del tanque 3 y conexión del mismo en la planta piloto. Estas láminas fueron pegadas con silicón transparente ya que resultaba más estético y a la vez proporciona mayor estabilidad al tanque.



Figura 85. Instalación en maqueta del tanque 3.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Las tarjetas de instrumentación y cruce por cero para el microcontrolador se muestran en la figura 86. Estas son indispensables para el control de temperatura y control de peso debido a que los valores de voltajes emitidos por la celda y el termopar son muy pequeños y es necesario amplificarlos para realizar un control más

preciso. De igual manera en esta caja se encuentra las conexiones del ventilador, la resistencia calentadora y sensor de nivel del tanque 3.

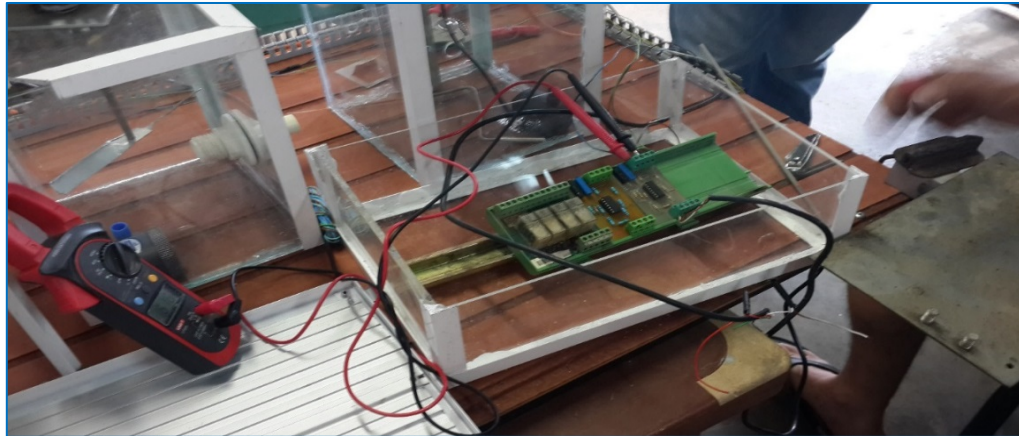


Figura 86. Tarjetas de instrumentación.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 87 se destaca una vista final de la planta piloto junto a todos los componentes que la componen para su correcto funcionamiento.



Figura 87. Vista final de la planta piloto.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura 88 se muestra una vista trasera de la planta piloto junto a todos los componentes que la componen para su correcto funcionamiento.

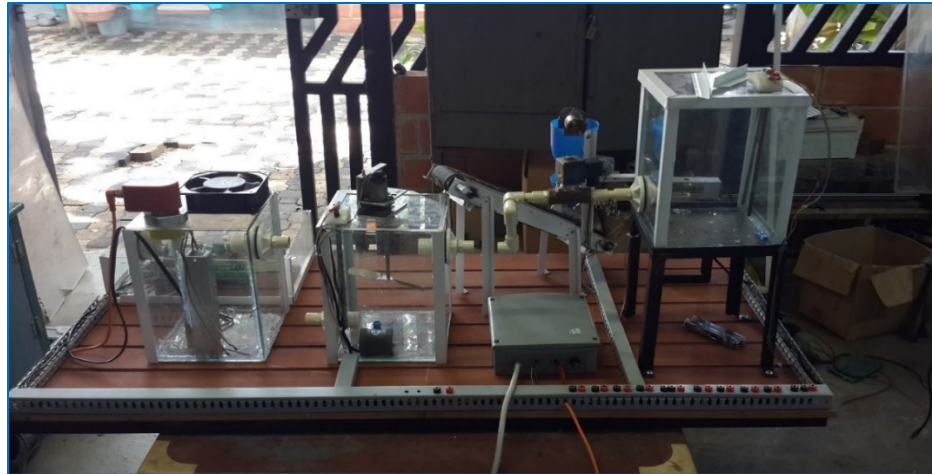


Figura 88. Vista trasera de la planta piloto

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

4.4.3 Comprobar el correcto funcionamiento del proceso para manipular las diferentes variables del sistema.

Para esta última fase fue necesario hacer distintas pruebas como diversos ajustes de calibración a los diferentes componentes de la planta piloto, tal como se demuestra a continuación.

En la figura 89 se muestra la calibración de la celda de carga para ello se procese aplicar un peso variable a la celda de carga e ir midiendo el voltaje producido a su salida. Esta tarjeta de instrumentación es utilizada para amplificar el voltaje producido por la celda, ya que estos valores de voltaje son muy pequeños y se encuentran por el orden de los milivoltios y con esa magnitud tan pequeña no se puede lograr un buen control de peso, porque no genera un valor estable del voltaje. Para ello se cuenta con un potenciómetro ubicado en la misma tarjeta que es utilizado para aumentar la ganancia hasta lograr cambios considerables y más estables. Es importante evitar saturar la ganancia, para poder lograr un valor estable. Este acondicionamiento se realizó para entregar una buena señal de control al PLC ya que

en la programación del mismo se desea comparar el valor medido por la celda de carga con un valor de referencia para el control de peso. Cabe destacar que para la calibración fue necesaria la utilización de un multímetro con sus respectivas pinzas, la celda de carga y la tarjeta de instrumentación.



Figura 89. Calibración de la tarjeta de amplificación de la celda de carga

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Los sensores de nivel discretos son de creación propia los mismo están constituidos por tres barras de cobre y galvanizados y asilados eléctricamente por medio de un trozo de material aislante tal como se muestra en la figura 90. En la misma se puede observar su funcionamiento el cual consiste en introducir las barras conductoras en un recipiente con agua al hacer contacto con las barras el agua el sensor se comporta como un interruptor cerrado permitiendo el paso de corriente a través del mismo.



Figura 90. Vista trasera de la planta piloto

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Al termopar le ocurre la misma situación que a la celda de carga. Es importante recordar que un termopar es un instrumento de medición de temperatura por lo tanto al percibir cambios de temperatura a su salida genera cambios de voltaje pero estos son muy pequeños por el orden de los micro voltios o mili voltios dependiendo de los niveles de temperaturas que se deseen medir, para efectos de esta prácticas las temperaturas que se manejan por seguridad no son muy altas es necesario amplificar su señal de salida. Para efectos de calibración y considerar a cuanto se debía ajustar la ganancia de la tarjeta de instrumentación se le aplicó una temperatura a través de la ayuda de un cautín tal como se puede observar en la figura 91.



Figura 91. Calibración de la Termocupla.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Debido a que se desea hacer control de temperatura a través de un PID, el controlador del autómatas S7-300 de forma automática realizará los cálculos necesarios para ajustar su salida de manera tal que envíe una respuesta al actuador considerando el Set Point y el error del proceso. La salida del PLC no va directamente al actuador (resistencia calentadora) debido a que el autómatas solo maneja señales de control mas no de potencia, esa salida es llevada a una tarjeta de instrumentación donde se acondiciona dicha señal para ejercer un buen control. Es por ello que en la figura 92 se observa la calibración de la tarjeta de instrumentación junto con el osciloscopio el cual permite visualizar el comportamiento del voltaje de forma analógica cuando este es controlado por el PLC para disminuir el error hasta cero y lograr alcanzar el Set Point para efectos de esta práctica el proceso es de 40 grados centígrados.



Figura 92. Ajuste del cruce por cero y salida del controlador.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 93 se muestra las conexiones de la regleta de alimentación de los diversos componentes de la planta piloto para comprobar su correcto funcionamiento.

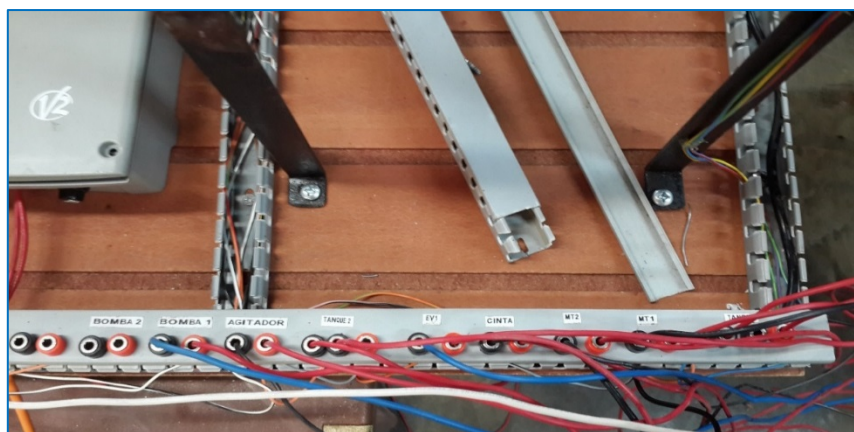


Figura 93. Conexiones de los componentes de la planta.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura 94 se puede ver claramente la conexión entre la planta piloto y el módulo Nro. 2, mediante la previa programación en el Simatic Manager del STEP 7 para lograr un ensayo completo del funcionamiento de cada parte del proceso como lo son el control de nivel, control de peso y el control de temperatura.

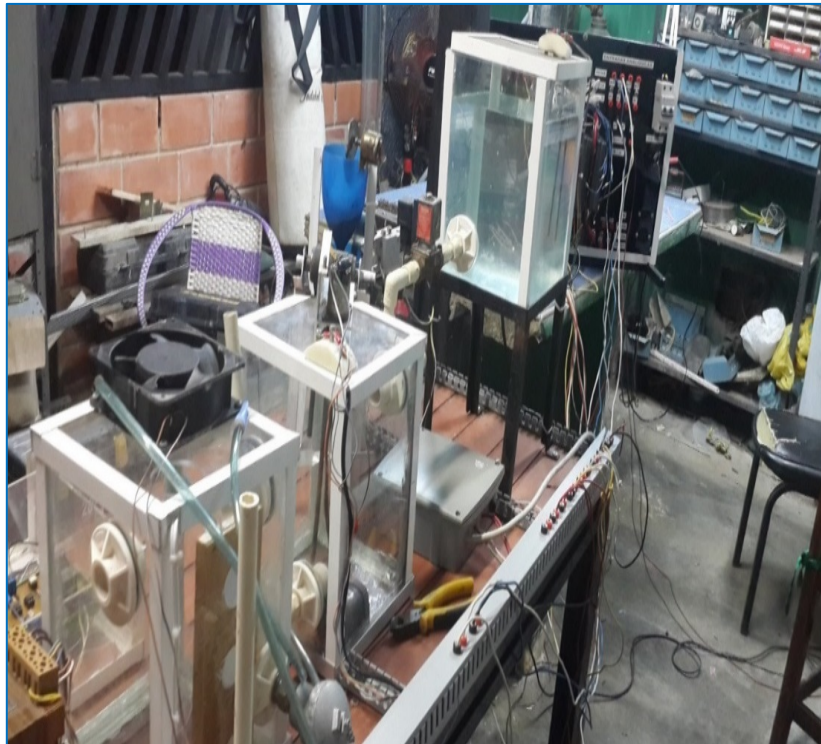


Figura 94. Prueba final de la planta piloto.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

CONCLUSIONES

La culminación de este trabajo de grado satisface las expectativas generadas al comienzo de este proyecto, al explorar y poner en práctica la programación estructurada para procesos más complejos en cadenas o secuenciales. Se aprovecharon las potencialidades de los equipos SIEMENS disponibles en el laboratorio de automatización industrial como lo son el Autómata S7-300 y el panel operador TP 177 B. Además se estudió el software de programación STEP 7 SIMATIC Manager, Wincc Flexible 2007 e Intouch 10.0 para la comunicación, desarrollo y animación del proceso llevado a cabo en una planta piloto donde se destacan el control de nivel, peso y temperatura. Se logró la creación de un módulo de prueba disponible para prácticas simuladas en tiempo real con variables físicas a través de la potencialidad del PLC SIEMENS S7-300 en los diversos lenguajes de programación como escalera, diagrama de funciones, Grafcet y con programación estructurada. Este trabajo de grado cumple con los objetivos planteados inicialmente con la idea de incentivar a los estudiantes de ingeniería electrónica a las nuevas tecnologías como los autómatas S7- 300 para el enriquecimiento de los conocimientos en la asignatura de Automatización Industrial a través de herramientas como son; el banco de prueba, nuevos esquemas de programación, la manipulación de variables discretas y analógicas, una planta piloto para complementar las simulaciones y estas a la vez ser llevadas a la práctica enfrentando los diversos retos que se encuentran en el campo laboral como los ajustes y calibraciones de velocidad, tensión y corrientes en motores, cintas transportadoras y resistencias calentadoras para el manejo de control y potencia a través de actuadores, elementos finales de control, transformadores, celdas de carga, resistencias, microcontroladores, amplificadores operaciones y otros dispositivos, así como el uso de herramientas elementales desde un multímetro a un osciloscopio.

Se puede considerar un reto alcanzado con la culminación de este trabajo ya que se superaron todas las expectativas planteadas para otorgar a la asignatura de Automatización Industrial un aporte al reforzamiento de los conocimientos de los estudiantes egresados en el área de Ingeniería Electrónica de la Universidad José Antonio Páez, quedando equipada con una planta piloto con comunicación MPI para la interconexión del hardware de SIEMENS y una red multipunto para la conexión de dos o más autómatas estableciendo órdenes de mando como esclavo y maestro. Para las animaciones de todo el proceso con la herramienta HMI de SCADA e Intouch Wonderware y Wincc flexible 2007, para la programación del panel 177B donde se puede monitorear, controlar el proceso y hacer ajustes en variables analógicas.

Además de todo lo dicho anteriormente este trabajo de grado representó para los tesisistas una experiencia importante no solo desde el punto de vista técnico sino también desde un punto de vista gerencial y de logística ya que se debieron tomar en cuenta aspectos que involucran diversas áreas de estudio como la economía para determinar la factibilidad económica, en el área de ingeniería industrial para determinar cronogramas de tiempo y ejecución de actividades, en ingeniería mecánica ya que hubo que diseñar diferentes piezas mecánicas para el módulo de pruebas y para la maqueta. En fin se realizó un proyecto que involucró las áreas más importantes en el ámbito industrial y esto dejó como resultado una experiencia trascendental.

RECOMENDACIONES

- Estudiar lenguajes de alto nivel en el STEP 7 como: S7-GGRAPH y S7-Hi-GGRAPH, los cuales son mucho más potentes y empleados para procesos asíncronos y no secuenciales en forma de gráficos de estado con estructuras similares a las de un lenguaje en Pascal y C.
- Implementar un brazo robótico para conectarlo en la etapa final del proceso de la planta piloto, para que retire el envase que ha sido llenado una vez que se realiza el control de temperatura.
- Realizar la implementación de las estaciones para los autómatas SIEMENS S7-300 existentes en el laboratorio de automatización para facilitar el proceso de enseñanza de este PLC tan usado y competitivo en la actualidad en las diversas industrias del país.
- Crear más plantas pilotos con nuevos procesos industriales explotando aún más las potencialidades de los autómatas de la serie S7-300, como por ejemplo automatización de procesos un auto lavado, empaquetado, paletizado o cualquier otro proceso que ayude a fomentar las enseñanzas y potencialidades de estos equipos.
- Leer paso a paso los manuales y guías dejadas en los apéndices de este trabajo de grado a fin de realizar correctamente con todas las precauciones y seguridad cada práctica.
- Luego de realizar los programas de automatización verificar su funcionamiento en modo local y después de haber visto que funciona de manera correcta entonces si proceder a probarlo en modo remoto, esto para evitar que una mala conexión pueda dañar el PLC S7-300 o alguno de sus módulos.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Ander, E. (1987). “Técnicas de investigación social”. Segunda edición. Buenos Aires: Argentina. Editorial Humanista.

Balestrini, M. (2002). “Como se elabora el proyecto de investigación”. Sexta edición. Venezuela: Caracas. Editorial: Consultores Asociados.

Castillo, C. (2011). “Diseño de Experiencias Prácticas de Automatización Industrial Con Una Red De PLC’s, HMI’s Y Sistema SCADA” Escuela de Electrónica de la Universidad José Antonio Páez, Valencia, Venezuela. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Zaira, A. (2011). “Ingeniería básica de la automatización del sistema de control de una planta de nitrato de amonio en solución”. Trabajo especial de grado presentado en la Universidad de Carabobo para optar al título de Ingeniero Electricista. Facultad de Ingeniería. Valencia, Venezuela.

Hernández, R (2003). Métodos de la investigación, investigación estadística. 3º edición. Colombia: Editorial McGraw Hill.

Hurtado, J. (2008). Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio. 4ta edición. México. Editorial: LIMUSA.

Janampa, J. (2008). “Desarrollo de un banco de control de procesos portátil para el Laboratorio de Automatización I mediante un micro PLC Simatic S7-200”.

Trabajo especial de grado presentado en la Universidad de Carabobo para optar al título de Ingeniero Electricista. Facultad de Ingeniería. Valencia, Venezuela.

Medina, H. y Montañez, F. (2011). “Reingeniería de los bancos de medición de Instrumentación Industrial para el diseño de prácticas de control de temperatura y velocidad, orientadas a la Cátedra de Automatización Industrial”, Escuela de ingeniería electrónica Universidad José Antonio Páez. Valencia Venezuela. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Palella, S. y Martins F. (2006). Metodología de la investigación cuantitativa. Segunda edición. Caracas Venezuela. Editorial: Fondo editorial de la universidad pedagógica libertador.

Ródenas, J. (2008). “Automatización y diseño SCADA con TP177B PN/DP de aplicaciones docentes con Software SCADA y autómatas: S7-200 y S7-30”, presentado en la Universidad Politécnica de Cartagena.

Rodríguez, A (2006). “Sistemas SCADAS”. Primera edición. España: Barcelona. Editorial Marcombo.

Ruiz O. (1989). La descodificación de la vida cotidiana: 3ra edición Métodos de investigación cualitativa. Bilbao: Universidad de Deusto.

Tamayo, M. (1998) “El proceso de la investigación científica.” México. Editorial Limusa.

ELÉCTRONICAS

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81>. Información referente a la automatización industrial. Fecha consultada: 12/02/15.

<http://e-portafoliodezulema.blogspot.com/2008/05/tipos-de-diseo-segn-sampieri.html>. Información referente a la investigación experimental. 15/03/15

https://es.wikipedia.org/wiki/Edsger_Dijkstra información referente a la programación estructurada. Fecha de consulta: 08/01/2014.

https://books.google.co.ve/books/about/Aut%C3%B3matas_programables_y_sistemas_de_au.html?id=5jp3bforBB8C&redir_esc=y libro de autómatas programables lineamientos y estructuras de programación. Fecha consultada: 16/11/14.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/056/18652056/att_70833/v1/S7prv54_s.pdf

Manual STEP 7, 2006. Fecha consultada: 5/11/14

https://books.google.co.ve/books?id=xfSjADge70C&pg=RA2-PT40&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false

Libro de autómatas programables Ballecells referentes a las forma de control de los procesos industriales. Fecha consultada: 20/04/15.

<http://myslide.es/documents/modelo-osi-alonso.html> información referida a los modelos de referencias OSI. Fecha consultada: 2/11/14.

https://books.google.co.ve/books?id=cNQfjbBcUq8C&redir_esc=y Contenido de los sistemas de control SCADA de procesos industriales. Fecha consultada: 16/03/15.

<http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200ManualSistema.pdf> manual Simatic para programación de autómatas de la serie S7-200. Fecha consultada: 19/04/15.

<https://hellsingge.files.wordpress.com/2014/10/ingenieria-de-control-moderna-ogata-5ed.pdf>

Ingeniería de Control Moderna para control de procesos. Fecha consultada: 10/10/14.

<http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/10574/3.00.pdf> Información referente a Principios de Programación en STEP7. Documento en línea. Fecha de consulta: 18/01/2015.

<file:///C:/Documents%20and%20Settings/joel.perdomo/Mis%20documentos/Downloads/Programaci%C3%B3n+S7-300.+Avanzado.+Step+7.pdf> Información referente a Autómata programable S7-300 Instrucciones avanzadas. Documento en línea. Fecha de consulta: 17/02/2015.

http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/1/18/ADMINISTRADOR_SIMATIC.pdf Información referente Administrador SIMATIC. Documento en línea. Fecha de consulta: 03/03/2015

<http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/WinCCFlexible2005-DescripcionConceptos.pdf> Información referente a SIMATIC HMI WinCC flexible 2005 Compact / Standard / Advanced Manual del usuario. Documento en línea. Fecha de consulta: 19/04/2015.

<http://www.logiteksa.com/wonderware/Intouch.htm>. Información referente al software InTouch de Wonderware, estructura y programación. Fecha de consulta: 05/04/2015.

https://cache.automation.siemens.com/dnl/jIxNTg1AAAA_1137630_HB/Graph7_s.pdf Información referente a S7-GRAPH - Programación de controles secuenciales. Documento en línea. Fecha de consulta: 19/04/2015

<http://es.slideshare.net/techonmyweb/programacin-estructurada-plc-siemens>. Acerca de la programación estructurada. Fecha de consulta: 06/03/2015

<http://www.infopl.net/descargas/106-siemens/software-step7-tiaportal/477-programacion-estructurada-en-step7-con-bloques-de-funcion-fb> referente a Programación estructurada en Step7 con bloques de función FB. Fecha de consulta: 19/04/2015

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/21084461/att_82595/v1/hmi_tp177a_tp177b_op177b_operating_instructions_es_ES_es-ES.pdf información referente a la configuración del panel TP177de Siemens. Fecha de consulta: 12/02/2015

APÉNDICE

APÉNDICE A-1

Entrevista para docentes

Docente entrevistada: Prof. Aída Pérez

1) ¿Años de experiencia dictando la asignatura de Automatización Industrial?

R) 12 años.

2) ¿Es necesario implementar nuevas tecnologías en la asignatura de Automatización Industrial?

R) Sí, con la finalidad de incorporar nuevos equipos y herramientas de software.

3) ¿Es necesario implementar nuevos PLC's de diferentes marcas a los ya existentes en el laboratorio de Automatización Industrial?

R) Por supuesto, dando prioridad a los más usados en la industria, dentro de las posibilidades económicas de la institución.

4) ¿Existen nuevos equipos en el Laboratorio de Automatización Industrial de la UJAP? De ser afirmativa, cuáles.

R) Sí, existen cuatro PLC Siemens S7-300 y dos HMI Siemens adquiridos en el año 2010, los cuales han tenido muy poco uso y es para este año 2015 cuando se puso en funcionamiento uno de los PLC Siemens S7-300, y las HMI, usados en tesis y recientemente en las clases de pregrado.

5) ¿Para el uso de tales equipos, es necesario la creación de una guía para el manejo de los mismos?

R) Es correcto, ya que cuando se incorporan nuevos equipos y software se debe facilitar material de uso que ayude con la familiarización de los mismos, adaptados al laboratorio de Automatización Industrial y las asignaturas allí dictadas.

6) ¿Qué clase de guía podría ser?

R) Guías Prácticas de uso de un módulo didáctico con el PLC incluido.

7) ¿Podría elaborarse una guía para la enseñanza y aprendizaje de estos equipos?

R) Sí, ya se han hecho dos trabajos de grado que aportaron prácticas de laboratorio y un primer módulo didáctico. La idea es entonces seguir desarrollando nuevo

material, para disponer de un contenido teórico práctico más completo con un segundo módulo didáctico.

8) ¿Puede realizarse un correcto montaje y cableado de los PLC's S7-300 en estructuras metálicas?

R) Si, No existe problema alguno para ello.

9) ¿Qué nombre se le puede asignar a estos montajes?

R) Podría llamárseles Módulos o bancos de pruebas.

10) ¿Es necesario la creación de un manual de usuario, para el uso de las estaciones de trabajo?

R) Por supuesto, ya que los alumnos no están familiarizados con dichos elementos, es necesario crear un manual para el uso de los bancos de prueba.

11) ¿Qué modo de uso se le puede dar a tales estaciones de trabajo?

R) Se podrían usar para la enseñanza de prácticas de automatización en el laboratorio de automatización industrial.

12) ¿Sería útil disponer de una maqueta de procesos en el Laboratorio de Automatización Industrial?

R) Sí, ya que actualmente sólo se cuenta con motores para realizar control de velocidad. Sería oportuno y de alto valor disponer de una maqueta para manejar variables analógicas como temperatura, nivel, peso.

APÉNDICE A-2

Entrevista para estudiantes

Se realizó una entrevista a tres estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad José Antonio Páez.

ALUMNO A

1) ¿Es necesario implementar nuevas tecnologías a la asignatura de Automatización Industrial?

R) Sí, ayudaría a complementar el pensum de la carrera.

2) ¿Conoce usted si existen PLC's S7-300 y HMI's, ambos marca SIEMEN en la institución universitaria?

R) Sí, la universidad adquirió unos equipos Siemens entre ellos autómatas y paneles Siemens.

3) ¿Cree usted necesaria una guía para la enseñanza y aprendizaje de los PLC Siemens S7-300?

R) Por supuesto, con una guía el aprendizaje sería más eficaz y mucho más rápido.

4) ¿Es necesario la creación de estaciones de trabajo Siemens S7-300 acompañadas de un manual de usuario para el estudiante?

R) Sí, los equipos de trabajos son necesarios para hacer prácticas de las programaciones que se desarrollen con este tipo de PLC.

5) ¿Sería útil disponer de una maqueta de procesos en el Laboratorio de Automatización Industrial?

R) Claro, más que útil serviría de motivación al estudiante a crear nuevas maquetas con otros procesos basándose en las ya implementadas. Así como llevar a la práctica la ejecución de un proceso real.

APÉNDICE A-2
Entrevista para estudiantes

ALUMNO B

1) ¿Es necesario implementar nuevas tecnologías a la asignatura de Automatización Industrial?

R) Sí, la asignatura necesita de las enseñanzas de equipos más actuales para complementar la formación de cada estudiante egresado.

2) ¿Conoce usted si existen PLC's S7-300 y HMI's, ambos marca SIEMEN en la institución universitaria?

R) Claro, además son equipos que se encuentran disponibles y no están siendo utilizados

3) ¿Cree usted necesaria una guía para la enseñanza y aprendizaje de los PLC Siemens S7-300?

R) Sí, los manuales y guías de estos autómatas son necesario para el estudio la programación y conexión de ellos.

4) ¿Es necesario la creación de estaciones de trabajo Siemens S7-300 acompañadas de un manual de usuario para el estudiante?

R) Sí, cada estación debe contener su manual para evitar un manejo incorrecto de la estación.

5) ¿Sería útil disponer de una maqueta de procesos en el Laboratorio de Automatización Industrial?

R) Claro, el desarrollo de prácticas diseñadas en el laboratorio pueden ser probadas si se contara con una maqueta en el laboratorio.

APÉNDICE A-2
Entrevista para estudiantes

ALUMNO C

- 1) ¿Es necesario implementar nuevas tecnologías a la asignatura de Automatización Industrial?
- R) Sí es necesario ya que el área de ingeniería electrónica se renueva constantemente y es necesario mantener los contenidos de las materias actualizados.
- 2) ¿Conoce usted si existen PLC's S7-300 y HMI's, ambos marca SIEMENS en la institución universitaria?
- R) Sí, de hecho en el laboratorio de automatización se usa un módulo con un PLC S7-300 para impartir clases.
- 3) ¿Cree usted necesaria una guía para la enseñanza y aprendizaje de los PLC Siemens S7-300?
- R) Por supuesto, ya que este conocimiento no puede ser adquirido de forma empírica. Debe ser guiado y de forma sistemática.
- 4) ¿Es necesario la creación de estaciones de trabajo Siemens S7-300 acompañadas de un manual de usuario para el estudiante?
- R) Sí es necesario ya que actualmente solo existe una estación y no es suficiente para la cantidad de alumnos que semestralmente cursan la materia.
- 5) ¿Sería útil disponer de una maqueta de procesos en el Laboratorio de Automatización Industrial?
- R) Obviamente sería muy útil ya que daría entusiasmo a los estudiantes para realizar prácticas en ella utilizando elementos que efectivamente se encuentran en las industrias.

APÉNDICE B. LISTA DE COTEJO

Lista de cotejo para aplicación de la observación directa en el Laboratorio de Automatización Industrial de la escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad José Antonio Páez.

Aspectos primordiales en la asignatura laboratorio de Automatización	SI	No
En el Laboratorio de Automatización Industrial se encuentran disponibles autómatas de la serie S7-300	X	
Los estudiantes y docentes de la materia Laboratorio de Automatización Industrial utilizan todos los PLC disponibles.		X
Actualmente se imparten clases con los Siemens S7-300.	X	
Para mayor comodidad se deben crear más módulos y estaciones con PLC Siemens	X	
Existen los software necesario para el funcionamiento de los equipos Siemens del laboratorio de automatización	X	
Existen equipos de computación actualmente en el Laboratorio de Automatización que soporten los software para los PLC S7-300	X	
Los docentes de la asignatura Automatización Industrial han recibido cursos sobre SIMATIC STEP 7.	X	
Existe en el Laboratorio de Automatización las herramientas para estudiar los Autómatas S7-300.	X	
Existen módulos de trabajo en el laboratorio de Automatización con PLC Siemens	X	
Existen plantas pilotos para las practicas con el Autómata S7-300		X
Existen estructuras metálicas para instalas nuevos PLC Siemens	X	
Existen las borneras de todos los módulos analógicos de los autómatas Siemens		X

APÉNDICE C

DESARROLLO DE LAS EXPERIENCIAS PRÁCTICAS

Práctica N° 1. Introducción a la programación estructurada de STEP 7 con lenguaje escalera y Grafcet.

N° de sesiones: 1

Objetivo general

Realizar control de nivel de tanques cerrados con sensores discretos y control de peso a través de celda de una carga haciendo uso de la programación estructurada con un PLC Siemens S7-300.

Objetivos específicos

- Familiarizarse con el SIMATIC Manager del software STEP 7 para el manejo de proyectos.
- Realizar programas en STEP 7 con lenguajes en escalera y Grafcet.
- Utilizar el bloque Escalar FC 105 en el manejo de variables analógicas.
- Utilizar el simulador PLCSIM para la verificación del programa.

Pre laboratorio

Estudiar el software STEP 7 profesional de Siemens para:

- La creación de proyectos.
- Programación en lenguaje escalera y Grafcet.
- Configuración de hardware.
- Manejo de simulador PLCSIM.
- Investigar sobre procesos industriales con manejo de variables reales.

Se recomienda revisar los trabajos de grados:

- ✓ “Diseño de experiencias prácticas de automatización industrial con una red de PLCs HMIs y Sistema SCADA”, deCastillo Carlos (2011).
- ✓ “Desarrollo de una guía teórico-práctica para la enseñanza de la programación Grafcet y escalera para los autómatas programables Siemens S7-300 en la cátedra de

automatización industrial de la Universidad José Antonio Páez”, de Méndez Josué y Marín Jorge (2015).

Laboratorio

Se desea controlar el nivel de un tanque elevado T1 y de un segundo tanque T2. Para ello se cuenta con sensores de nivel discreto en la parte superior e inferior de ambos tanques y una electroválvula de 110 V AC normalmente cerrada. Se quiere que solo si el tanque uno se encuentra lleno se pueda dar inicio al proceso.

Al presionar un botón de START se arranca el proceso vaciando el flujo del tanque uno al tanque dos a través de una electroválvula. Una vez lleno el tanque T2 se debe cerrar la electroválvula y activar el motor de la tolva 1, la cual contienen una sustancia en forma de polvo. El motor de la tolva 1 es usado para hacer vibrar a la misma y despojar la sustancia a la tolva 2. Dicha sustancia debe ser pesada una vez que caiga en la tolva 2 donde se encuentra una celda de carga que mide el peso de la sustancia (debe escalarse el valor medido en el pesado a través del bloque FC-105 ya que las celdas de carga miden solo magnitudes muy pequeñas que se encuentran por el orden de los milivoltios).

Se requiere obtener un peso de 5 gramos aproximados, para esto se supondrá que dicho valor una vez escalado será comparado con un valor real de 2,000+001. Una vez logrado este peso se procede a abrir la compuerta para desalojar dicha sustancia a una banda transportadora que debe arrancar en el mismo instante que se abre la compuerta, la cinta y el agitador por 30 segundos.

La sustancia es llevada al tanque T2 para ser mezclada. Finalizado este tiempo deben permanecer encendidos la cinta encendida y el agitador para garantizar que toda la sustancia caiga en el tanque y la mezcla sea homogénea. El agitador debe permanecer encendido por 20 segundos. Luego de esto se detiene el agitador y se arranca la bomba 1 para depositar dicha mezcla en un tanque 3, se espera que el sensor de alto nivel de dicho tanque indique que la mezcla haya sido depositada en su totalidad para apagar la bomba 1. Se quiere además que se cuente con un STOP para detener el

proceso y una botón de pausa con el cual el proceso debe detenerse donde se encuentre y al pulsar el botón de START el proceso siga donde se quedó. El ejercicio debe realizarse en programación estructurada conteniendo los lenguajes en escalera (KOP) y Grafcet y se debe utilizar el software STEP 7 profesional de Siemens y el simulador PLCSIM. En la figura C-1 se observa una representación del proceso a realizar en la práctica 1.

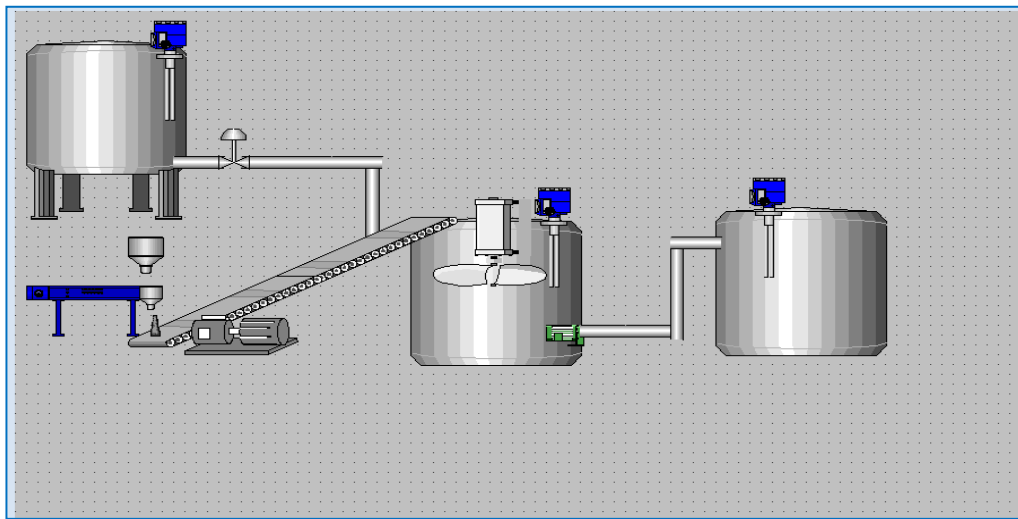


Figura C-1: Representación de proceso práctica1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Desarrollo

Creación del proyecto

Para inicial se debe hacer clic en icono SIMATIC Manager y aparecerá la ventana que se muestra en la figura C-2.

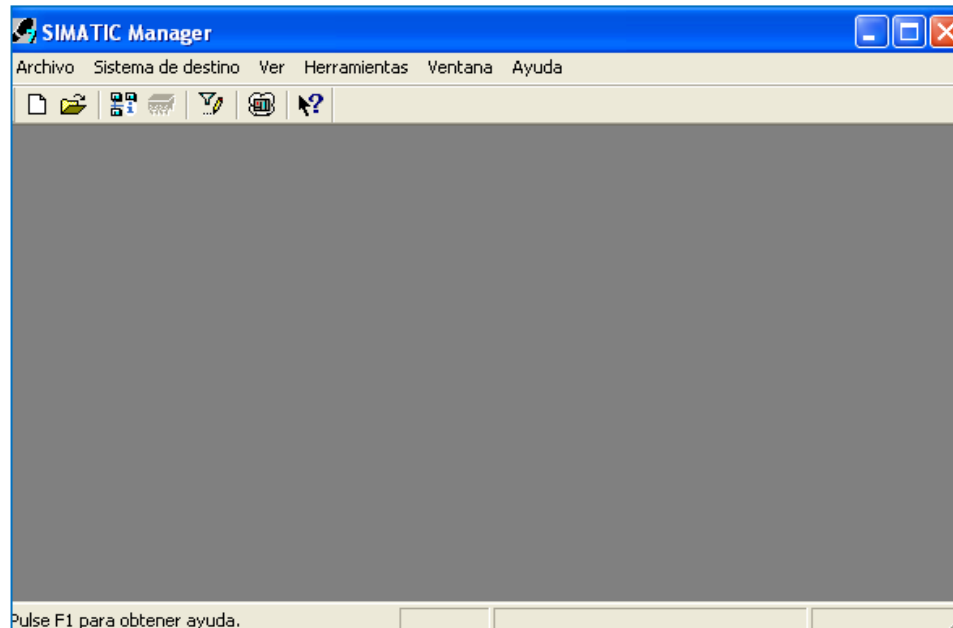


Figura C-2: Ventana de SIMATIC Manager.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-3 se tiene la ventana de asistente STEP 7 en el cual se debe hacer clic en **Siguiente** para la creación de un nuevo proyecto.

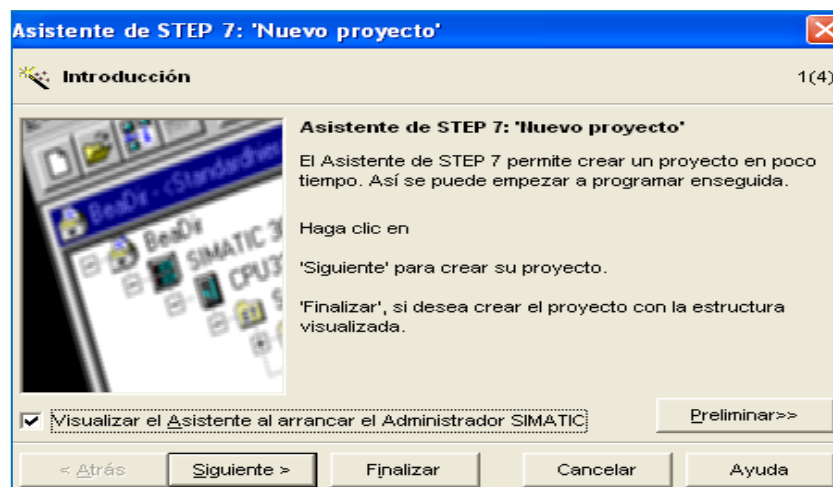


Figura C-3: Ventana de asistente STEP 7

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La figura C-4 se destaca la creación de nuevo proyecto en el asistente STEP 7 en la misma se debe seleccionar la el tipo de CPU con la que se va a trabajar, para este proyecto se utilizará la CPU312C.

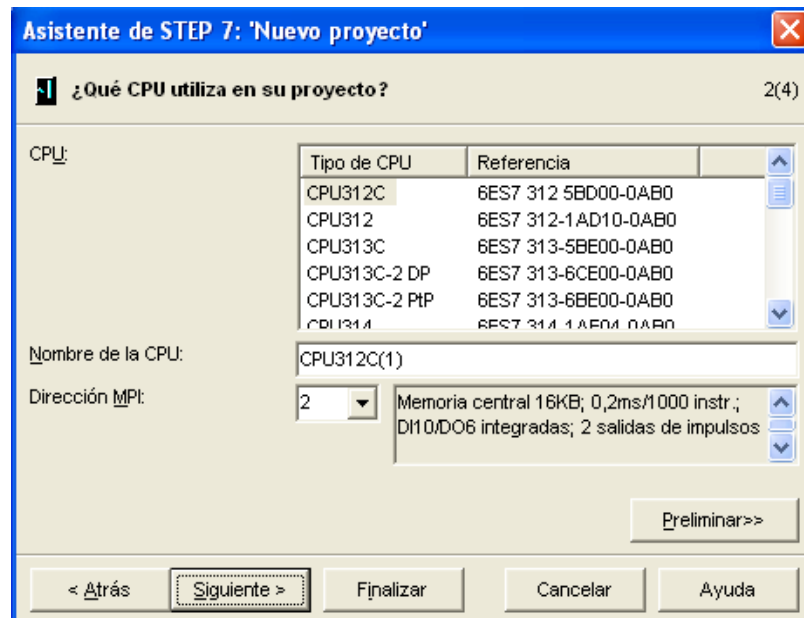


Figura C-4: Ventana de nuevo proyecto

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-5 se muestra la ventana de selección en el que debemos indicar el tipo de lenguaje bien sea: lista (AWL), contactos o escalera (KOP) o diagramas de funciones (FUP). Para este proyecto se seleccionará la opción lenguaje KOP, la práctica a desarrollar está basada en programación estructurada utilizando bloques de organización, funciones, bloques de función y bloques de datos.

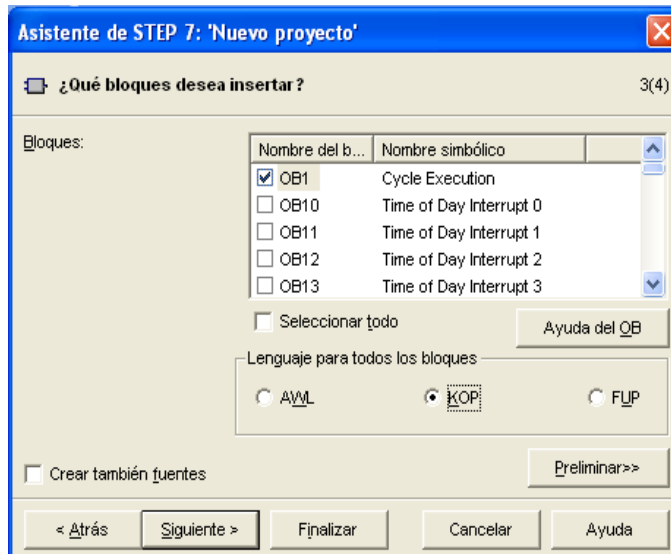


Figura C-5: Ventana de nuevo proyecto

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-6 se detalla la ventana de asistente del STEP 7, en ella se le colocará el nombre del proyecto en la barra que se muestra a continuación luego de esto se hace clic en finalizar.

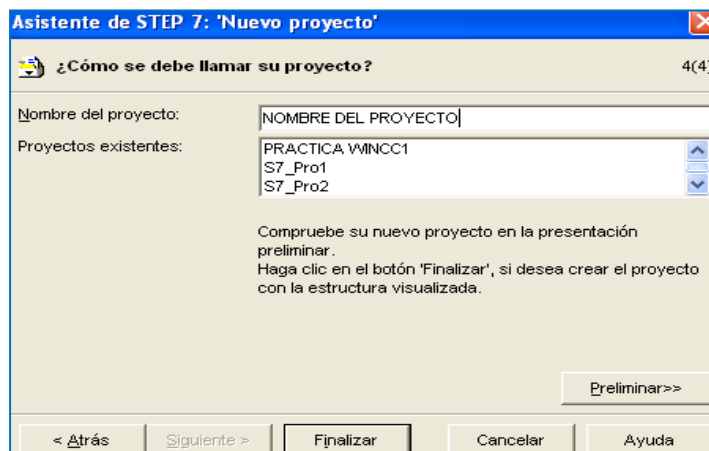


Figura C-6: Ventana de nombre de proyecto.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

A continuación se procede a configurar el hardware del proyecto, para ello se selecciona SIMATIC S7- 300. En la misma se desplegará todo el posible hardware que se puede incluir a la CPU que ya se había agregado inicialmente. Para ello se seleccionará una fuente PS 307 5 A, un módulo de entradas discretas SM-321, un módulo de salidas digitales SM-322 y finalmente un módulo SM 334 para las salidas y entradas analógicas. En la figura C-7 se observa la Configuración de Hardware.

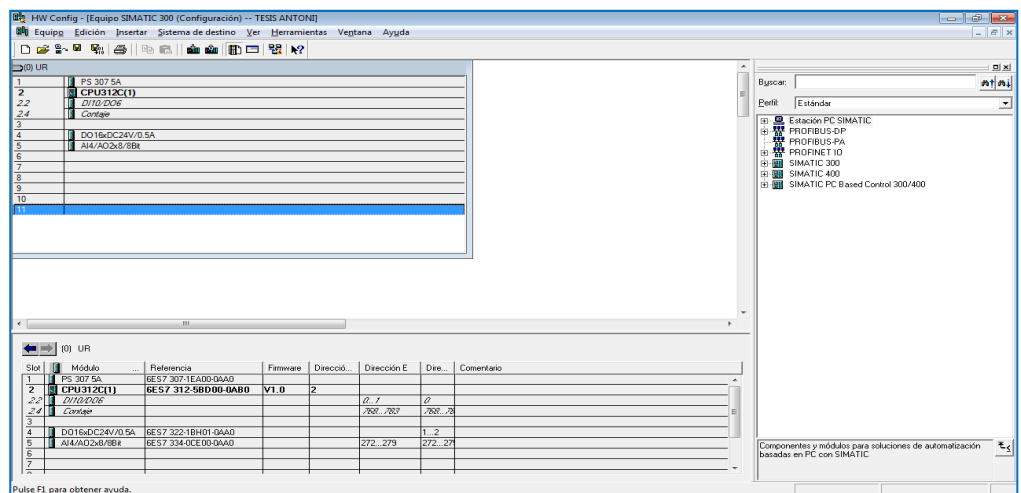


Figura C-7: Configuración de Hardware

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-8 se muestra la creación de un bloque de función FB1 para la programación secuencial Grafcet para ello hace clic en insertar y luego en bloque de función.

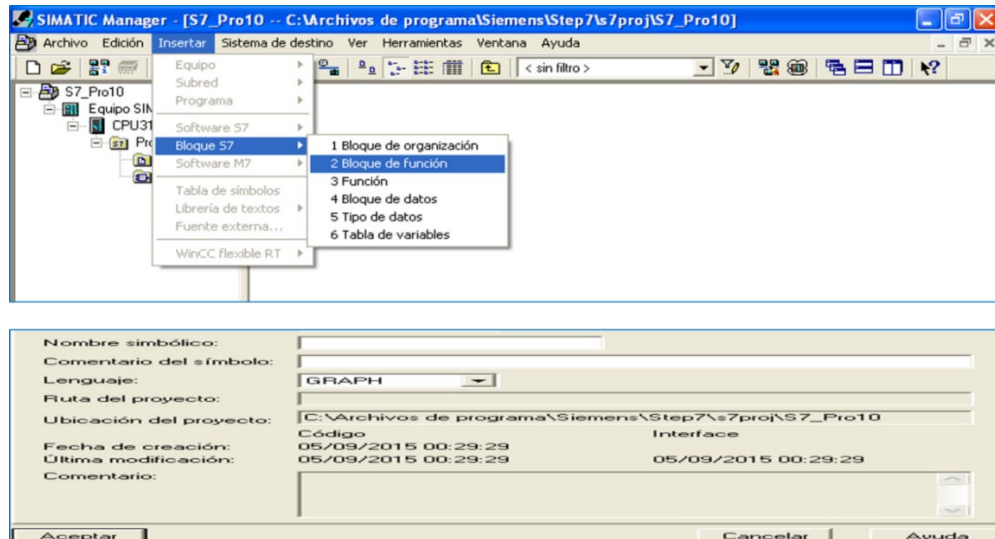


Figura C-8: Creación de un bloque de función FB1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-9 se muestra la creación de un bloque de función FB2 para la programación del bloque FC 105 para ello hace clic en insertar y luego en bloque de función.

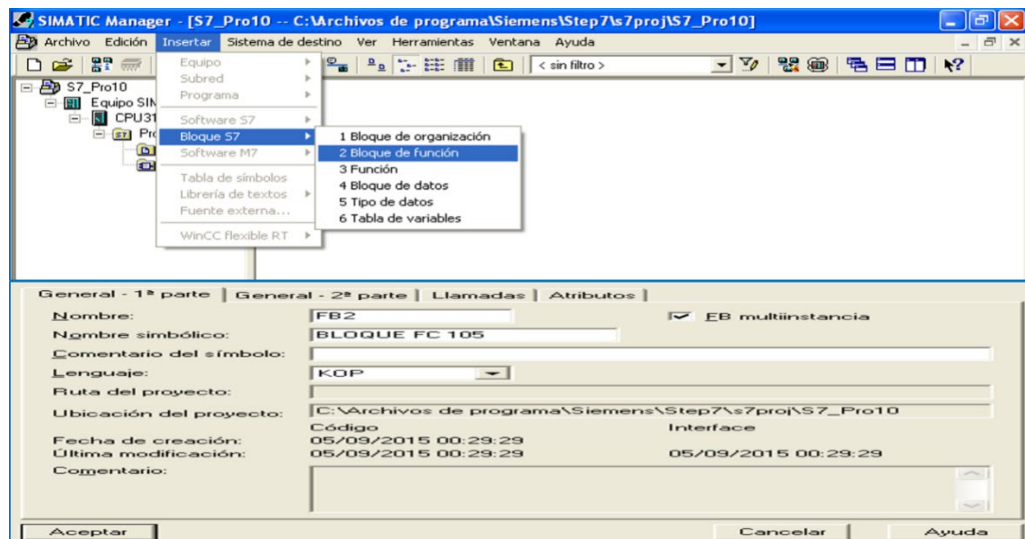


Figura C-9: Creación de bloque de función FB2

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La programación estructurada la cual consiste en la organización de dos lenguajes de programación que para efectos de esta práctica se utilizara el Grafcet y escalera. Como se vio anteriormente, se crearon los bloques de función FB1 y FB2 los cuales están contenidos en un DB1 y un DB2 respectivamente estos son bloques de datos que son llamados desde el bloque de organización principal OB1. Se cuenta con botón de START que da inicio a programa y un botón de STOP para detener el proceso. Ahora bien al pulsar el botón de START se activa una salida A1.6 y esta a su vez activa dos temporizadores que alternan a una velocidad de 100 milis segundos, ya que se necesitan correr tanto la programación es Grafcet como la de escalera a la vez y el PLC no es capaz de leer la programación de ambos bloques de datos a la vez.

Creación de tabla de símbolos: para dar inicio a la programación se abre el editor de símbolo en el cual se pueden crear todas las variables necesarias para la lógica de la programación. Ver la figura C-10.

Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1	AGITADOR	A 124.5	BOOL	
2	ARRANQUE	E 124.0	BOOL	
3	BOMBAS	A 0.0	BOOL	
4	CINTA	A 124.4	BOOL	
5	COMPUERTA	A 124.3	BOOL	
6	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
7	EV	A 124.0	BOOL	
8	GT_STD_3	FC 72	FC 72	
9	NIVEL ALTO TG1	E 124.4	BOOL	
10	NIVEL ALTO TG2	E 124.5	BOOL	
11	NIVEL ALTO TG3	E 125.0	BOOL	
12	PAUSA	E 124.2	BOOL	
13	Read Analog Value 4...	FC 103	FC 103	Read Analog Value 463-2
14	Read Analog Value 4...	FC 105	FC 105	Read Analog Value 464-2
15	START	E 124.1	BOOL	
16	STOP	E 124.3	BOOL	
17	TIME_TICK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time
18	TOLVA1	A 124.1	BOOL	
19	TOLVA2	A 124.2	BOOL	
20				

Figura C-10: Creación de tabla de símbolos.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-11 se muestra un arreglo de temporizadores S_EVEREZ estos son activados por un botón de arranque los mismo tienen como función activar la salida A1.6 y esta a su vez a un contacto abierto y uno cerrado perteneciente a la misma bobina para alternar la lectura de los bloques de datos DB1 y DB2.

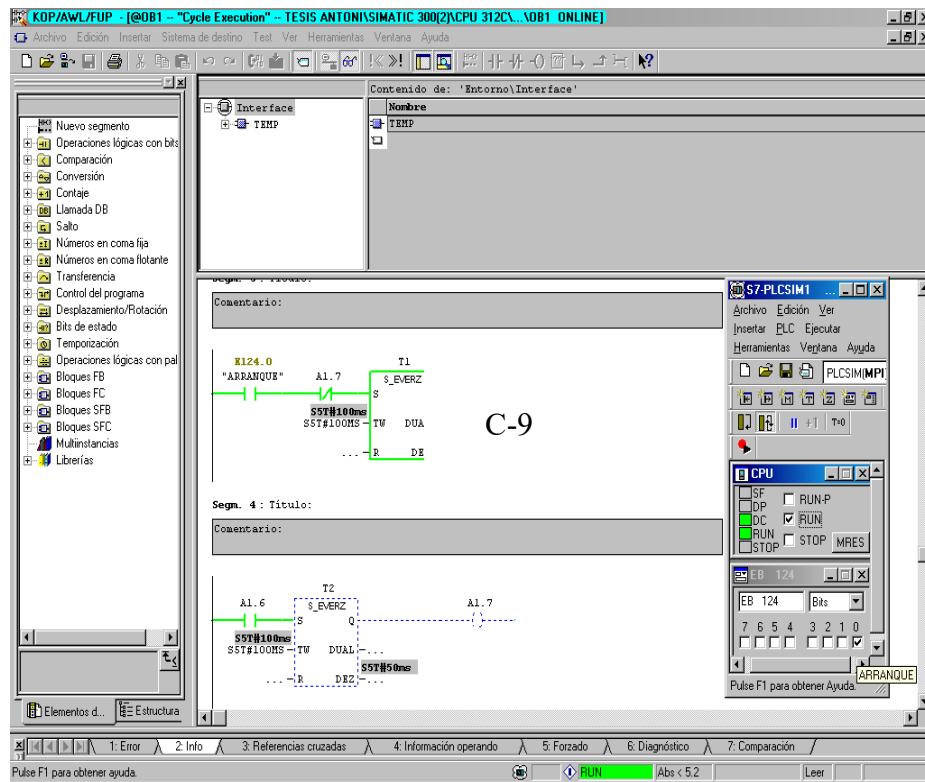


Figura C-11: programación de temporizadores S_EVEREZ

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La programación Grafcet es llamada desde un bloque de datos DB1 este bloque se muestra en la figura C-12.

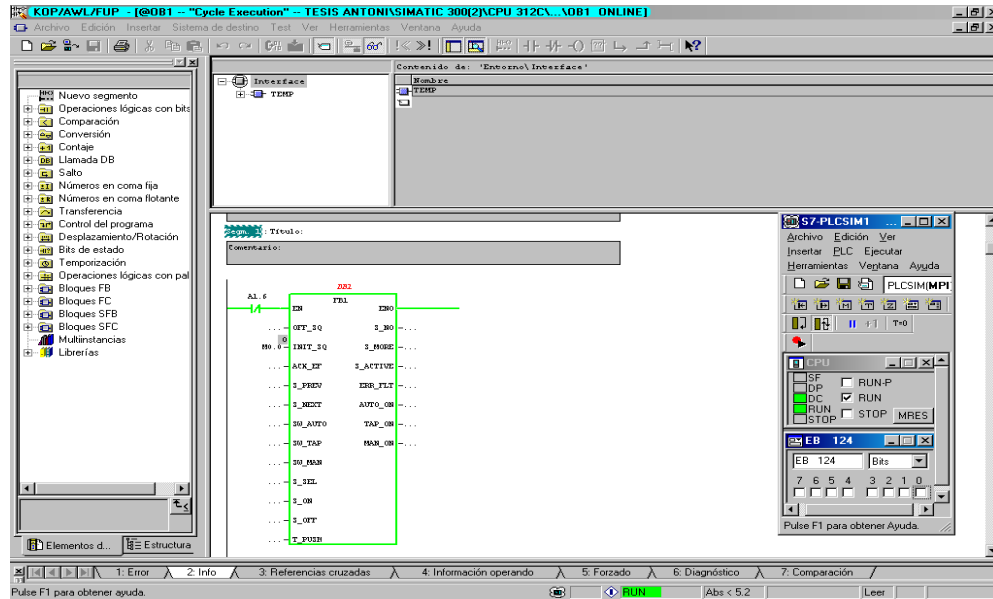


Figura C-12: Llamado del bloque el bloque de dato DB1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

El bloque de datos DB2 contiene la medición del peso a través del escalamiento con el bloque FC 105 y un bloque comparación matemática. Esta programación es realizada en escalera y llamada al bloque de datos DB2 tal como se aprecia en la figura C-13.

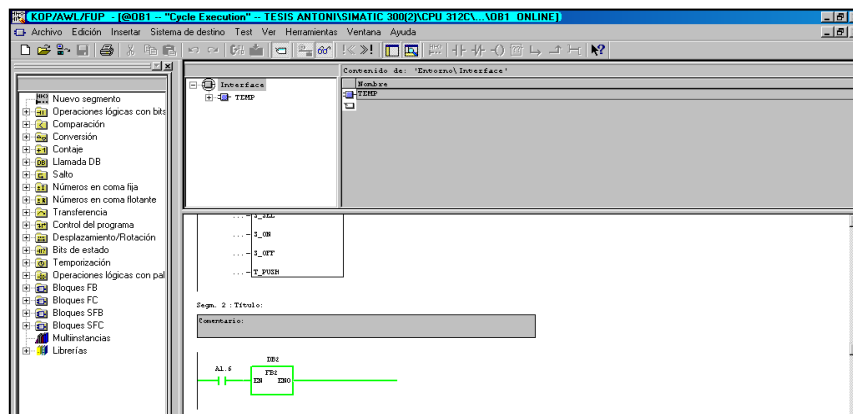


Figura C-13: Llamado del bloque el bloque de dato DB2.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para acceder a la programación Grafcet se hace clic en el bloque de función FB1. Ver la figura C-14.

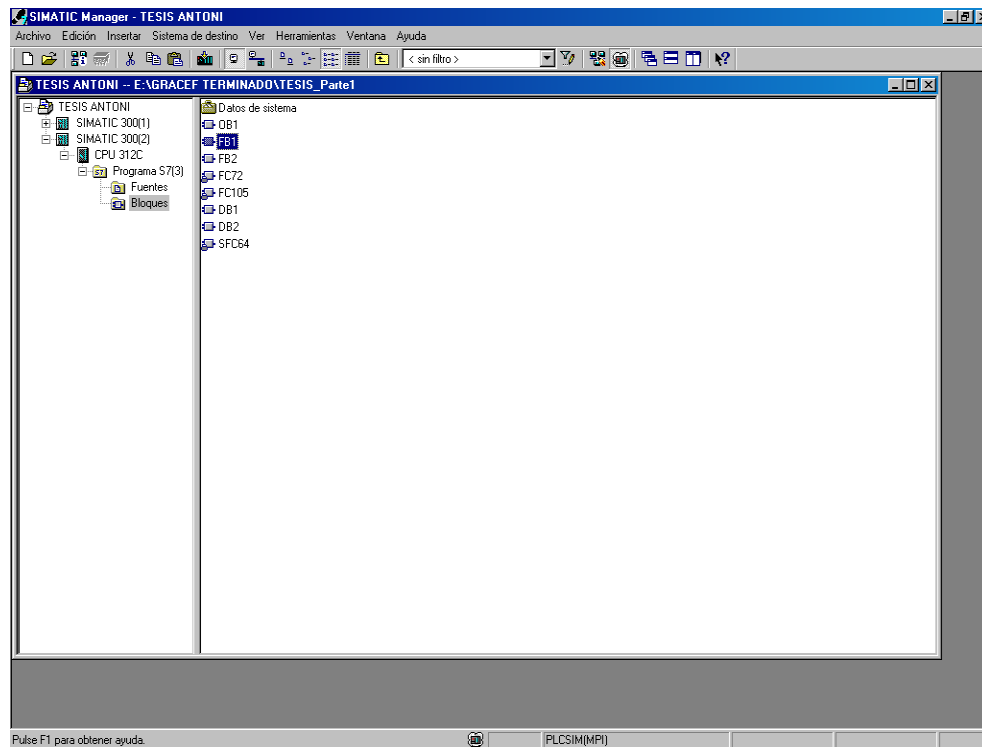


Figura C-14: Acceso a la programación Grafcet desde el FB1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-15 se puede observar la programación Grafcet en la etapa S1, en ella se destaca el sensor de nivel alto TQ1 el cual controla el nivel superior del tanque representado por la entrada E 124.4. La transición T1 depende del sensor de alto nivel la cual es una de las condiciones iniciales para el inicio del proceso y esta es simulada por medio del PLCSIM.

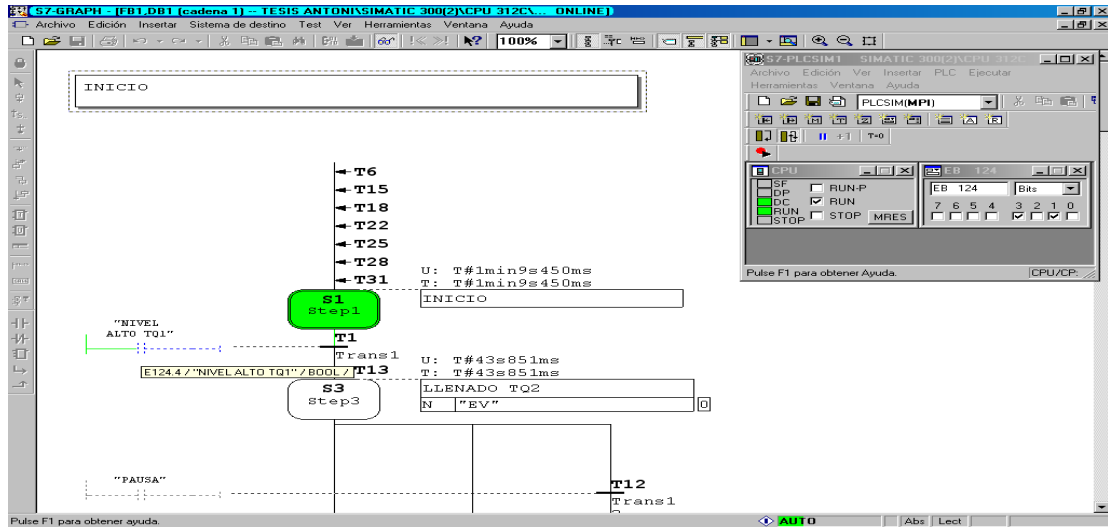


Figura C-15: Programación Grafcet etapa S1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La etapa S3 consiste en la apertura de la electroválvula para la descarga del tanque1 al tanque2 tal como se aprecia en la figura C-16. Además en este punto es posible pausar el proceso de ser necesario para ello se pulsa el botón de pausa y cumpliendo la transición T12 la etapa S11 ordena el cierre temporal de la válvula hasta que se presiona el botón de START para continuar con la descarga.

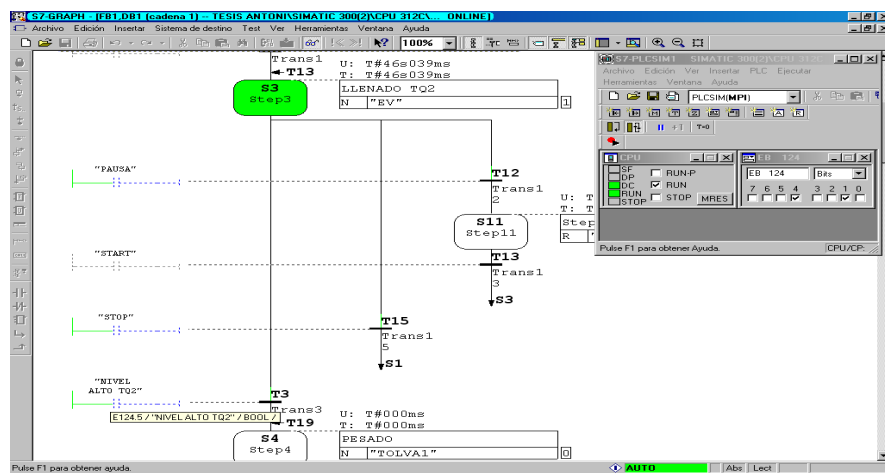


Figura C-16: Programación Grafcet etapa S3.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La transición T3 está dada por el sensor de nivel alto el cual activa la etapa S4 activando la salida tolva 1 para iniciar la descarga hasta la tolva 2 para hacer el control de peso. También se puede pausar el proceso o detenerlo mediante los botones de pausa o STOP. Ver la figura C-17.

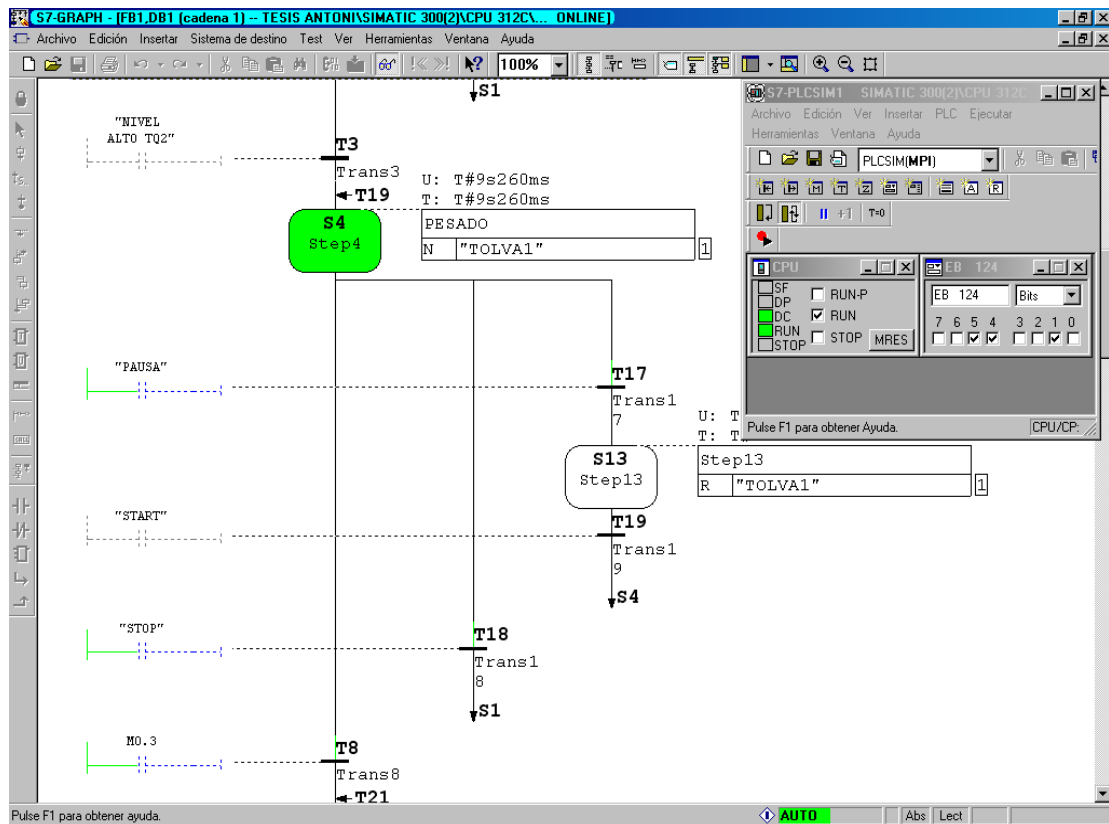


Figura C-17: Programación Grafcet etapa S4.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La continuación del Grafcet depende de la marca M0.3 la cual es controlada por la acción del peso en la celda de carga. Para observar el proceso de pesado es necesario hacer clic en el bloque de función FB2 mostrada en la figura C-18.

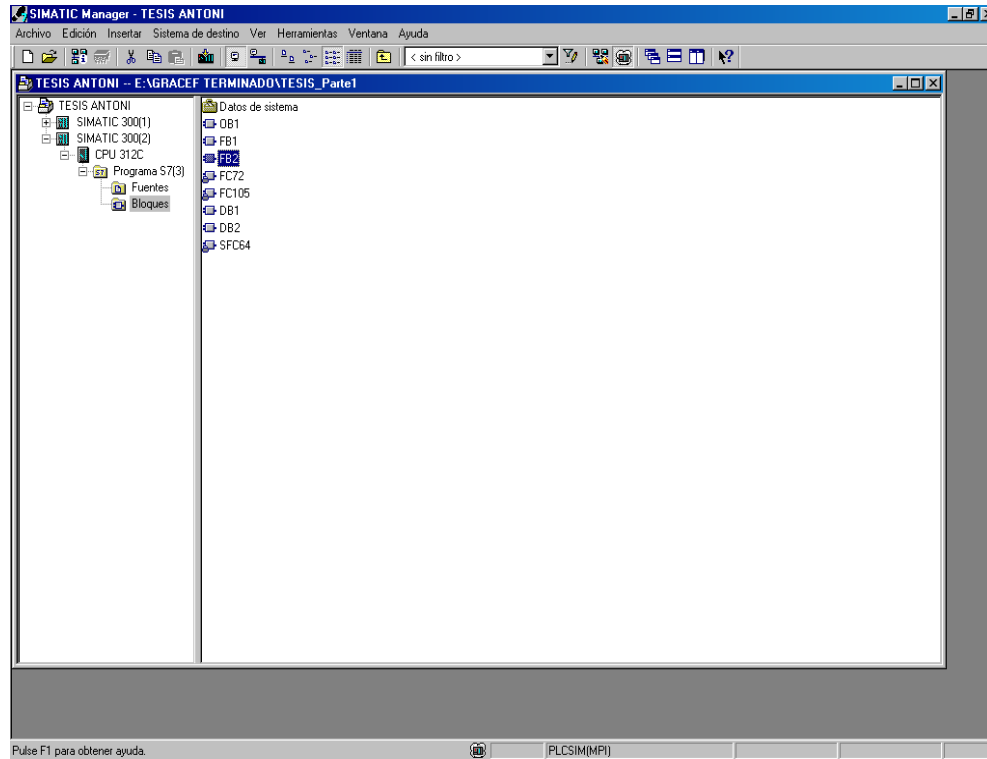


Figura C-18: Ruta del bloque de función FB1

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

El bloque FC 105 es un escalador matemático que realiza una conversión mediante la entrada analógica percibida por la PEW 274 y la salida MD26. Este bloque funciona bajo un rango de entrada de 0 a 27000 y una salida de 0 a 10, con lo cual se facilita la interpretación de la variable que se está midiendo luego que la celda de carga funciona como elemento primario de medición. En la figura C-19 se muestra la simulación de una entrada PEW 274 de 10000 y percibida en el FC 105 luego de ser escalada en un rango determinado por los LO_LIM y HI_LIM genera una salida a través del registro MD26 para ser comparado en el bloque comparador COMP> R y activar la salida M0.3, que es la condición que necesita el Grafcet para saltar a la etapa S5.

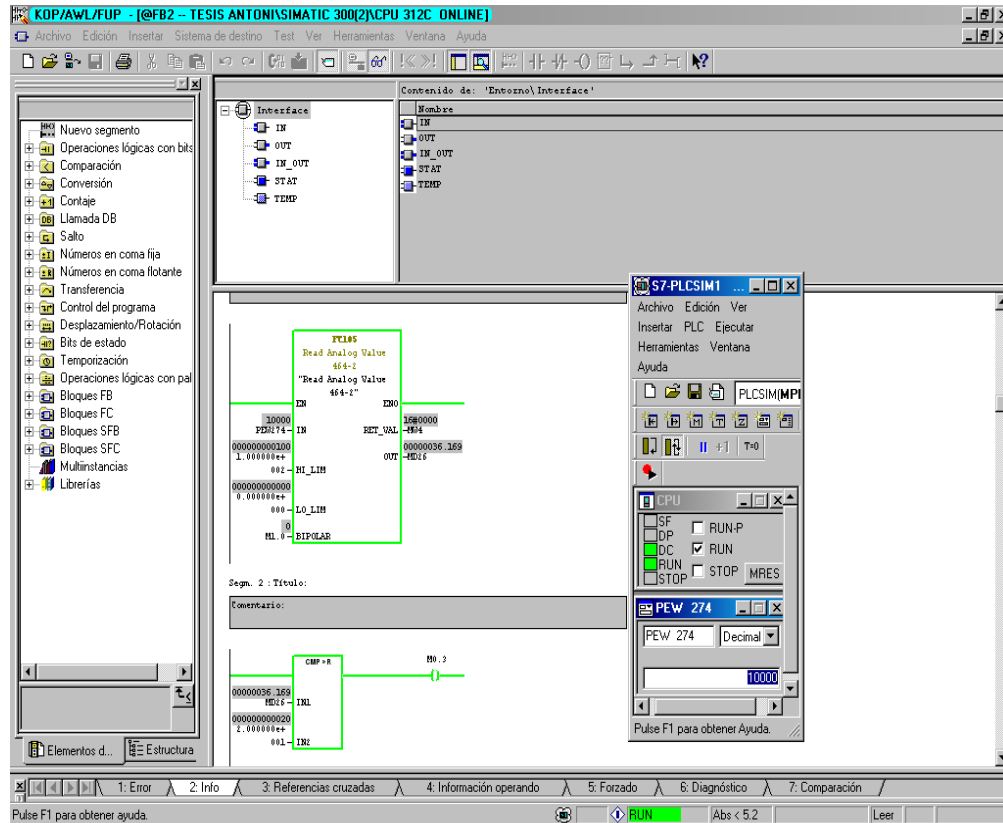


Figura C-19: Escalamiento del bloque FC 105.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La figura C-20 muestra cuando la marca M0.3 se activa producto del pesado requerido se cumplirá la transición T8, activándose entonces la etapa 5, en la cual se procede a la activación de la Tolva2, agitador, cinta y compuerta para trasladar el sólido hasta el tanque 2. En el tanque 2 se realizará el proceso de agitación durante 20 segundos tal como se puede ver en la figuraC-20. Cabe destacar que en cada etapa se cuenta con la posibilidad de generar una pausa o STOP del proceso tal como se observa en la figura C-20.

El temporizador de 10 segundos de la etapa 6 activa una marca M1.0 que sirve de transición T10. Al cumplirse dicho tiempo se avanza hasta a la etapa 8, donde se hace uso de otro temporizador por un tiempo de 10 segundos con la finalidad de garantizar una mezcla homogénea. El temporizador activa una marca M0.5 para la transición T11 así como se observa en la figura C-22.

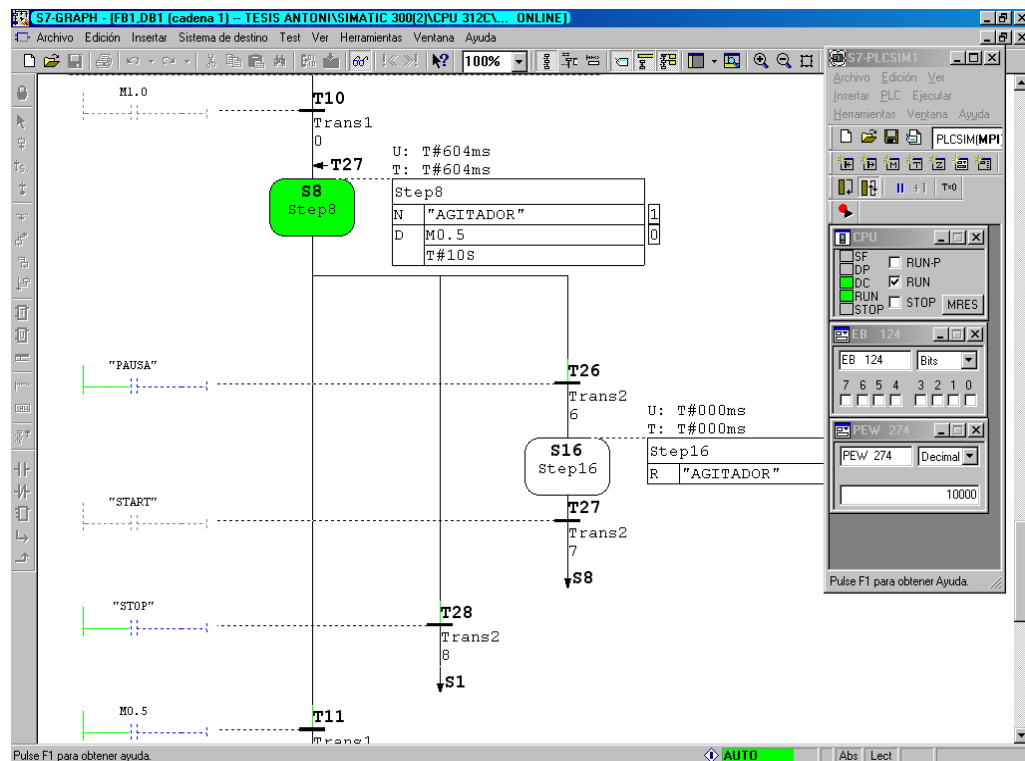


Figura C-22: Programación Grafcet etapa S8

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-23 se muestra la ejecución de la etapa S10 la cual consiste en la activación de la bomba1 para la descarga de la mezcla a otro tercer tanque de almacenaje. La transición T6 es condicionada mediante el sensor de alto nivel del TQ3 representada por la entrada E125.0.

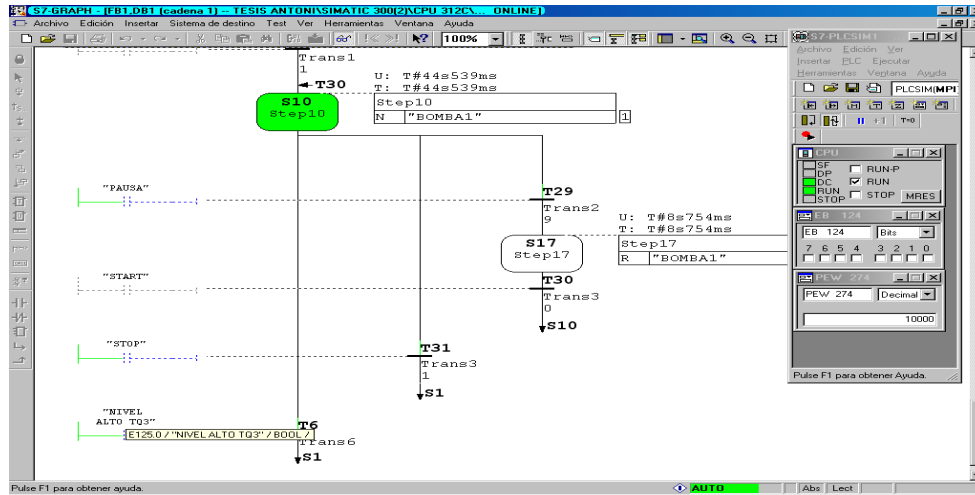


Figura C-23: Programación Grafcet etapa S10.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Finalizado el proceso se genera un salto a la etapa S1, para dar inicio a un nuevo control de proceso, como se demuestra en la figura C-24.

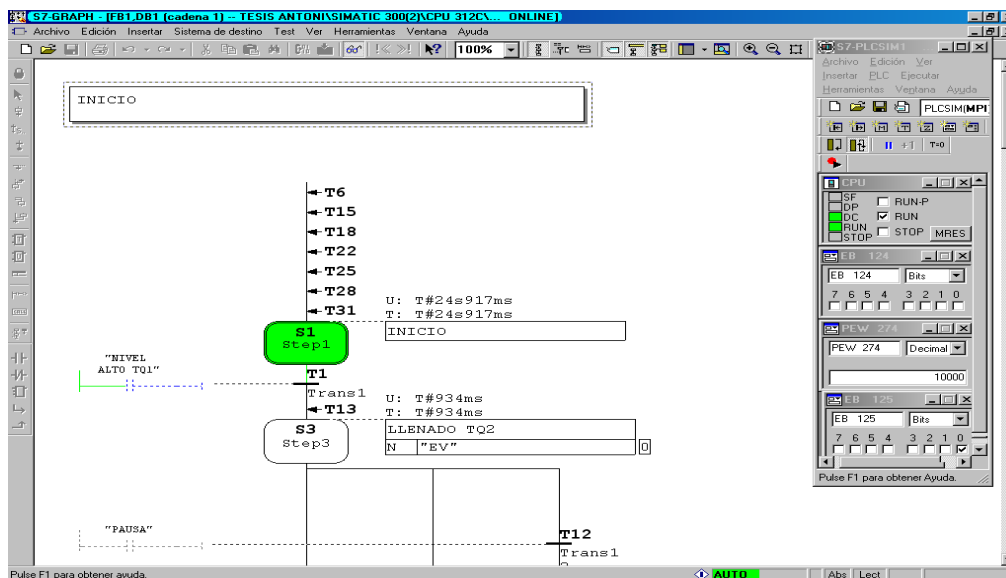


Figura C-24: Fin del proceso y salto a la etapa 1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Forma correcta de cargar los bloques al autómata: En la figura C-25 se muestra que se debe sombrear todos los bloques existentes y hacer clic en cargar al PLC estando este en STOP, ya que si se encuentra en RUN no será posible la transferencia de los datos porque el autómata está en modo de lectura y no en modo de recibir datos.

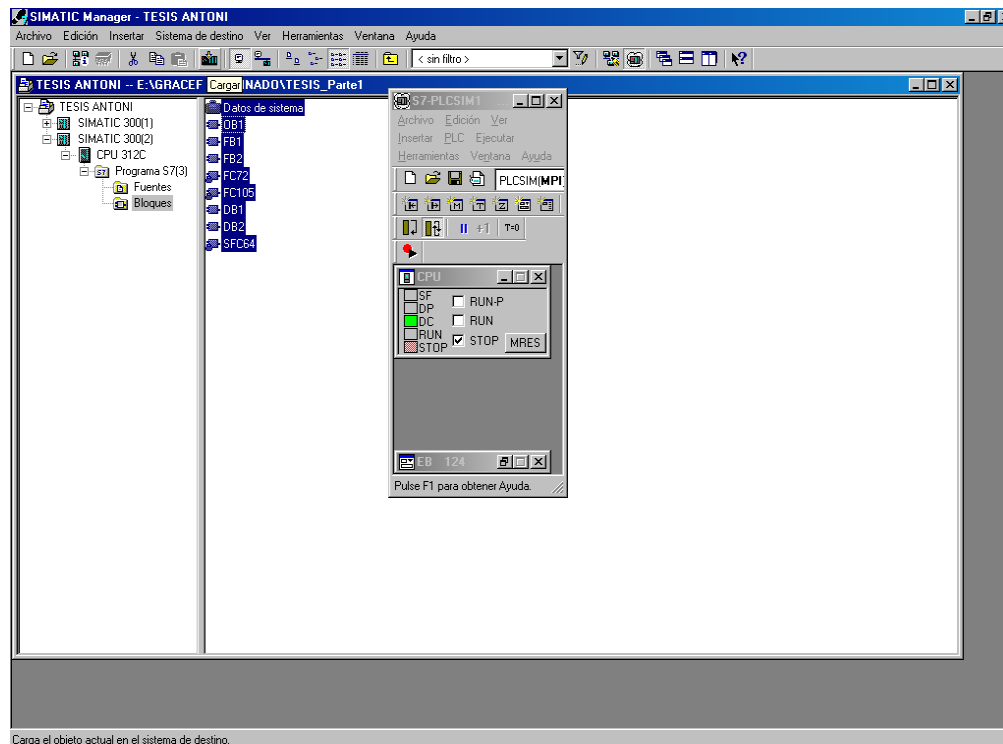


Figura C-25: Fin del proceso y salto a la etapa 1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Post laboratorio

Realice el ejercicio de la práctica 1 con las siguientes variaciones: al tanque T2 se desea agregar una sustancia proveniente de otra cinta transportadora con la intención de realizar una solución diferente a la experimentada por la práctica 1. Esta nueva sustancia también debe ser pesada y controlada a través de una celda de carga. Realice los ajustes necesarios para que la sustancia que proviene de la cinta dos sea mezclada en el tanque T2 con la ayuda del agitador por 15 segundos, después de dicho tiempo se debe empezar el pesado de la primera sustancia indicada en la

práctica 1. Note que con esta variación se tendrá que hacer uso de una segunda variable analógica por lo que se debe configurar dicha entrada de tal forma que no interfiera con la variable de la práctica 1.

Realice el respectivo informe de la práctica anexando todos los detalles que se realizaron en la programación y muestre mediante figuras la simulación del PLCSIM.

Práctica N° 2. Programación de control PID con el bloque FB41 del STEP 7.

N° de sesiones: 2

Objetivo general

Realizar un control PID para la variable temperatura, utilizando el bloque FB41 de la Standard Library del STEP 7.

Objetivos específicos

- Utilizar el bloque FB41 y la tabla de variables del STEP 7 para la configuración y ejecución del control PID.
- Familiarizarse con los registradores de curvas y parametrización del control PID en STEP 7.
- Manejar variables analógicas por medio del módulo SM334 y las funciones SCALE y UNSCALE.

Pre laboratorio

Para la realización de esta práctica es necesario estudiar los puntos que se nombra a continuación:

- Conceptos de una acción proporcional, integral y derivativa.
- Tiempo de integración y derivativo.
- Que son los sobre picos de una variable de proceso.
- Configuración del bloque DB41.
- Cómo funciona el bloque FC41.

Ver anexo A. Fuente: “**Ingeniería básica de la Automatización del sistema de control de una planta de nitrato de amonio en solución**” de ZAIRA A. COLINA N. Trabajo especial de grado Universidad de Carabobo. Ingeniería eléctrica (2011).

Laboratorio

Se quiere realizar un control de temperatura de una mezcla de cierta sustancia a través de un control PID en un tanque cerrado. Para ello se debe garantizar que el tanque se encuentre lleno, monitoreando el nivel por medio de un sensor analógico. Se cuenta con una resistencia calentadora que permite calentar la mezcla hasta lograr la temperatura deseada. Por medio de un termopar tipo K se debe medir la temperatura y llevar dicha señal al autómatas S7-300 empleando un módulo de entrada analógica. La idea de usar un control de tipo PID, es obtener mayor exactitud en la regulación del Set Point que se desea, es por ello que se debe realizar los ajustes necesarios para evitar sobre picos en la respuesta de la variable controlada empleando un motor ventilador como refuerzo para evitar al máximo estos sobre picos. La programación debe realizarse en lenguaje de contactos para facilitar el control de variables analógicas, utilice el software STEP 7 Profesional de Siemens y el simulador PLCSIM.

Desarrollo

Para comenzar la programación se procede a abrir el Simatic Manager, donde aparecerá la ventana C-26. Luego de esto se realizan todos los pasos visto de la práctica 1 para crear un nuevo proyecto.

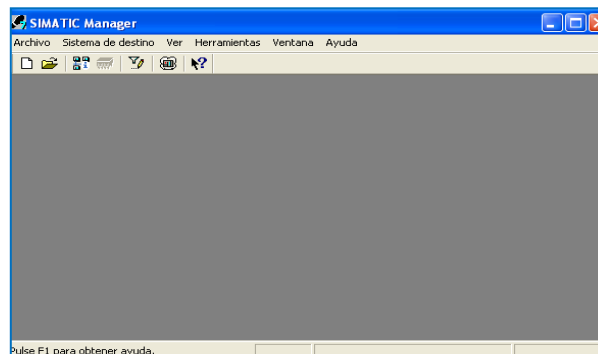


Figura C-26: Ventana del Simatic Manager

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Una vez creado el proyecto se debe hacer clic en el editor de símbolos, con la finalidad de crear todas las variables a utilizar en la programación. Ver figura C-27.

	Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		BOMBA3	A 124.1	BOOL	
2		COMPLETE RESTART	OB 100	OB 100	Complete Restart
3		CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
4		CYC_INT5	OB 35	OB 35	Cyclic Interrupt 5
5		DB41	DB 41	FB 41	
6		DRENAR	E 124.1	BOOL	
7		ENTRA_RESP	MW 26	INT	
8		ENTRADA1	PEW 272	INT	
9		ENTRADA2	PEW 274	INT	
10		RESET	M 0.0	BOOL	
11		SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
12		START	E 124.0	BOOL	
13		TABLA DE VARIABL...	VAT 1		
14		TANQUE LLENO	A 124.2	BOOL	
15		VENTILADOR	A 124.0	BOOL	
16					

Figura C-27: Creación de variables en el editor de símbolos.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

La figura C-28 muestra la creación del bloque de función OB100. Este bloque es necesario para la el arranque del bloque PID y se utiliza para reiniciar el bloque cada vez que se arranca el proceso. También se debe conocer sobre el bloque OB35 el cual es de alarma cíclica utilizado para la actualización de los valores que el bloque recibe en su periferia. Para su creación se realiza el mismo procedimiento utilizado para crear el OB100.

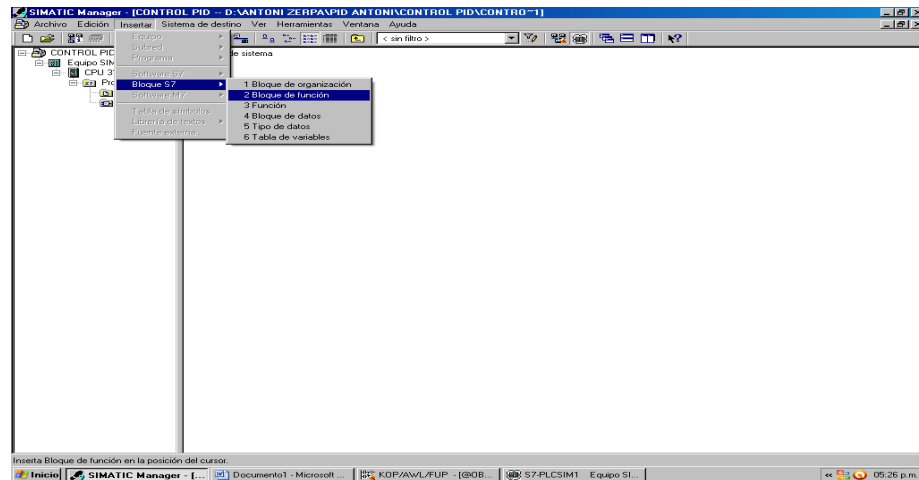


Figura C-28: Creación de variables en el editor de símbolos.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la ventana de propiedades del bloque de función se debe renombrar el nombre simbólico del OB100, tal como se indica en la figura C-29 e indicar el lenguaje de programación escalera (KOP).

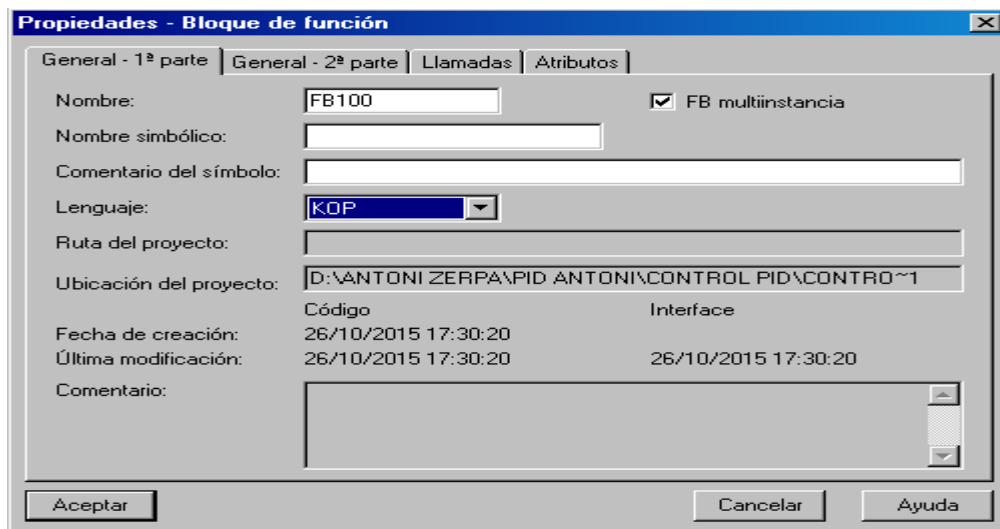


Figura C-29: Propiedades del bloque de función.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Para dar inicio al proceso se debe pulsar el botón START y además debe estar cerrado el contacto perteneciente a la variable analógica Tanque lleno del cual se hará

referencia más adelante referente a su configuración. También se observa en la figura C-30 un juego de contactos de SET Y RESET para resetear el bloque FB41 cada vez que se reinicie el proceso.

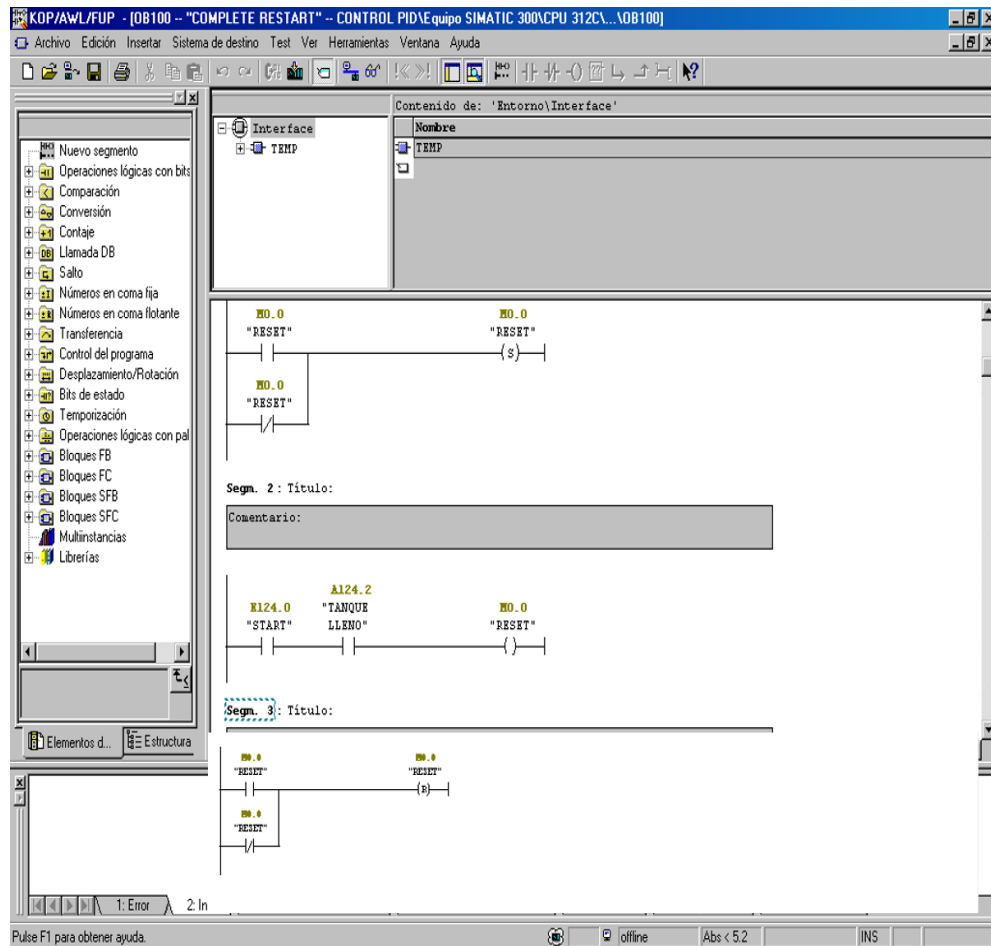


Figura C-30: Arranque del bloque PID.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

El bloque FB41 contiene un grupo de parámetros para funciones adicionales que no se tocarán para efectos de esta práctica, por ello en la figura C-31 se encuentran configurados solo las direcciones CON_RST empleado para resetear el bloque a través de la marca M0.0 RESET. También se tiene el parámetro PV_PER, el cual

representa la dirección de la entrada analógica que se encuentra cableada al sensor de nivel. Además se cuenta con el parámetro LNM_PER el cual representa la dirección de la salida analógica cableada a la resistencia calentadora. Ver figura C-31.

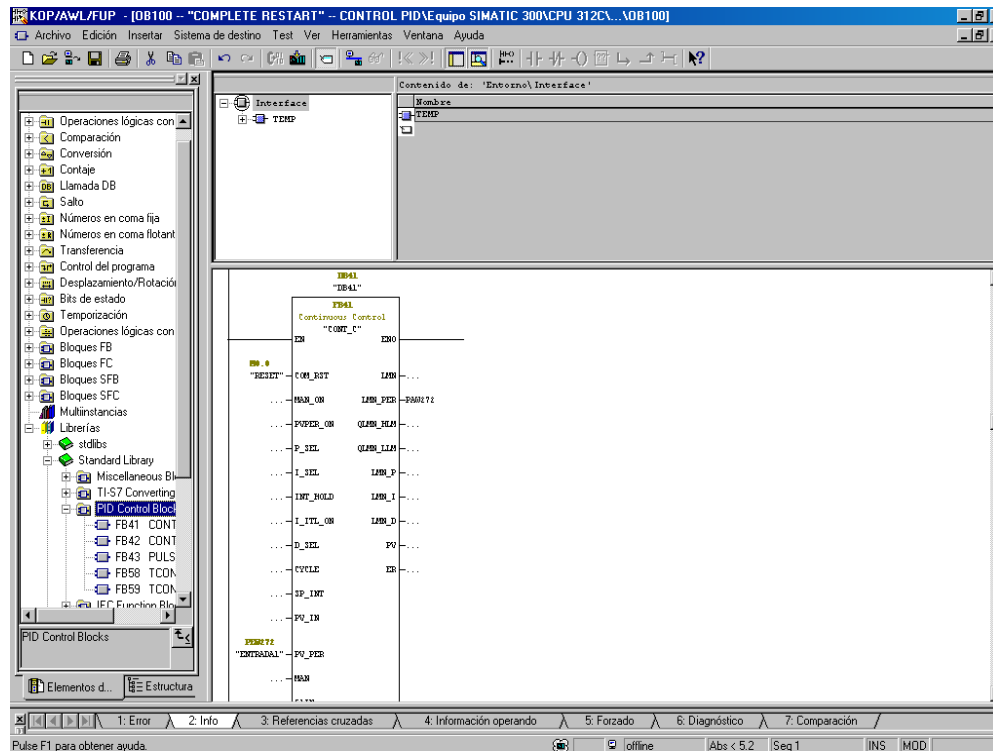


Figura C-31: Forma de insertar el bloque FB41.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

A continuación se procede a programar el OB1. Para ello se hace clic sobre su nombre en la ventana principal del Simatic Manager tal como se muestra en la figura C-32.

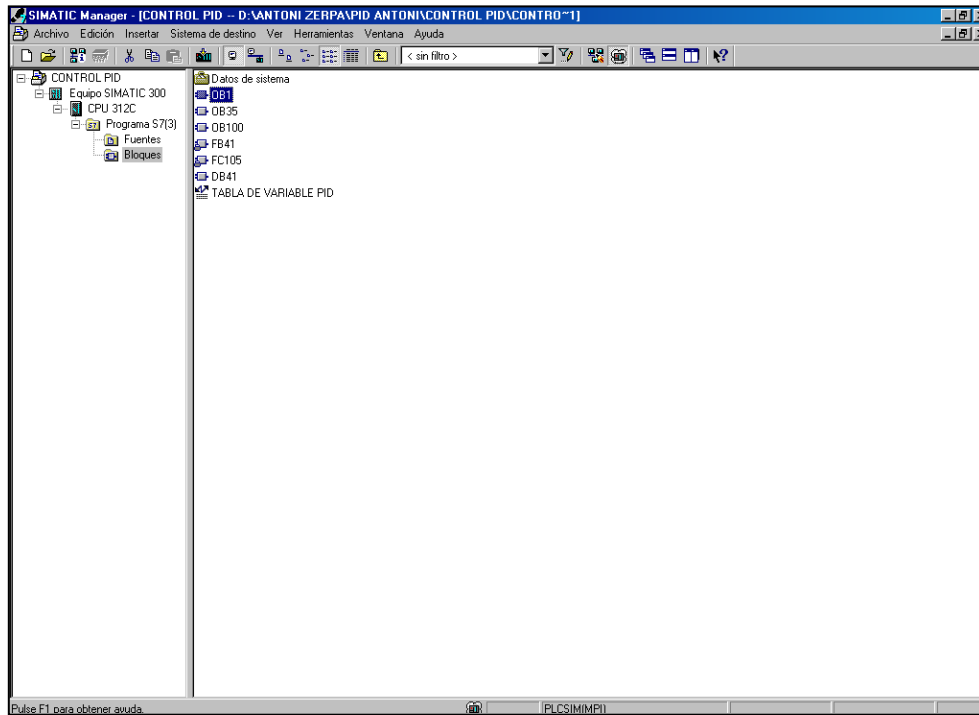


Figura C-32: Programación del bloque OB1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Ya ubicados en el OB1 se procede a insertar el bloque FC 105 bajo el procedimiento que se realizó en la práctica 1 y se utilizará la dirección PEW 272 para monitorear el nivel del tanque. Tal como se observa en la figura C-33, a través del PLCSIM se inserta un valor de entrada el cual es escalado a través del bloque FC 105 y comparado en el bloque COMP >R. par determinar el llenado del tanque.

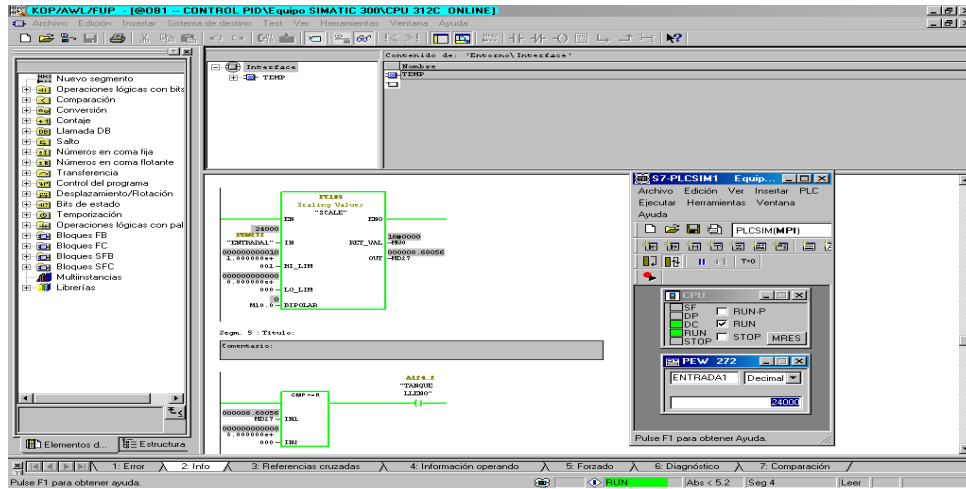


Figura C-33: Creación de variables en el editor de símbolos.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura C-34 se muestra el arranque del proceso a través de la ventana OB 100 tal como se había indicado el contacto perteneciente a la variable (Tanque lleno) depende de la variable analógica PEW 272, ya que el proceso debe arrancar solo cuando el tanque se encuentre lleno.

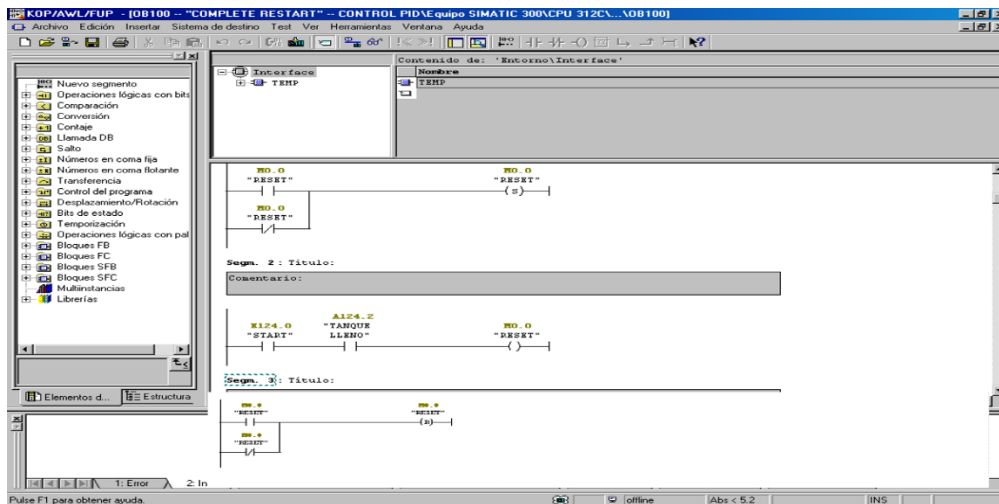


Figura C-34: Arranque del bloque PID.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En el bloque OB1 también se encuentra la monitorización de la variable temperatura a través del termopar tipo K, el cual mide los valores de temperatura del tanque y con la intención de mejorar el control se prevee activar un motor ventilador si este valor de la variable de proceso se hace superior a la del Set Point y así evitar al máximo los sobre picos en la respuesta del sistema. Esto se logra gracias a la configuración de un bloque MOVE y un bloque de comparación COMP > R. Esto se observa en la figura C-35.

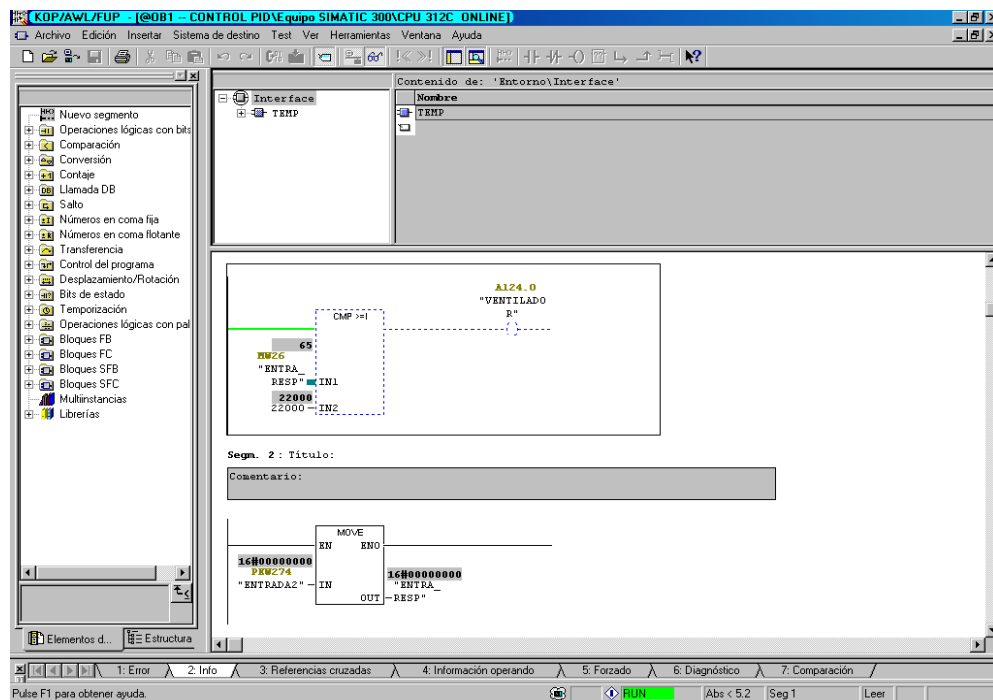


Figura C-35: control para sobre picos en la variable de proceso.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Existe un bloque DB1 que se genera cuando es creado el FB41. Este contiene toda la información de las variables que se han creado en la programación. Sin embargo para efectos de simplificación se crea una tabla de variables para manipular las variables más importantes del bloque PID. Por ello es necesario cambiar el nombre simbólico

del bloque DB1, ya que la tabla creada estará asociada a dicho bloque, tal como se ve en la figura C-36.

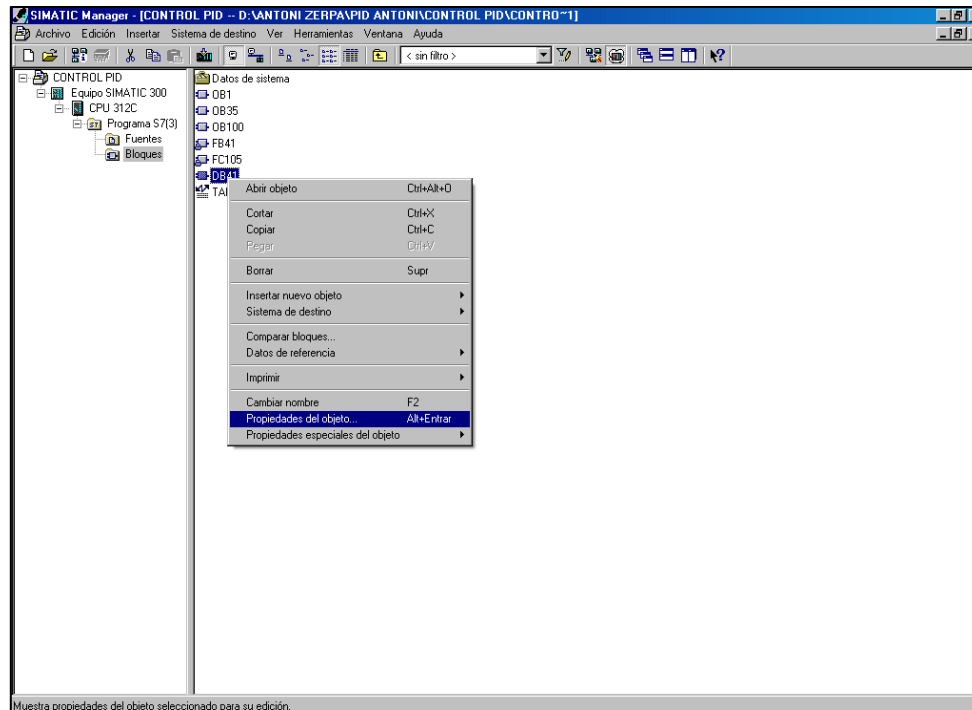


Figura C-36. Propiedades del bloque DB1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura C-37 se indica la forma correcta de renombrar el bloque DB41. A través de la opción de bloque simbólico. No necesariamente debe colocársele como nombre DB41, sin embargo es el más recomendado ya que es una forma de asociarlo al bloque que necesitamos simplificar y de los casos que se requieran generar más bloques de esta naturaleza su ubicación sería más rápida.

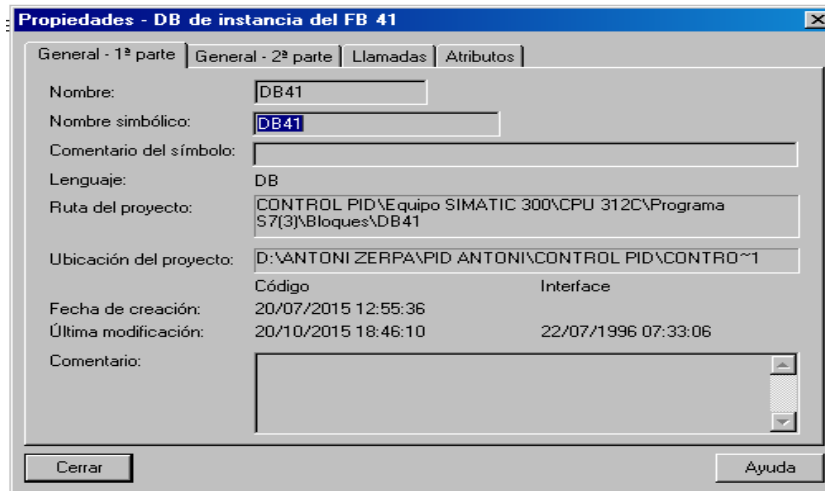


Figura C-37: Propiedades de instancia del FB41.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Todos los valores e información contenida en el bloque DB1 la podemos observar al hacer clic en el nombre del bloque tal como se observa la figura C-38. Para ello se debe hacer clic en abrir bloque de dato.

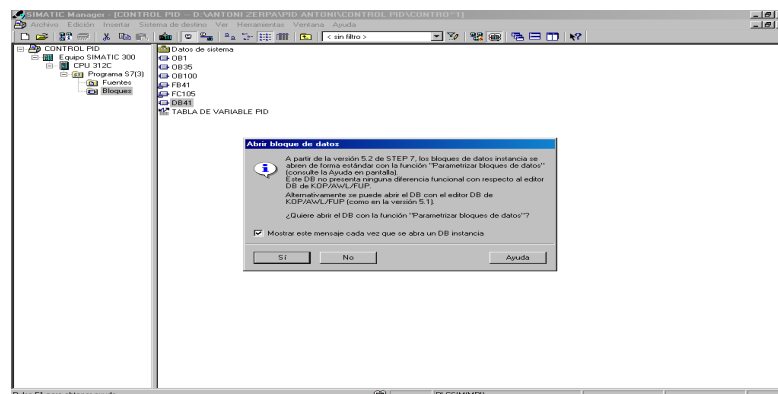


Figura C-38: Apertura del bloque de dato DB41.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La figura C-39, muestra una vista general bloque de datos DB41 en el cual se encuentra todo el contenido del bloque como las variables creadas y generadas por el mismo programa para su correcto funcionamiento.

	Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actual	Comentario
1	0.0	in	COM...	BOOL	FALSE	FALSE	complete restart
2	0.1	in	MAN...	BOOL	TRUE	FALSE	manual value on
3	0.2	in	PVPER...	BOOL	FALSE	TRUE	process variable peripherie on
4	0.3	in	P_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	proportional action on
5	0.4	in	I_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	integral action on
6	0.5	in	INT_H...	BOOL	FALSE	FALSE	integral action hold
7	0.6	in	I_TL_ON	BOOL	FALSE	FALSE	initialization of the integral action
8	0.7	in	D_SEL	BOOL	FALSE	FALSE	derivative action on
9	2.0	in	CYCLE	TIME	T#1S	T#1S	sample time
10	6.0	in	SP_INT	REAL	0.000000e...	5.000000e...	internal setpoint
11	10.0	in	PV_IN	REAL	0.000000e...	0.000000e...	process variable in
12	14.0	in	PV_PER	WORD	W#16#0	W#16#0	process variable peripherie
13	16.0	in	MAN	REAL	0.000000e...	0.000000e...	manual value
14	20.0	in	GAIN	REAL	2.000000e...	1.000000e...	proportional gain
15	24.0	in	TI	TIME	T#20S	T#10S	reset time
16	28.0	in	TD	TIME	T#10S	T#10S	derivative time
17	32.0	in	TM_LAG	TIME	T#2S	T#2S	time lag of the derivative action
18	36.0	in	DEAD...	REAL	0.000000e...	0.000000e...	dead band width
19	40.0	in	LMN...	REAL	1.000000e...	1.000000e...	manipulated value high limit
20	44.0	in	LMN_L...	REAL	0.000000e...	0.000000e...	manipulated value low limit
21	48.0	in	PV_FAC	REAL	1.000000e...	1.000000e...	process variable factor
22	52.0	in	PV_OFF	REAL	0.000000e...	0.000000e...	process variable offset
23	56.0	in	LMN_F...	REAL	1.000000e...	1.000000e...	manipulated value factor
24	60.0	in	LMN...	REAL	0.000000e...	0.000000e...	manipulated value offset
25	64.0	in	I_TLV...	REAL	0.000000e...	0.000000e...	initialization value of the integral action
26	68.0	in	DISV	REAL	0.000000e...	0.000000e...	disturbance variable
27	72.0	out	LMN	REAL	0.000000e...	0.000000e...	manipulated value
28	76.0	out	LMN_P...	WORD	W#16#0	W#16#0	manipulated value peripherie
29	78.0	out	GLMN...	BOOL	FALSE	FALSE	high limit of manipulated value reached
30	78.1	out	GLMN...	BOOL	FALSE	TRUE	low limit of manipulated value reached
31	80.0	out	LMN_P	REAL	0.000000e...	0.000000e...	proportionality component
32	84.0	out	LMN_I	REAL	0.000000e...	0.000000e...	integral component
33	88.0	out	LMN_D	REAL	0.000000e...	0.000000e...	derivative component
34	92.0	out	PV	REAL	0.000000e...	0.000000e...	process variable
35	96.0	out	FR	REAL	0.000000e...	0.000000e...	error signal

Figura C-39: Vista general del bloque de datos DB41.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La figura C-40, muestra la creación de una tabla de variables la cual tiene como función crear un ruta de acceso para las variables más utilizadas en el bloque como lo son el tiempo de ciclo, el tiempo integral, derivativo, la acción proporcionar, la ganancia, el Set Point o cualquier otro valor que se desee manipular.

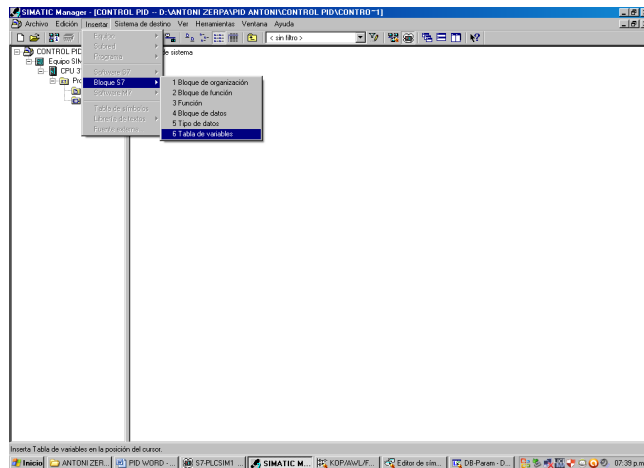


Figura C-40: Creación de tabla de variables.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Las propiedades de la tabla de variables son mostradas por medio de la figuraC-41, donde se debe colocar el nombre simbólico de la misma.

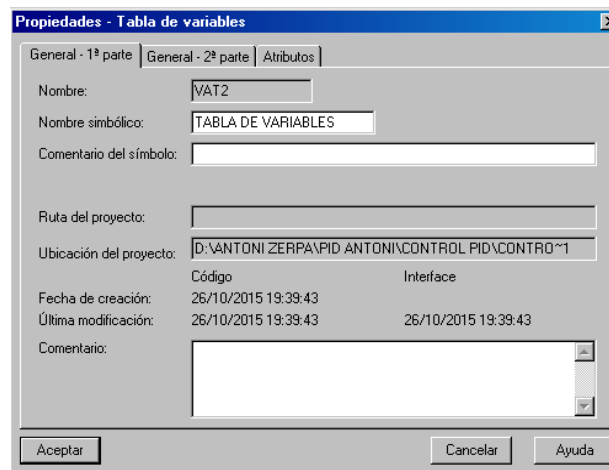


Figura C-41: Propiedades de tabla de variables.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Una vez creada la tabla de variables es momento de agregar las variables del bloque PID que se desean manipular. La forma correcta es haciendo clic en donde dice

NUEVA, tal como se observa en la figura C-42. Se debe agregar la palabra DB41 seguido de la variable que se desea agregar, como por ejemplo DB41 GAN. De esta manera se habrá agregado la variable ganancia del bloque en la tabla de variables y así sucesivamente se debe realizar para las demás variables restantes.

	Simbolo	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado
1	DB41.COM_RST	BOOL		true
2	DB41.DBO 2 "DB41"CYCLE	TIEMPO		/11#20ms
3	DB41.DBX 0.1 "DB41"MAN_ON	BOOL		
4				
5	DB41.DBX 0.3 "DB41"P_SEL	DEC		
6	DB41.DBX 0.7 "DB41"D_SEL	DEC		
7	DB41.DBX 0.4 "DB41"I_SEL	DEC		
8	# ACCIONES			
9	DB41.DBO 16 "DB41"MAN	REAL		
10				
11	# AJUSTES Y VALORES			
12	DB41.DBO 6 "DB41"SP_INT	REAL		
13				
14	DB41.DBO 92 "DB41"PV	REAL		
15	DB41.DBN 76 "DB41"LMN_PER	DEC		
16	DB41.DBN 14 "DB41"PV_PER	DEC		
17	# AJUSTES PID			
18	DB41.DBO 20 "DB41"GAN	REAL		
19	DB41.DBO 24 "DB41"TI	REAL		
20	DB41.DBO 28 "DB41"TD	REAL		
21	DB41.DBO 32 "DB41"TM_LAG	REAL		
22	DB41.DBO 28 "DB41"TD	REAL		
23				

Figura C-42: Configuración de tabla de variables.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para realizar la visualización de la respuesta del controlador se hace uso de herramienta Parametrizar Regulación PID. En la figura C-43 se destaca la ruta para abrir dicha herramienta, la cual se logra haciendo clic en INICIO- SIMATIC- STEP 7- Parametrizar Regulación PID.

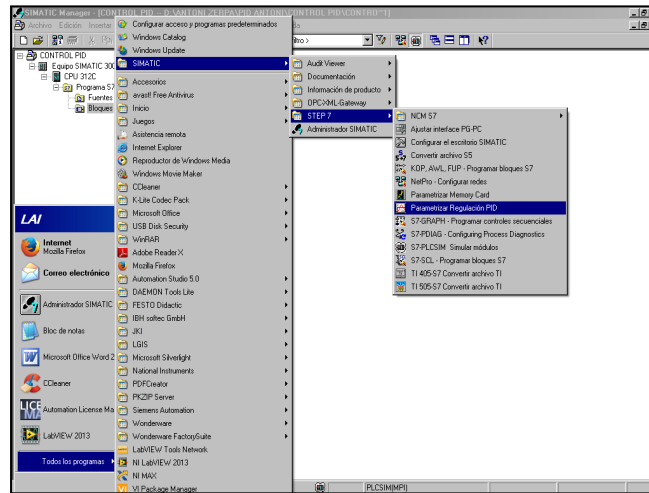


Figura C-43: Ruta de la herramienta Parametrizar Regulación PID

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La Regulación PID, es una herramienta que permite hacer el control bien sea manual o automático para mejorar la respuesta de la variable de proceso. Se debe hacer clic en la carpeta Abrir de color amarillo tal como se tiene en la figura C-44 para abrir el bloque de datos DB41.

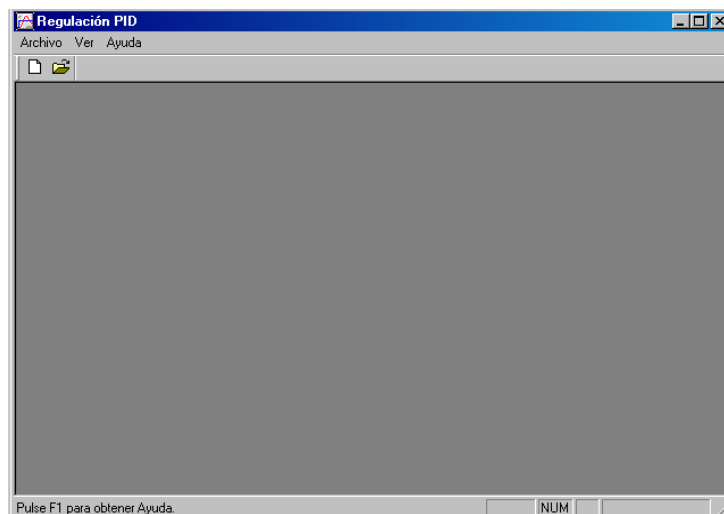


Figura C-44: Ventana de Regulación PID

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para obtener el acceso al bloque PID se debe buscar por el nombre del proyecto luego CPU 312C – programas S7 (3) - bloques y DB41. Es importante seleccionar la opción Online ya que si esta no se encuentra marcada no será posible observar las curvas de las variables del proceso en tiempo real. Ver figura C-45.

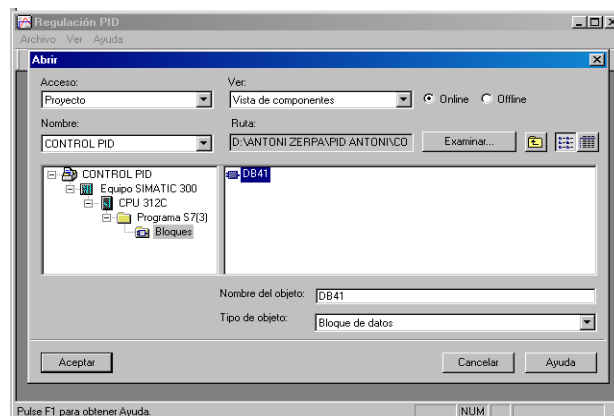


Figura C-45: Ventana de Regulación PID

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la ventana del regulador PID es necesario configurar valor real y dejarlo en la opción periferia. En el área de valor manipulado se debe verificar que se encuentre en modo automático para que el controlador elimine el error en régimen permanente a través de los ajustes adecuados del controlador. Ver figura C-46.

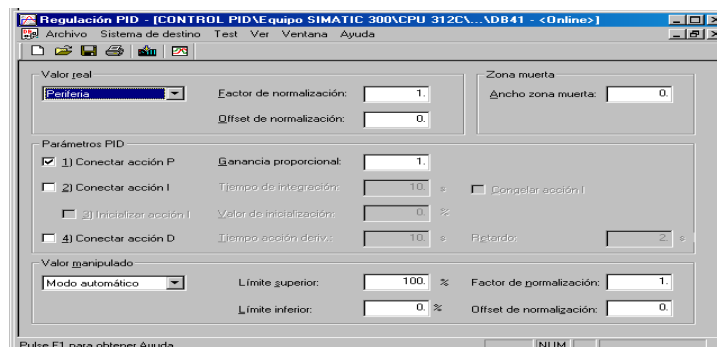


Figura C-46: Ajustes del Regulador PID.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

El registrador de curva es una herramienta muy potente para observar el comportamiento de la variable de proceso, la variable manipulada y el Set Point, lo que permite seguir la respuesta del proceso ante algún cambio en el valor de referencia. En la figura C-47 se muestra una ventana iniciar de esta herramienta.

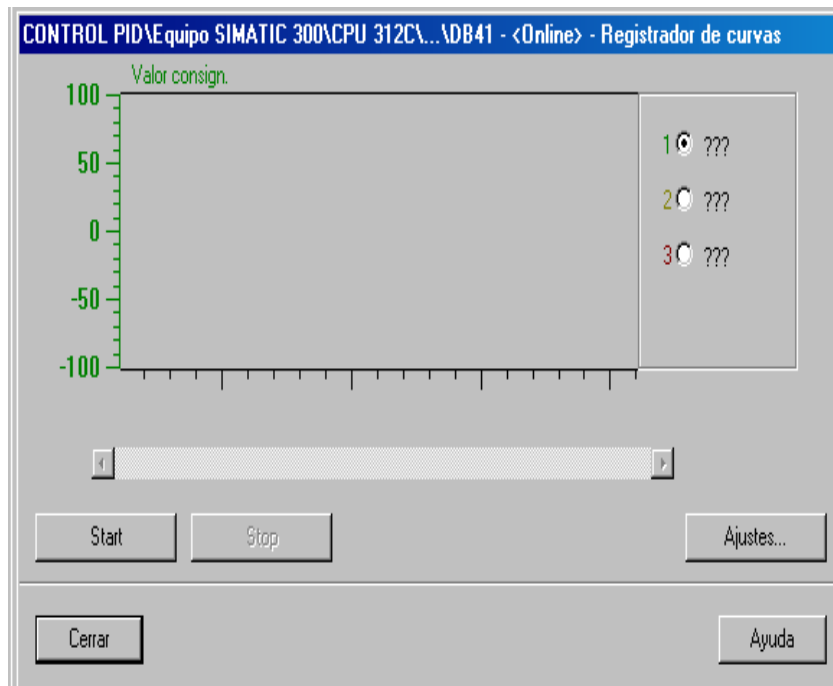


Figura C-47: Registrador de Curvas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para comenzar con la simulación se abre la tabla de variables y se ajusta un Set Point el cual se establece por defecto en un rango de 0 al 100%. Para este ejemplo se colocó en un 60% tal como se indica en la figura C-48. De la misma forma se ajustó un valor de entrada periférica. Esto debe hacerse con el simulador en STOP una vez ajustado los cambios se procede a colocarse en RUN, para que actualice los cambios realizados.

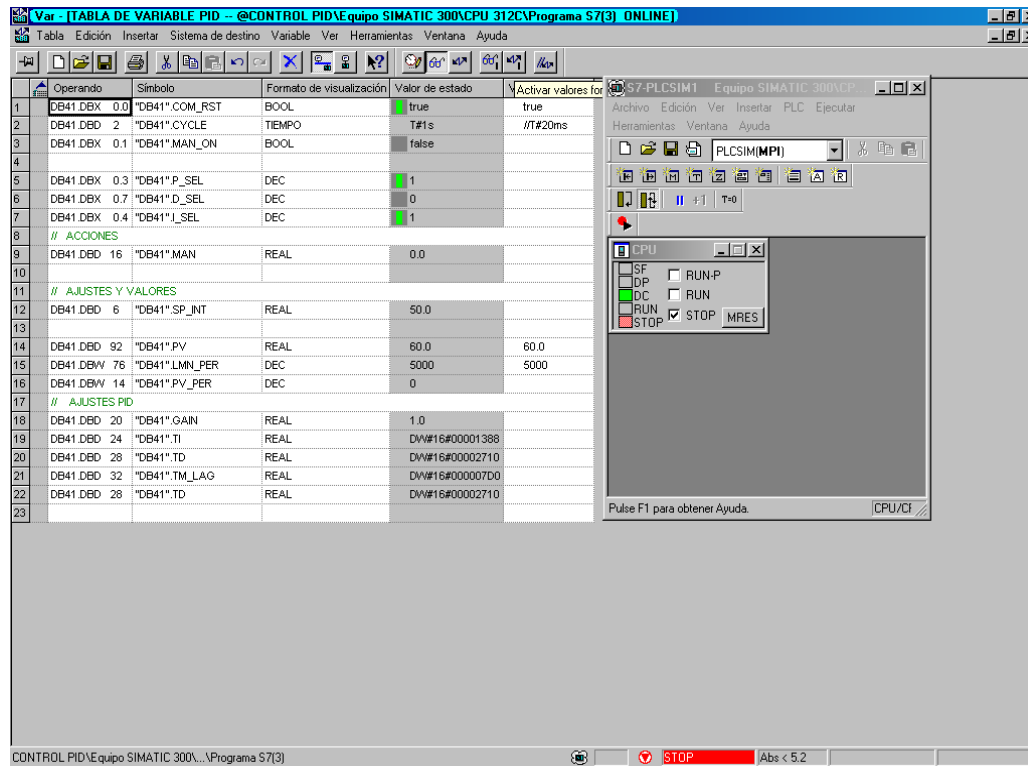


Figura C-48: Ajustes en la tabla de variables.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

El registrador de curva permite la visualización de las variables del proceso tal como se puede observar en la figura C-49. Una línea verde que representa el valor de referencia, una línea roja que indica la salida del controlador y una línea color naranja para indicar el valor de la variable de proceso. Partiendo de un Set Point de 50% y un valor de entrada que hace que la variable de proceso se encuentra por encima del valor deseado salida del controlador es cero, lo que indica que para el caso esta práctica que la potencia de la resistencia es igual a cero es decir se encuentra en OFF ya que el valor de temperatura en el tanque supero el valor deseado. Para mejorar dicha respuesta se debe ajustar el controlador bajo los métodos de Ziegler & Nichols tal como se muestra en el anexo B.

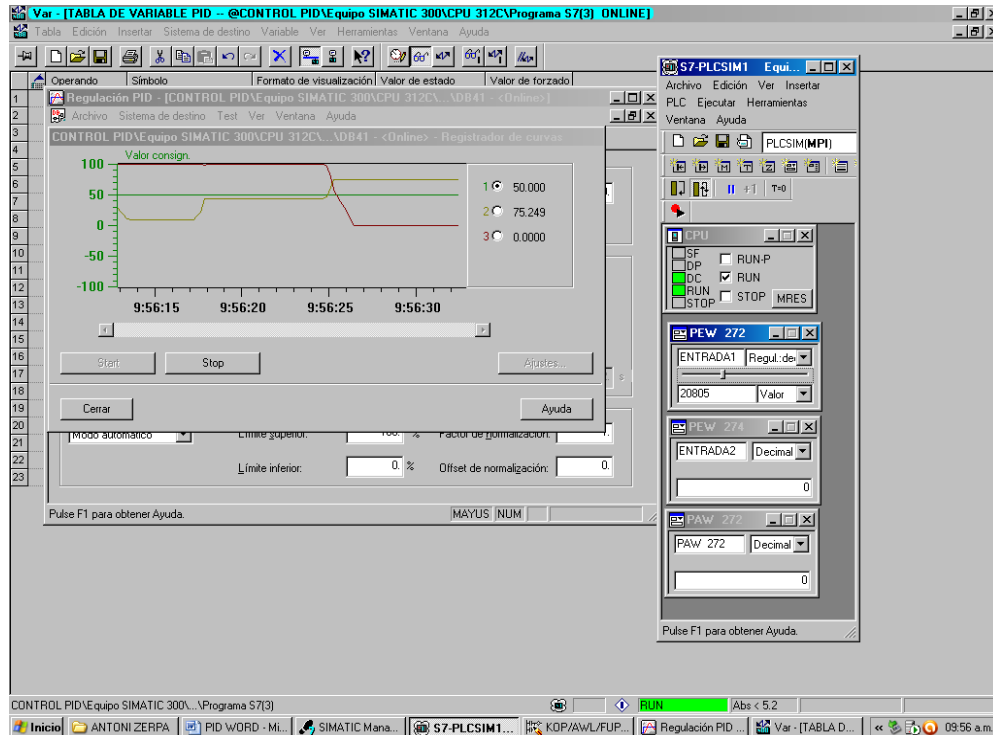


Figura C-49: Comportamiento del controlador en automático.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Post laboratorio

Teniendo en cuenta que la temperatura es una variable de respuesta lenta se requiere adicionar a la práctica2 del control PID un intercambiador de calor esto con el fin de obtener un control en la temperatura con mayor rapidez. A través del intercambiador se hará circular un flujo de agua fría para disminuir bruscamente la temperatura del fluido del tanque. Para ello se hará uso de una salida discreta para la bomba de agua, la cual es la responsable de hacer circular el agua fría a través del intercambiador. Establezca en la configuración de programación las condiciones para que la bomba pueda arrancar y detenerse adecuadamente.

Realice el respectivo informe de la práctica anexando todos los detalles que se realizaron en la programación y muestre mediante figuras la simulación del PLCSIM.

Práctica N° 3. Familiarización con la programación del Panel HMI TP 177B.

N° de sesiones: 2

Objetivo general

Realizar la interfaz entre la programación de un PLC Siemens S7-300 en STEP 7 y la pantalla Siemens TP 177B.

Objetivos específicos

- Utilizar bloques de datos en STEP 7 para la configuración de datos globales.
- Integrar proyectos del STEP 7 con el Wincc Flexible 2007.
- Desarrollar la programación del Panel HMI TP 177B, mediante la creación de variables y programación de botones en el Wincc Flexible 2007.
- Transferir proyectos al Panel HMI TP 177B para su ejecución.
- Utilizar enlaces de comunicación MPI entre el PLC Siemens S7-300 y el Panel HMI TP 177B.

Pre laboratorio

Para la realización de la siguiente práctica es necesario estudiar los puntos que se mencionan a continuación:

- Software Wincc flexible 2007.
- Estructura y conexión del panel TP 177B.
- Enlaces de comunicación MPI.
- Conexión de conectores Profibus
- Creación de ventanas y manejo de objetos del Wincc Flexible 2007.

Se recomienda revisar el Capítulo IV del trabajo de grado: “Diseño de experiencias prácticas de automatización industrial con una red de PLCs HMIs y Sistema SCADA”, deCastillo Carlos (2011). Universidad José Antonio Páez.

También se puede consultar la página web:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/21084461/att_82595/v1/hmi_tp177a_tp177b_op177b_operating_instructions_es_ES_es-ES.pdf

Laboratorio

Se desea integrar el proyecto de la práctica 1 realizada en programación estructurada usando los lenguajes de programación Grafcet y escalera, en el software Wincc Flexible 2007. Además se requiere programar la interfaz HMI que permita obtener información de las variables discretas de salida del Simatic y transferirlas al panel operador TP 177B.

Es importante considerar en la programación de la pantalla Siemens TP 177B, que además de permitir la visualización del proceso, también debe interactuar con los botones START, pausa y continuar ya que se trata de un panel que representa una manera de operar al proceso en arranque parada y pausa sin la necesidad de utilizar directamente el STEP 7.

Desarrollo

Para iniciar la programación se debe hacer clic en el icono de WinCC flexible 2007, con lo que aparecerá la ventana que se muestra en la figura C-50.



Figura C-50: Ventana WincCC flexible 2007.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Para crear un nuevo proyecto en Wincc flexible se debe hacer clic tal como se muestra en la figura C-51.

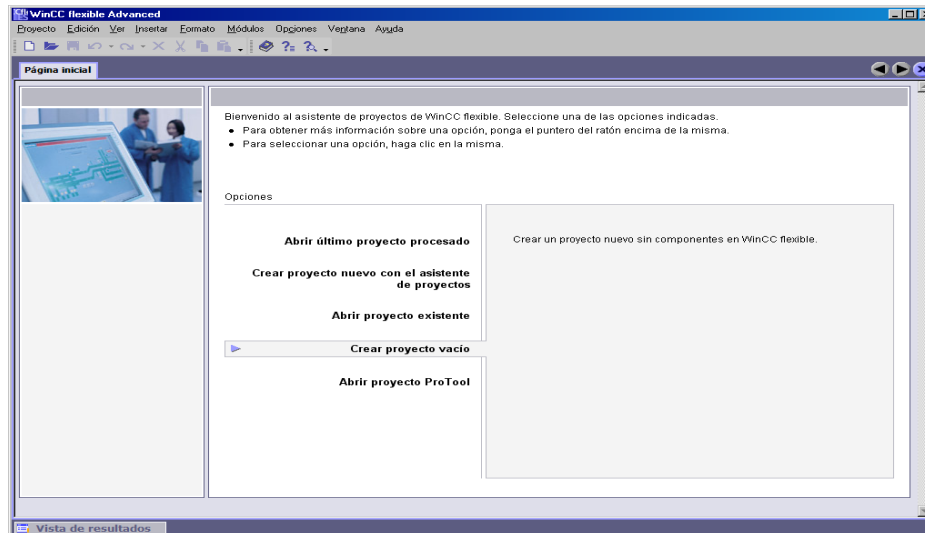


Figura C-51: Creación de nuevo proyecto.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Seleccione el panel TP 177B mono DP y la versión tal como se muestra en la figura C-52 con el cual se trabajará en el proyecto.

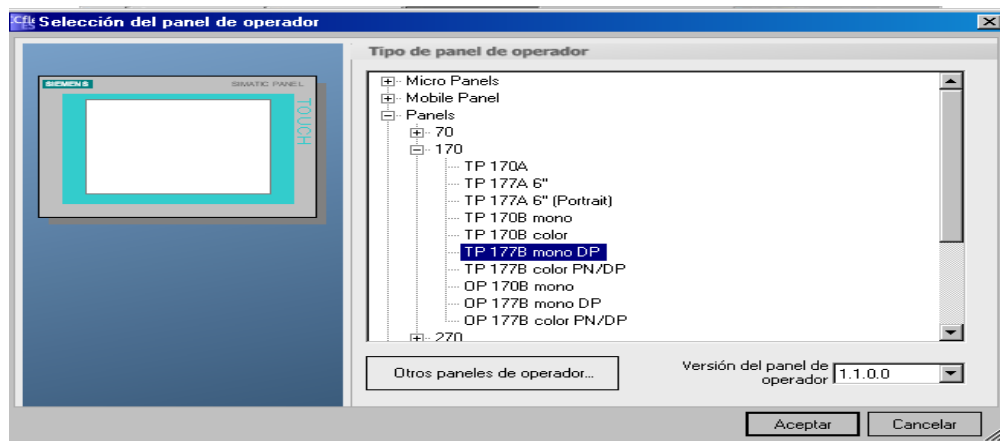


Figura C-52: Selección del panel TP 177 mono DP.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Luego de seleccionar el panel se debe hacer clic en aceptar con lo cual se tendrá la figura C-53.

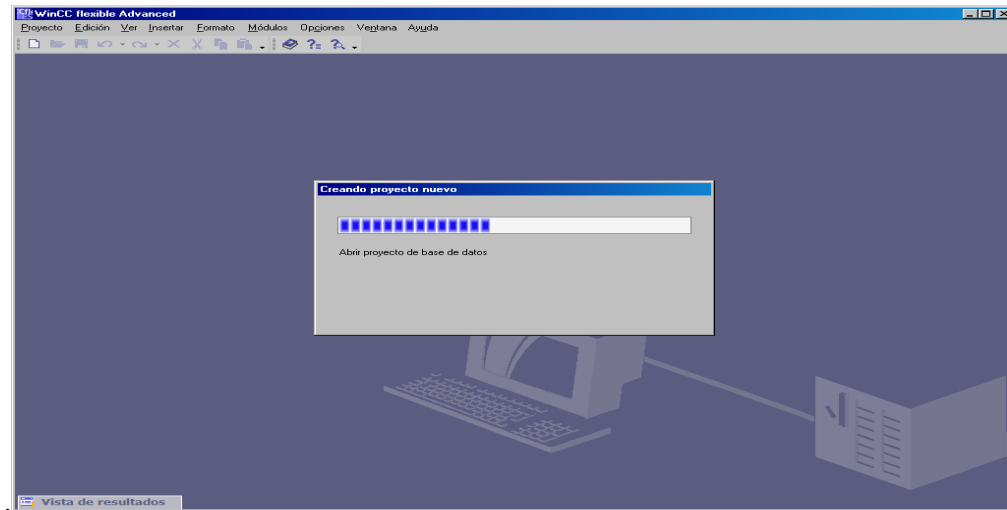


Figura C-53: Creación de nuevo proyecto.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura C-54 se muestra la programación inicial del proyecto así como todas las herramientas necesarias para crear las plantillas y las imágenes de los proyectos. Para generar las nuevas imágenes se debe hacer clic en agregar imagen.

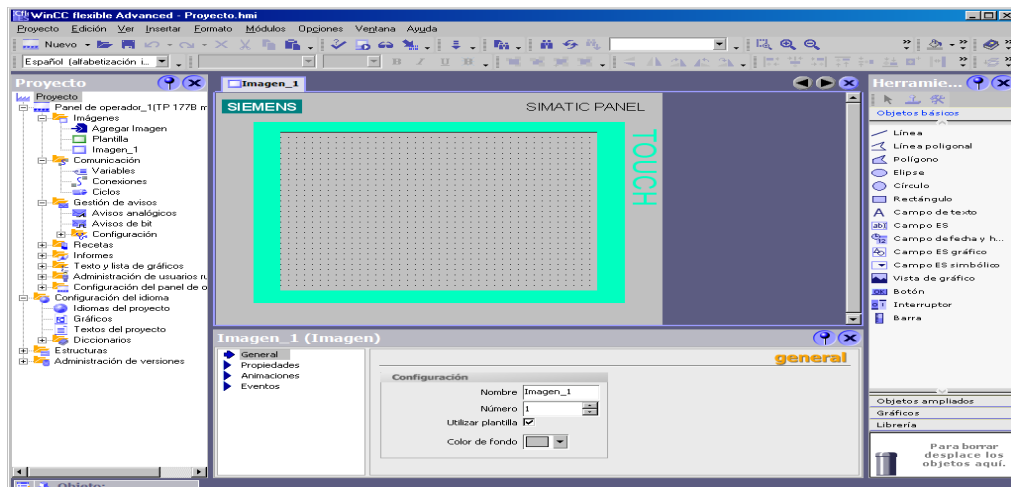


Figura C-54: Ventana principal WinCC flexible 2007.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura C-55 se muestra la forma correcta de integrar el proyecto creado en el Wincc en el STEP 7. Para ellos se debe hacer clic en **integrar en el proyecto STEP7**.

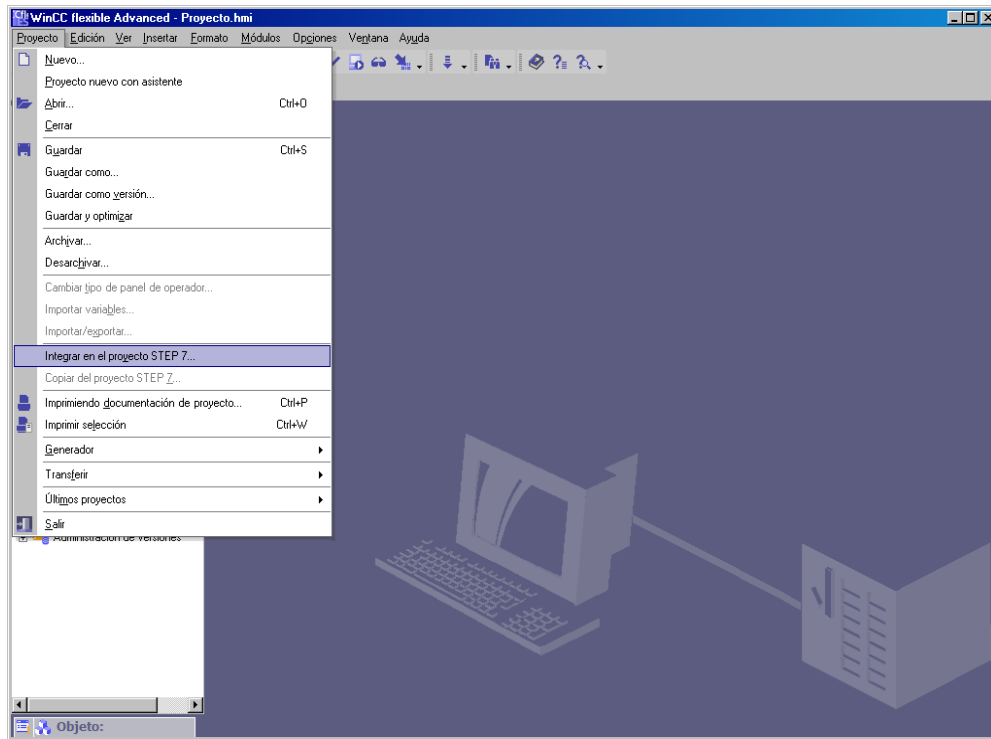


Figura C-55: Ventana principal WinCC flexible 2007.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Para comenzar la programación se realizará la creación de la plantilla la cual se visualizará en todas las imágenes que se creen quedando éstas como fondo; el texto mostrado en la plantilla se realiza utilizando la herramienta campo de texto. Ver figura C-56.

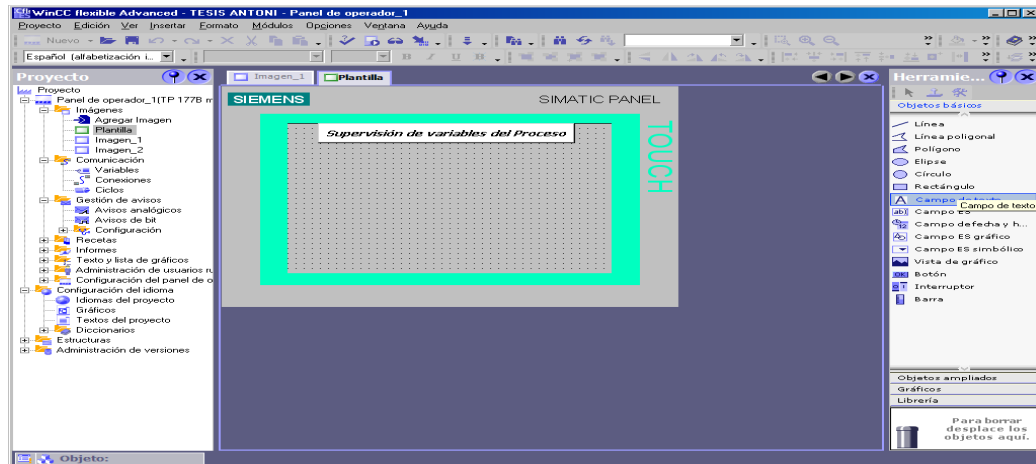


Figura C-56: Creación de plantilla.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura C-57 se encuentran ya creados todos los iconos y botones que se visualizarán en el panel TP 177B mono DP, entre ellos arranque, pausa, continuar y parada. Cada botón se genera mediante la herramienta crear botón y su tamaño y dimensión se ajusta a través haciendo uso del ratón.

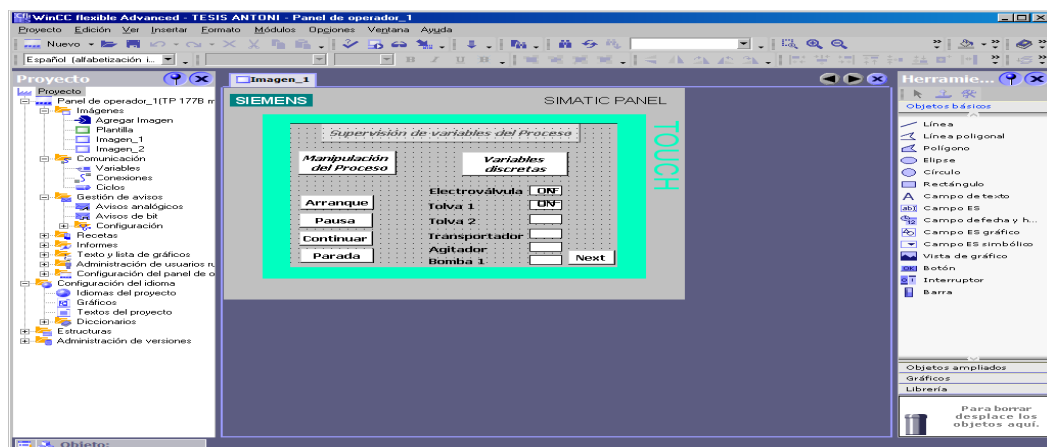


Figura C-57: Ventana WincCC flexible 2007.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

A continuación se tiene la animación respectiva de cada uno de los botones de creados. En la figura C-58 se tiene la configuración del botón arranque, se debe hacer clic en general y el campo de texto colocar el nombre respectivo del botón.

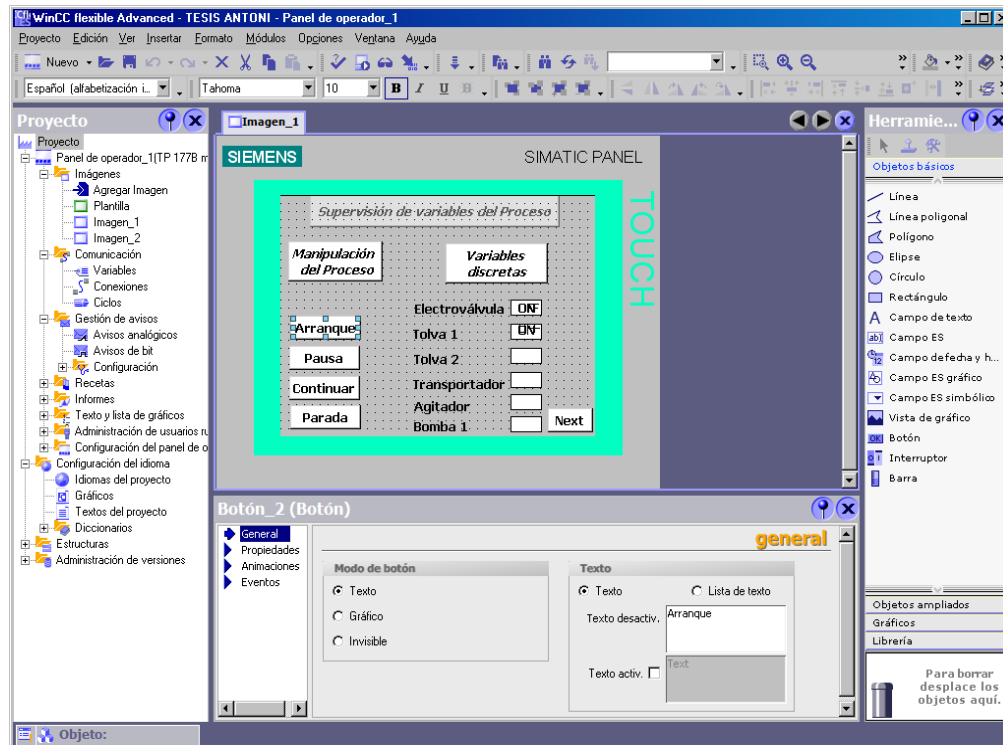


Figura C-58: Configuración del botón ARRANQUE.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Además de configurar el nombre del botón de arranque también se debe configurar la acción del mismo. Para ello es necesario hacer clic en eventos-invertir bit y seleccionar la opción de variable entrada /salida – comunicación variable y datos Wincc.Arranque, los cuales pertenecen a los registros del STEP 7. Solo hay que seleccionar la variable que se desea asociar para generar la acción del botón y poder establecer la comunicación entre el panel y el proyecto STEP 7. Ver figura C-59.

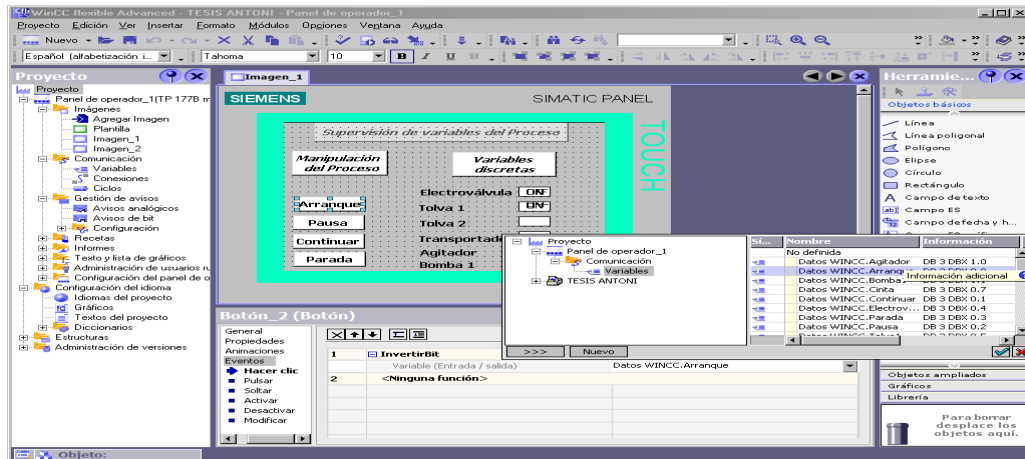


Figura C-59: Configuración del botón ARRANQUE.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura C-60 se muestra la configuración del botón de acción PAUSA el cual procede de la misma manera que se programa el botón de ARRANQUE. Con la variación de seleccionar el registro DATOS Wincc.pausa.

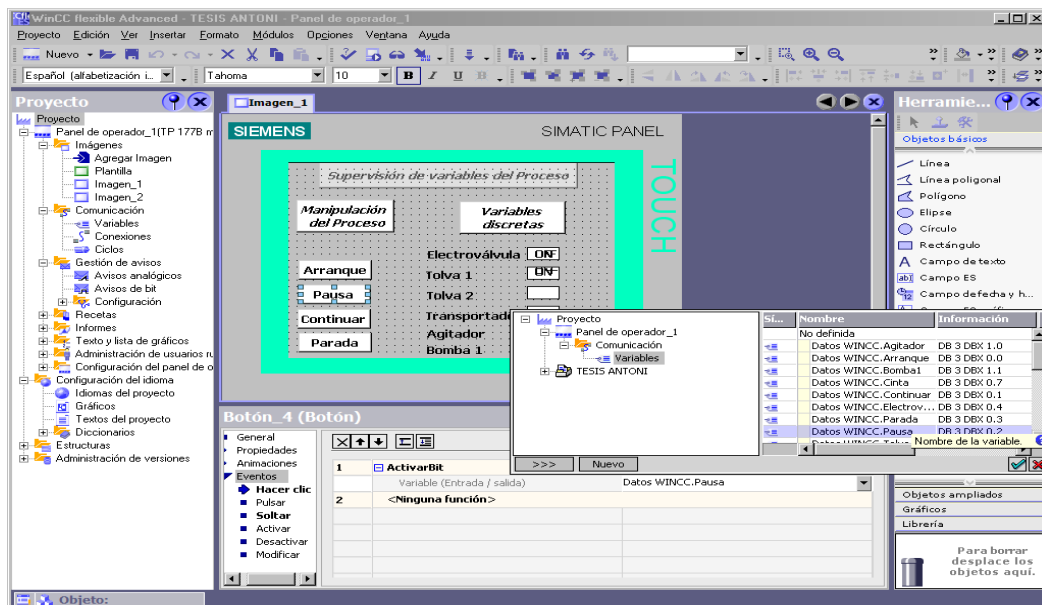


Figura C-60: Configuración del botón PAUSA.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura C-61 se muestra la configuración del botón de acción PAUSA. Para su configuración se procede de la misma manera que se programa el botón de ARRANQUE, con la variación de seleccionar el registro DATOS Wincc.continuar.

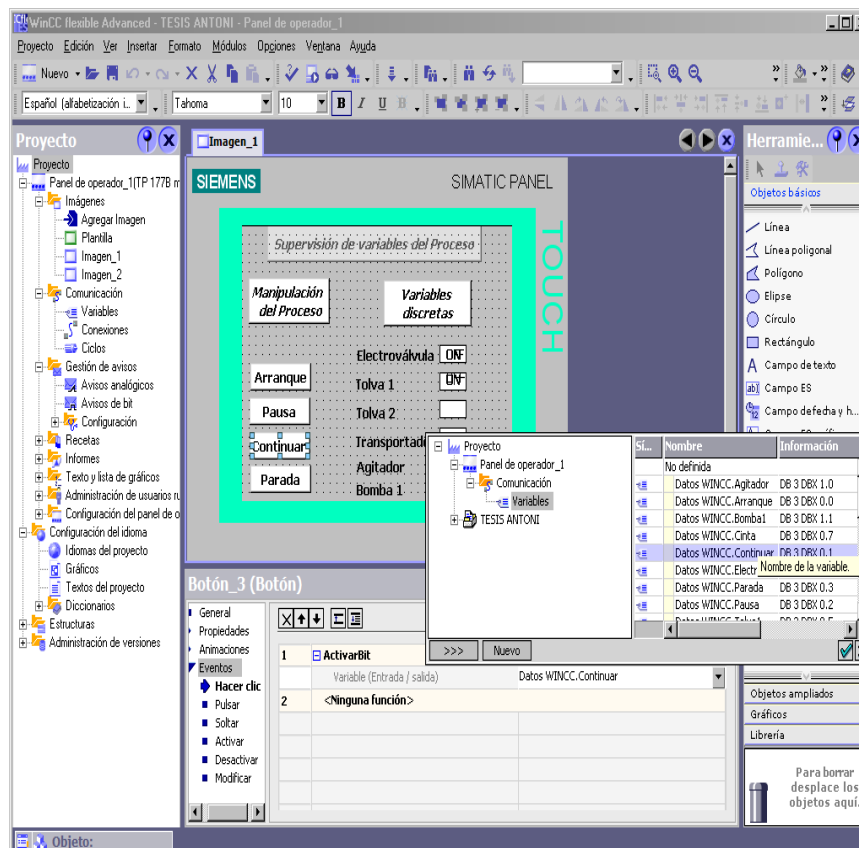


Figura C-61: Configuración del botón CONTINUAR.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la figura C-62 se muestra la configuración del botón de acción PAUSA el cual procede de la misma manera que se programa el botón de ARRANQUE. Con la variación de seleccionar el registro DATOS Wincc.parada.

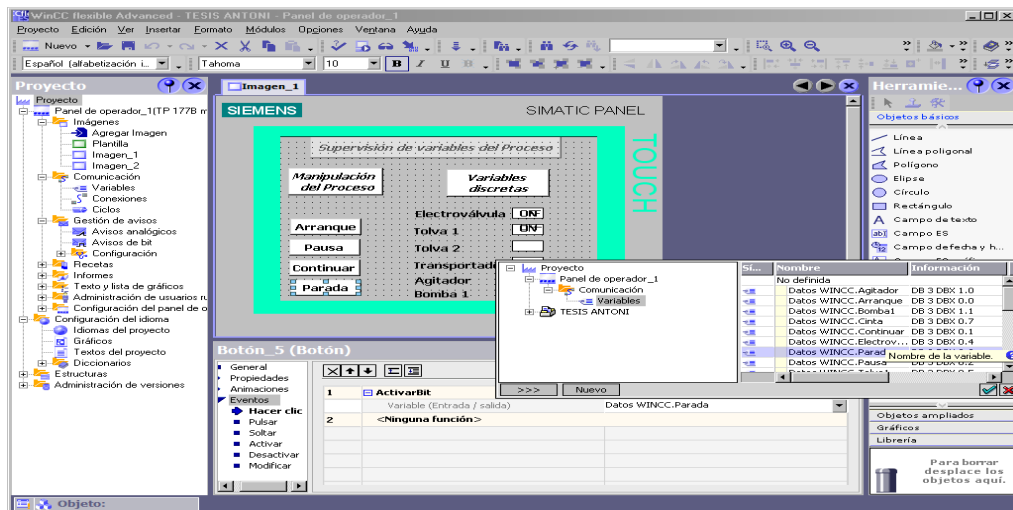


Figura C-62: Configuración del botón PARADA.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

La configuración de la imagen2 se presenta en la figura C-63, en ella se muestra la visualización de la variable analógica asociada al peso. También se observa un botón de cambio de página para ir a la imagen1.

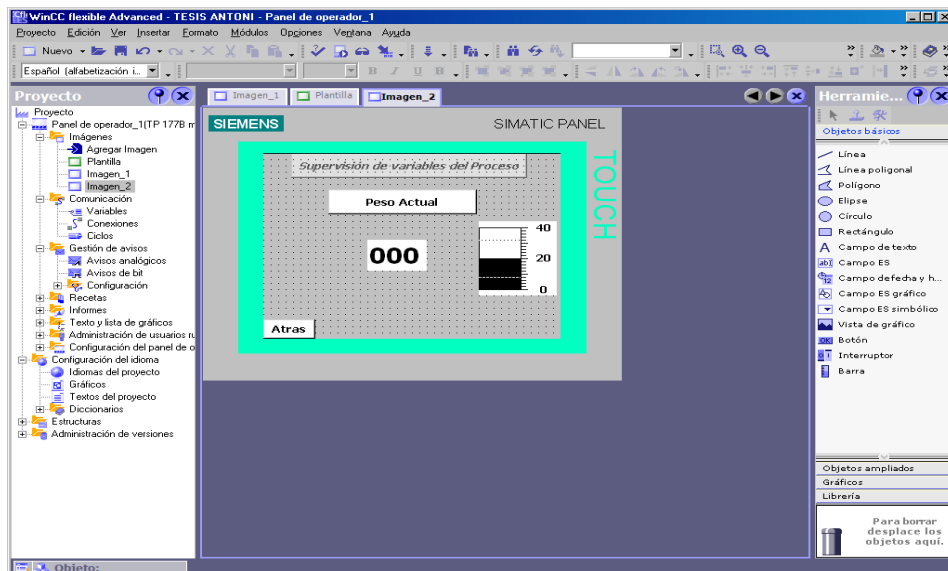


Figura C-63: Configuración de imagen2.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

La figura C-64 destaca la programación del NEXT empleado para saltar a la imagen2, para ello se hace clic en eventos- activar imagen y se mostrarán las todas las imágenes creadas en el Wincc. Para este ejemplo se seleccionará la imagen2 a la cual se desea generar el salto.

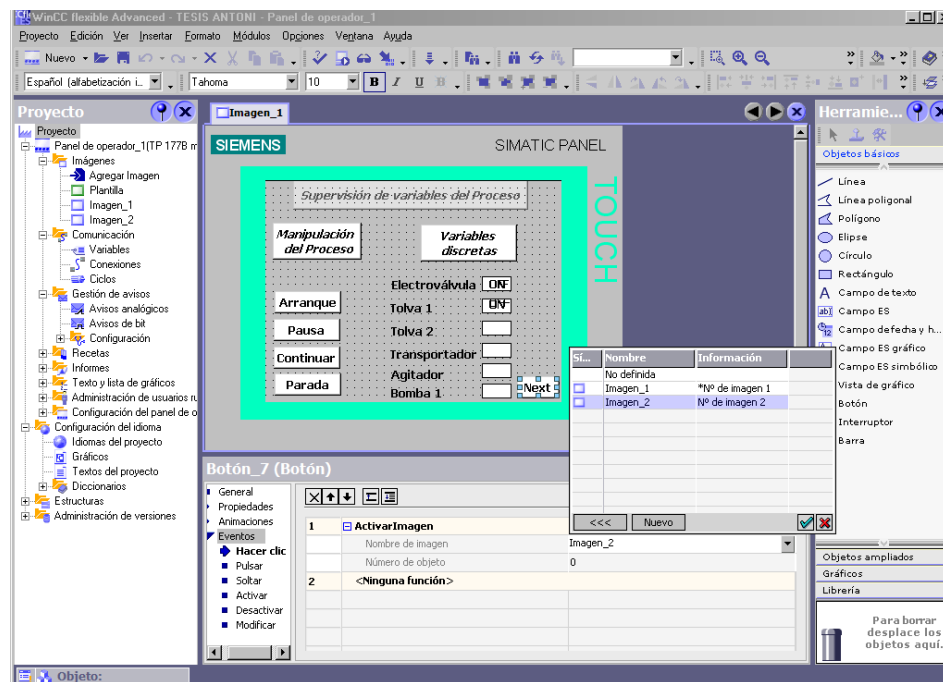


Figura C-64: Configuración del botón NEXT.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Una configuración importante es la de variables, para ello se hará clic en variables y se desplegará las opciones de los registros de datos creados en el STEP 7, la CPU 312C, los tipos de datos, símbolos y la dirección. Se debe ajustar según la variables las características de la misma bien sea discreta o analógica tal como se muestra en la figura C-65.

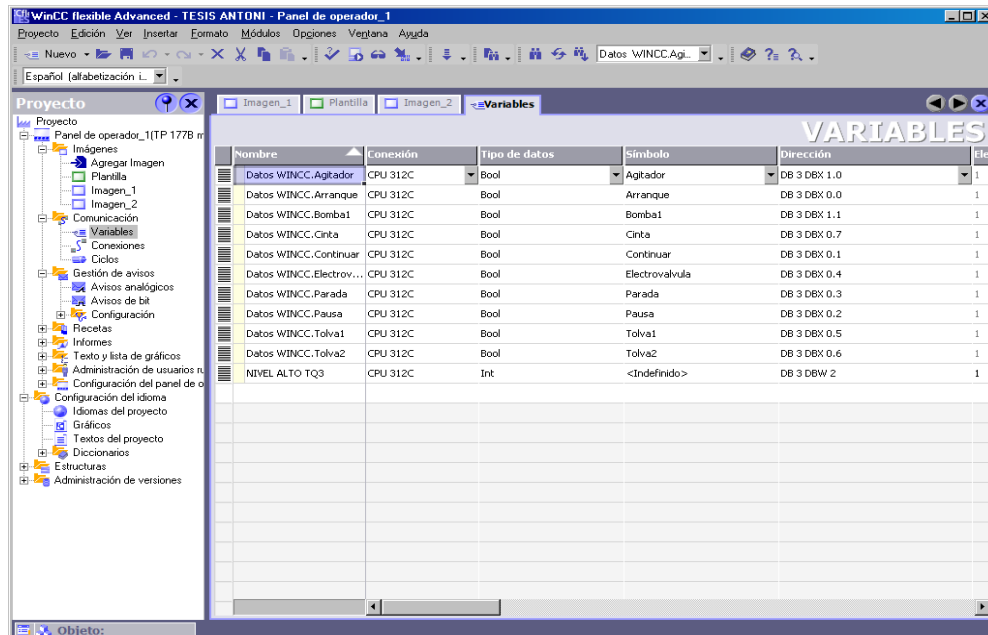


Figura C-65: Configuración de variables.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

La figura C-66 destaca la configuración de conexión en la cual es necesario seleccionar la opción de Driver de comunicación SIMATIC S7 300/400, la interfaz MPI/DP y velocidad de transferencia 187500 bits/s

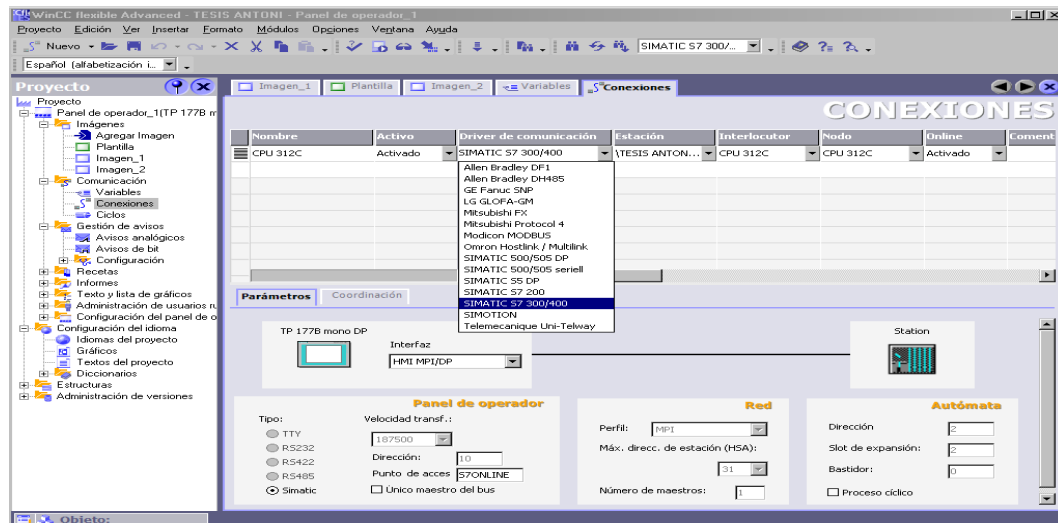


Figura C-66: Configuración de Conexiones

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Para finalizar se procede a realizar la transferencia del proyecto al panel TP 177B, tal como se visualiza en la figura C-67.

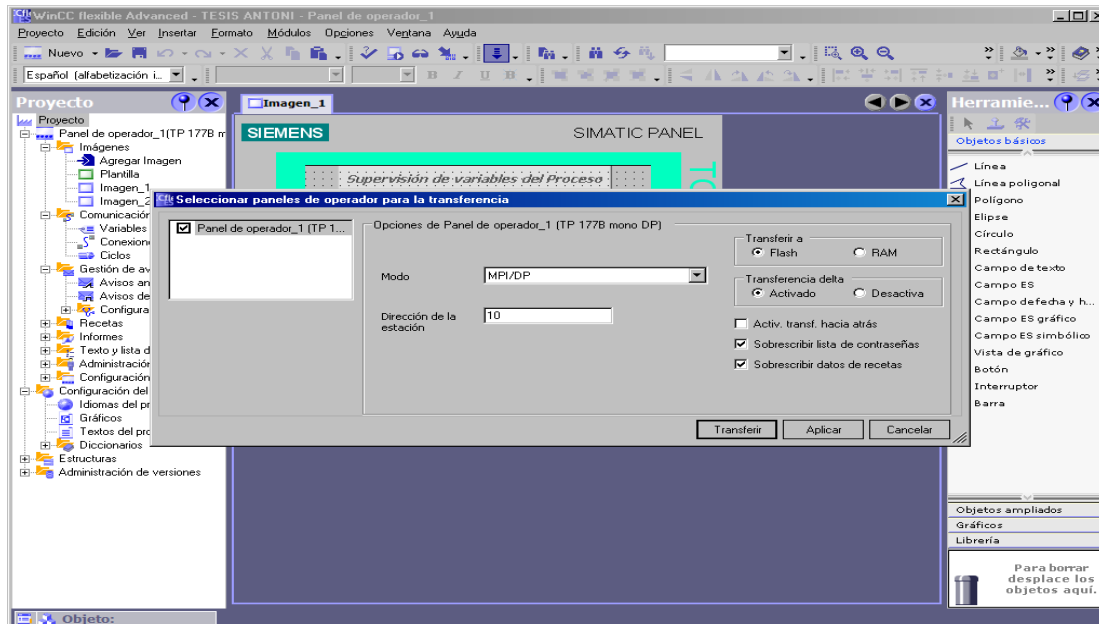


Figura C-67: Transferencia del proyecto al panel TP 177B.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Post Laboratorio

Realice la programación correspondiente en el Wincc Flexible 2007 para que sea posible la monitorización de las variables analógicas de la práctica 1. Se desea monitorear en la HMI la variable peso, la cual es una variable real, visualizándola en cada instante de tiempo aun cuando se haya detenido el proceso a través de una pausa.

Elabore un informe detallado de la práctica desarrollada y las recomendaciones que usted considera para mejorar la programación en el Wincc Flexible 2007.

Práctica N° 4. Animación de las prácticas 1 y 2 a través del Software Wonderware Invensys.

N° de sesiones: 2

Objetivo general

Realizar la animación de los diferentes elementos de la planta piloto de nivel, peso y temperatura a través del software Wonderware Invensys Intouch.

Objetivos específicos

- Familiarizarse con el software Wonderware Invensys a través de la creación de ventanas y animaciones con el editor Window Maker y su ejecución con el Window Viewer.
- Usar scripts en Intouch para la programación de animaciones destinadas a la planta piloto de nivel, peso y temperatura.

Pre laboratorio

- Estudiar el software Wonderware Intouch referente a:
 - Creación de tags
 - Creación de ventanas
 - Creación de animaciones
 - Programación de scripts.

Se recomienda como fuentes de información:

- Apuntes de la asignatura SCADA de la profesora Marlene Zambrano.
- Trabajo de grado: “Desarrollo de experiencias didácticas en automatización industrial para la enseñanza del sistema Scada Intouch de Wonderware”, de Rossmel Aquino y Mauricio Salazar (2010). Universidad José Antonio Páez.

Laboratorio

Se desea realizar la animación mediante la utilización Wonderware Intouch de las prácticas 1 y 2. Para ello se requiere generar la animación de cada elemento que

compone la planta para el control de nivel, peso y temperatura en los respectivos tanques. Ver figura C-68.

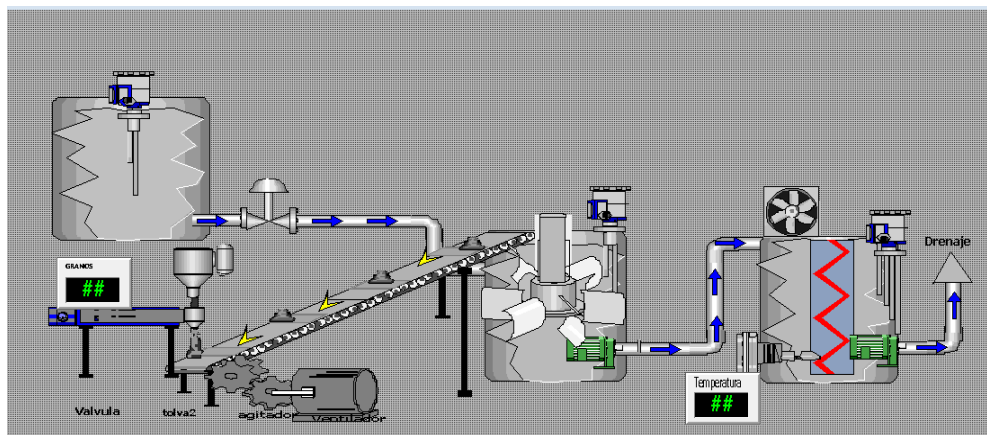


Figura C-68: Representación de la práctica 4

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Desarrollo

Para iniciar la programación de Intouch debe hacer clic en el icono de Wonderware. Mostrado en la figura C-69.

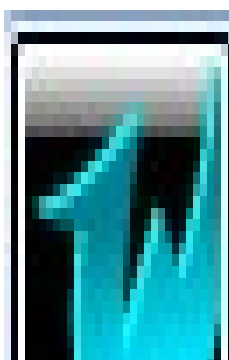


Figura C-69: Icono Intouch Wonderware

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-70 se muestra la ventana de Application Manager. Esta es presentada antes de la creación de un proyecto también tiene la opción de obtener algunos demos de algunos procesos que sirven de ilustración en distintas resoluciones como: 1024*768, 1024*1024 y 800*600.

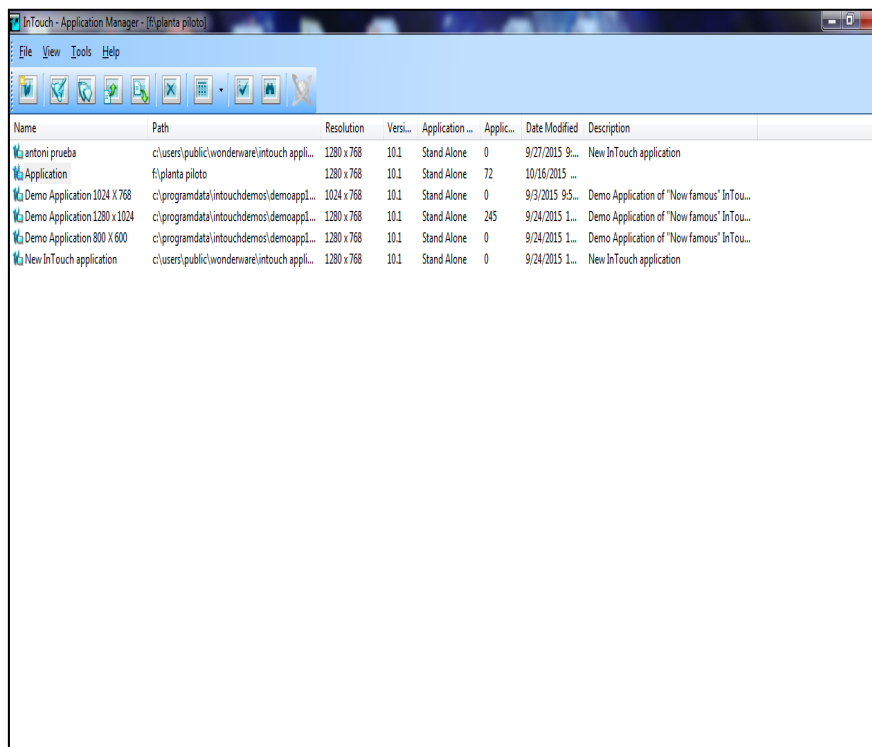


Figura C-70: ventana de Application Manager

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para crear una aplicación se hace clic en la ventana Create New Application, luego de eso aparecerá la ventana que se muestra en la figura C-71 donde es posible elegir la ruta de destino donde se guardará el proyecto.

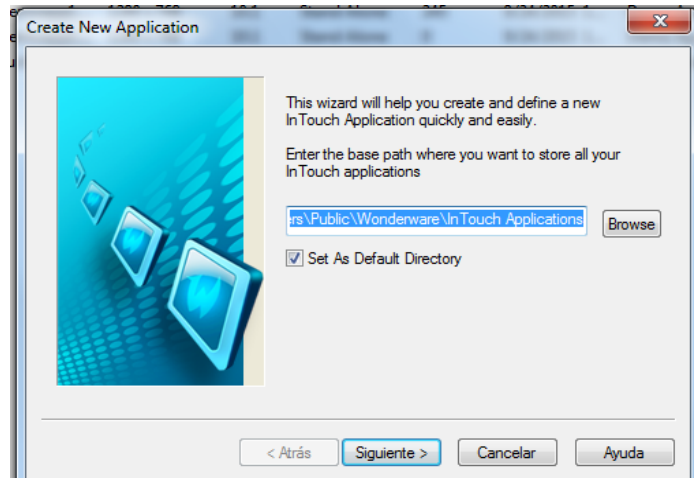


Figura C-71: Ventana Create New Application

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Al hacer clic en siguiente de la ventana anterior aparecerá una nueva ventana para colocar el nombre del proyecto con el cual se guardara. Ver figura C-72.

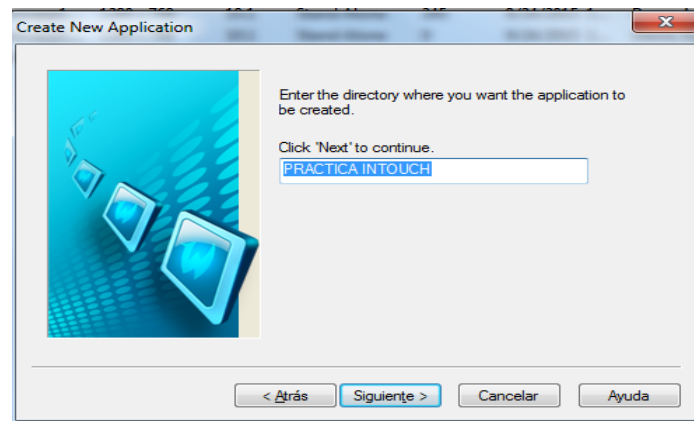


Figura C-72: Nuevo proyecto en Intouch

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La ventana que se observa en la figura C-73 se crea cuando ya se le ha asignado un nombre al proyecto, se colocará en la ventana principal. Luego de esto se debe hacer

doble clic en el nombre del proyecto que se le ha puesto para comenzar la programación.

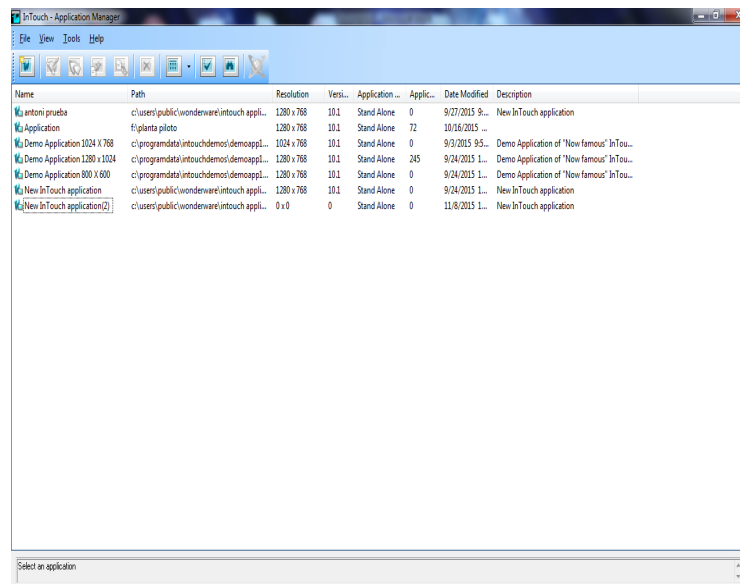


Figura C-73: Ventana principal de Intouch Wonderware

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En vista que el software utilizado en modo didáctico se encuentra en versión demo, aparecerá una ventana donde se indica la necesidad de licencia del producto, por ello se ejecutará por un tiempo limitado de 120 minutos. Ver figura C-74.

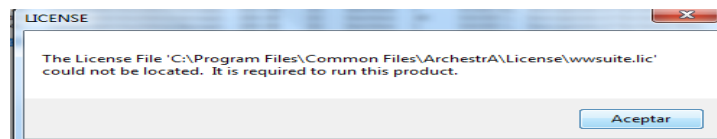


Figura C-74: Ventana LICENSE Intouch

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La figura C-75 que se observa a continuación aparece antes de dar inicio a la ventana de programación principal.



Figura C-75: Inicio de Intouch Wonderware

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para abrir una nueva ventana se debe hacer clic en donde dice NEW Window. Ver figura C-76.

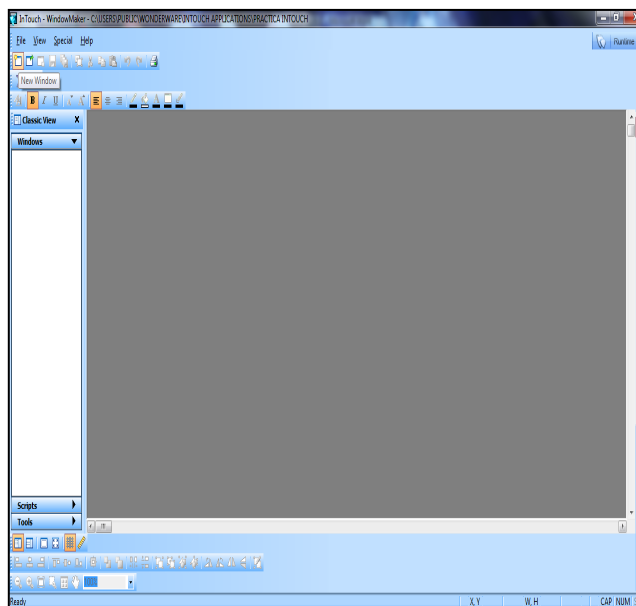


Figura C-76: Creación de nueva ventana

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Las propiedades de cada ventana que se vayan creando se destacan en la figura C-77 donde se puede personalizar el nombre, el tamaño de la ventana, el tipo de ventana, el color, las dimensiones entre muchas más.

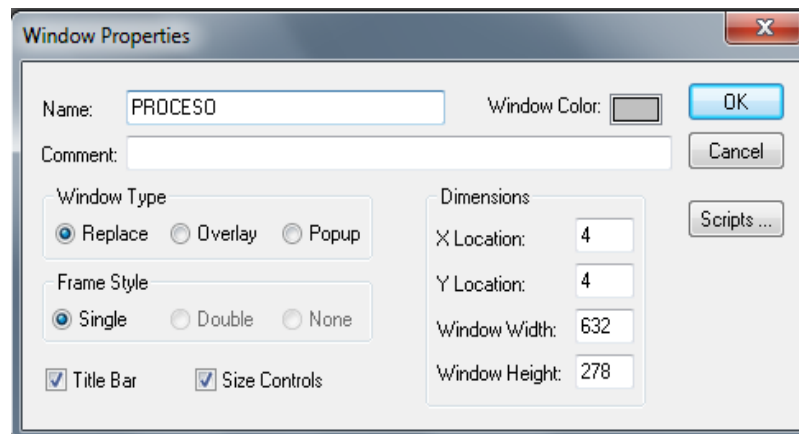


Figura C-77: Propiedades de una Ventana

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Una vez creada la ventana se procede a buscar los objetos necesarios para la creación de la animación de los procesos representados en las prácticas 1 y 2. Para ello se procede a selección de los Wizard, en el cual se encuentran todos los elementos que se usan en los procesos industriales. Así como lo muestra la figura C-78.

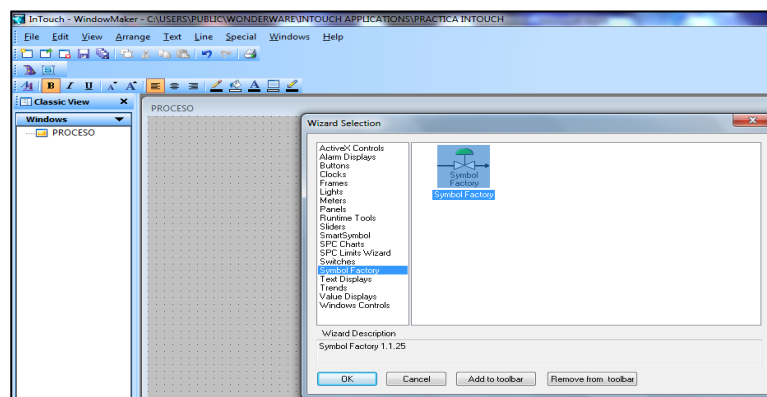


Figura C-78: Selección Wizard

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-79 se destaca la ventana Symbol Factory, en ella se contienen elementos como tanques, válvulas, tuberías y mucho más. Se puede considerar que este software contiene una gran cantidad de los dispositivos y actuadores encontrados en una planta industrial.

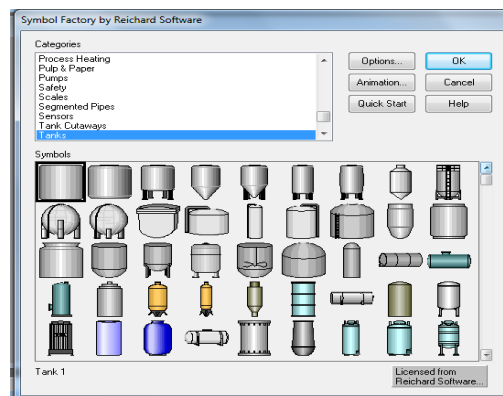


Figura C-79: Elementos Intouch Wonderware

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Los elementos que componen a las prácticas 1 y 2 son tres tanques, sensores de nivel, válvula, tolvas, resistencia calentadora, termopar, celda de carga, motores, agitador ventilador y bombas. Una vez colocados en la ventana WindowMaker se observará una representación tal como se muestra en la figura C-80.

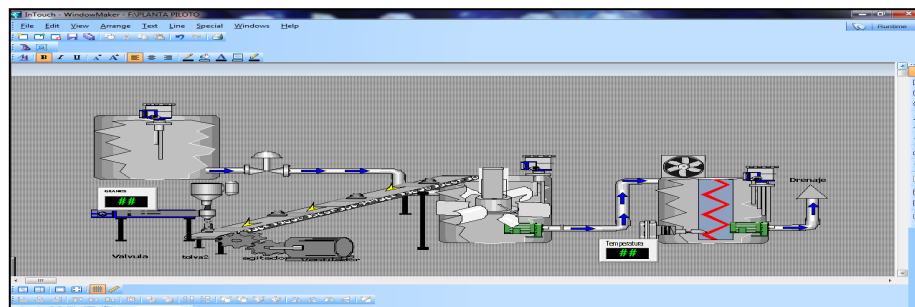


Figura C-80: Representación de las prácticas 1 y 2.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Cada elemento de los representados en la figura C-81 posee una animación asociada al origen del objeto ya que es una característica que brinda el INTOUCH. Para poder observar la animación de cada uno de ellos es necesario crear las variables que serán asociadas a cada objeto. En el tanqueT1 al hacer clic en él se desplegará la ventana que se observa en la figura C-81, en ella se creará la variable nivel de tipo analógico. Además en la opción de colores se seleccionará azul para cuando la variable asociada se encuentre activada la animación del tanque sea de ese color, y gris para cuando la variable tenga un valor de cero.

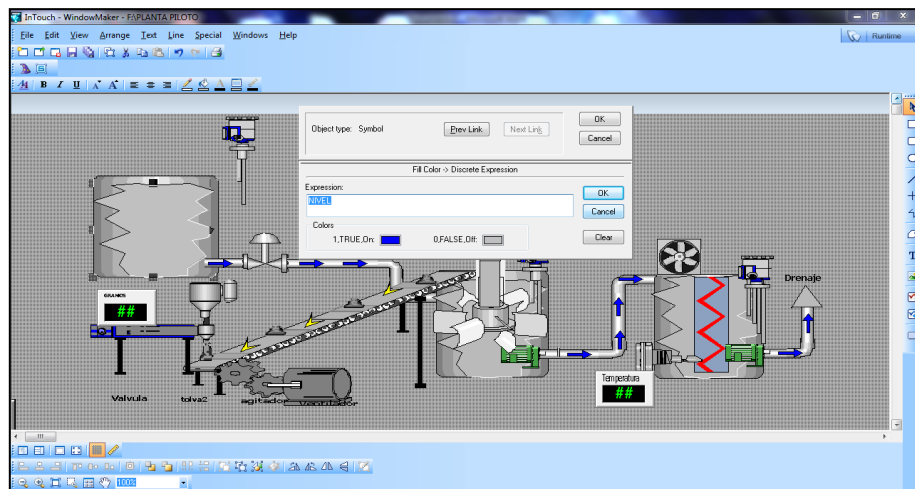


Figura C-81: Animación del tanqueT1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Ahora se presenta la animación de las flechas de color azul que se encuentran en la tubería que conectan los tres tanques las cuales se desean que tenga un movimiento hacia la derecha simulando la acción del fluido del tanque T1 al T2. Para crear este efecto se emplea una acción generada por el programa a través del comando \$ Second MOD 5 lo cual no es más que indícale que la flecha haga 5 movimiento por segundos. Ver figura C-82.

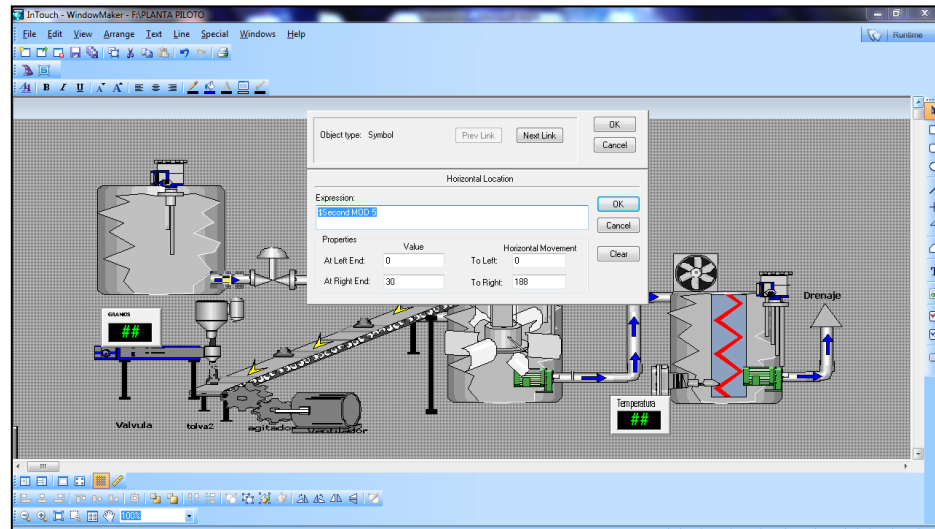


Figura C-82: Animación de las Flechas

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para crear la animación de la válvula es necesario asociarle una variable discreta ya que esta solo tiene dos posibilidades abierto o cerrado, tal como se muestra en la figura C-83. Cuando la variable válvula sea uno entonces cambiará a color verde para indicar que se encuentra abierta, y gris cuando se encuentre cerrada.

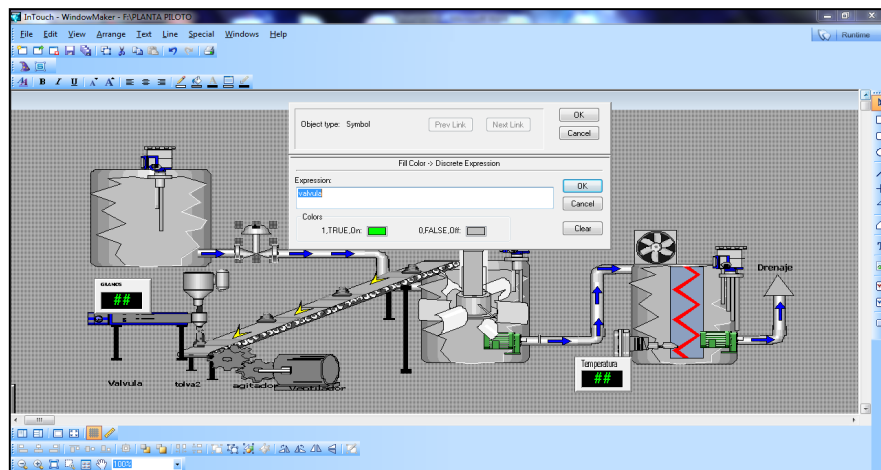


Figura C-83: Configuración de la Válvula

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

El tanque T2 contiene el fluido que proviene de del tanque T1, es por ello que se le asocia al tanque T2 una variable analógica la cual es llamada NIVEL1. A dicha variable se le coloca en las opciones de colores el color azul para cuando la variable esta activada y gris para cuando su valor sea cero. Esta misma configuración aplica para el tanque T3. Ver figura C-84.

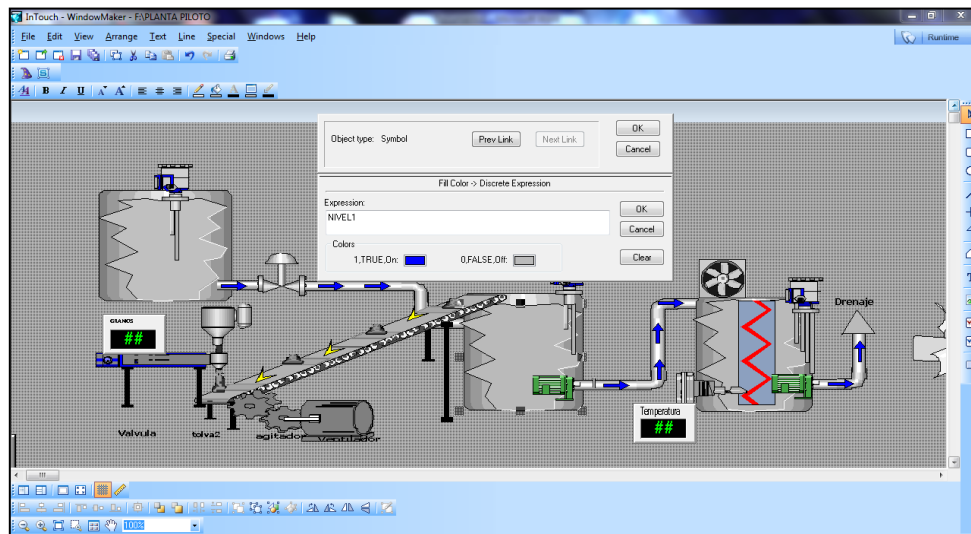


Figura C-84: Configuración de la variable NIVEL1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-85 se despliega las propiedades que se le puede asociar a cada elemento del proceso. Para la configuración de ellos basta en hacer clic en la animación que se desee para cada actuador. En el caso de la tolva1 se debe observar la sustancia cayendo a la tolva 2, es por eso que a dicha sustancia se le añade la configuración de visibilidad y de Blink la cual tiene como función aparecer y desaparecer dando así el aspecto de que en realidad la sustancia contenida está cayendo a la tolva2.

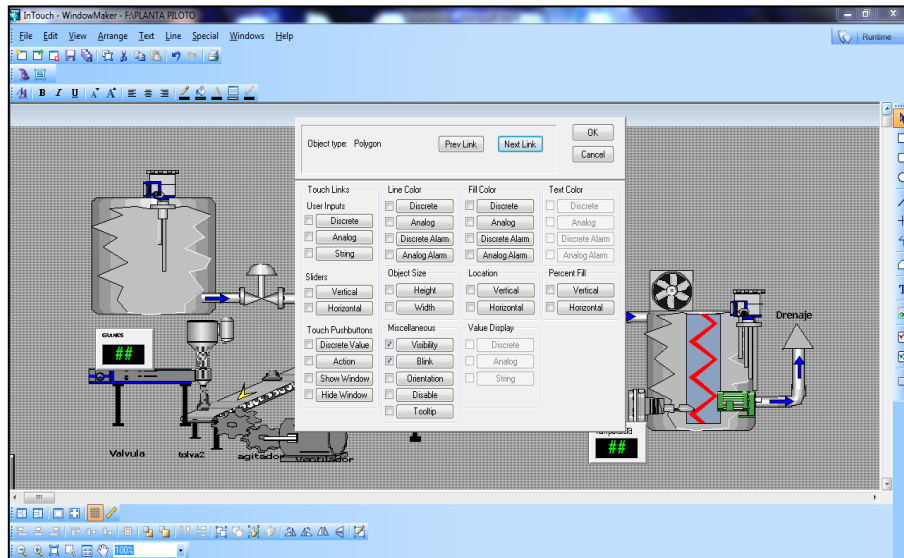


Figura C-85: Animación de la sustancia de la Tolva1

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La cinta transportadora se encarga de llevar la sustancia hasta el tanque T2. Para crear este efecto se usa la variable cinta y se activa el comando \$Second Mod 4. Con ello se crearán cuatro movimientos por segundo y dará la impresión de un desplazamiento de la cinta. Ver figura C-86.

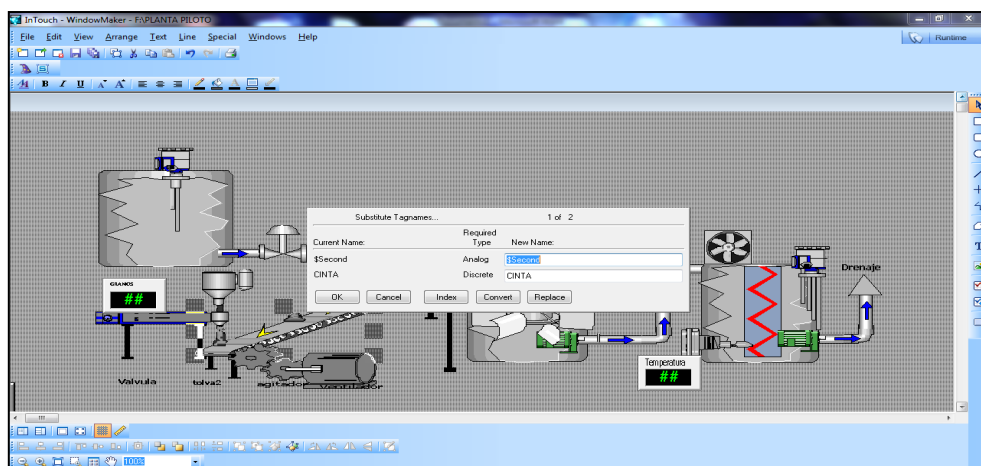


Figura C-86: Configuración Cinta.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

El agitador se encarga de agitar la mezcla tal como así lo explica la práctica1 por lo tanto para crear ese efecto se hace clic en el objeto, se crea la variable discreta agitador y haciendo uso de las propiedades de Blink permite que al aparecer y desaparecer por espacios cortos de tiempo se genere la animación de que este se encuentra en movimiento. Ver figura C-87.

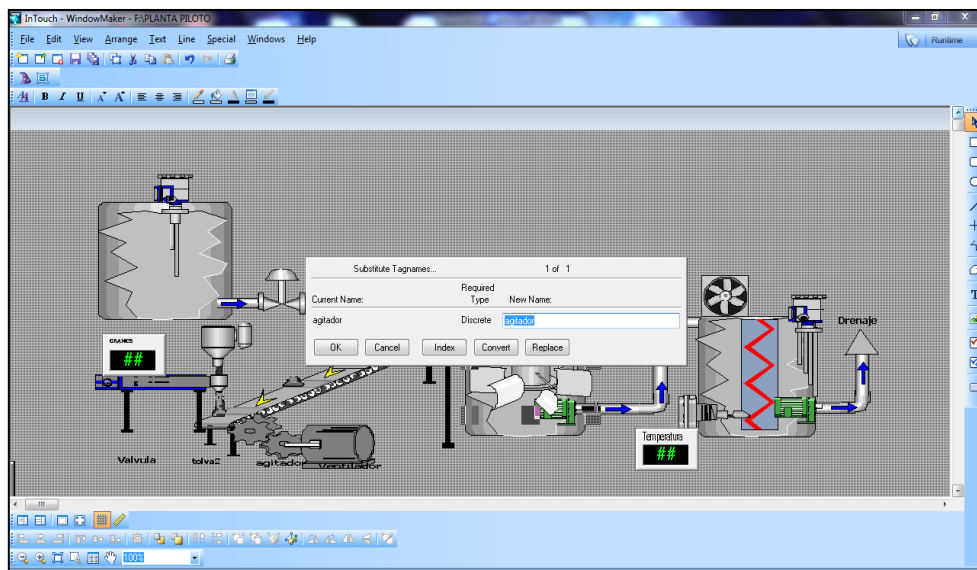


Figura C-87: Configuración Agitador.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Según lo visto en la práctica1 se cuenta con un botón de arranque el cual está constituido como START y un botón de parada como botón STOP. Estos botones son creados en el INTOUCH para la manipulación del proceso. En la figura C-88 se tiene la configuración del botón START, al cual se le encuentra asociado una variable discreta ya que este solo tiene dos posibilidades ON y OFF.

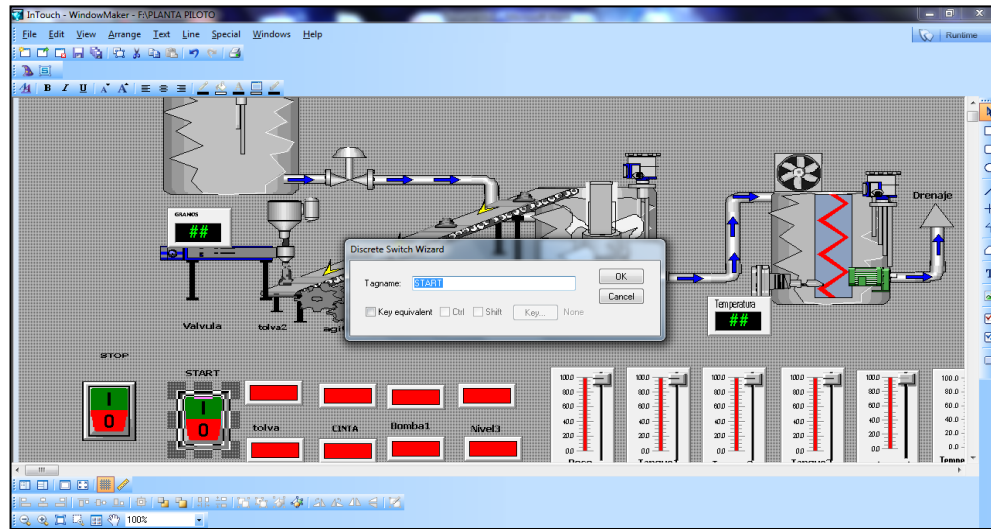


Figura C-88: Configuración del botón START.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La configuración del botón de STOP se realiza asociando a dicho botón la variable discreta STOP empleada para detener la animación del proceso. Ver figura C-89.

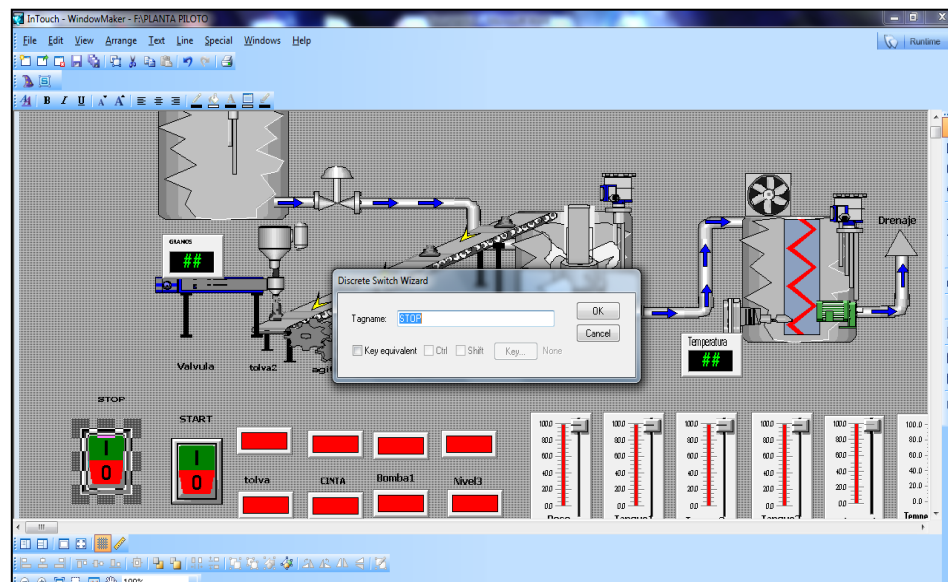


Figura C-89: Configuración del Botón STOP.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La resistencia calentadora debe cambiar de color para mostrar la potencia de salida del controlador es por ello que en la figura C-90 se muestra la configuración de varios colores desde el color rojo más intenso hasta el color más claro, para así generar la animación de que está generando mayor o menor temperatura la resistencia en el tanque T3.

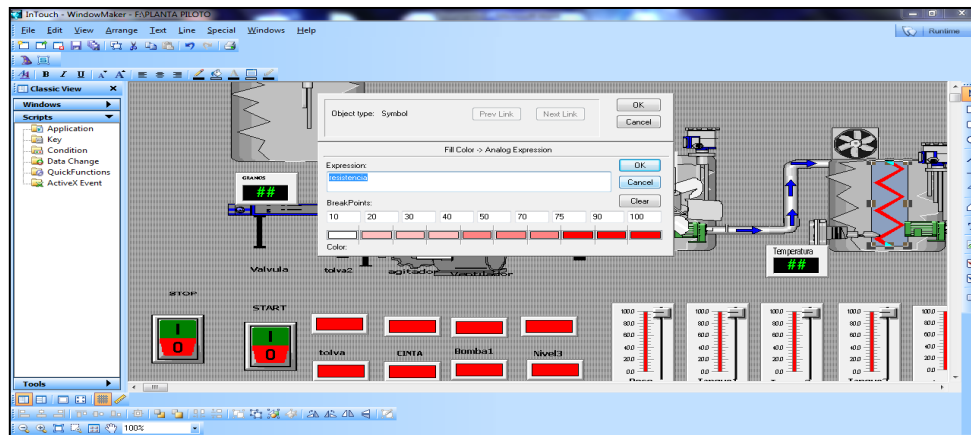


Figura C-90: Configuración de la Resistencia calentadora.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Una vez creadas todas las variables y asociadas a cada elemento del proceso, se configuran los Script que hacen posible poner en funcionamiento las distintas variables ya creadas. En la figura C-91 se tiene el tipo de condición On Startup la cual se encarga de colocar inicialmente a cero los elementos como válvula, botón STOP y START.

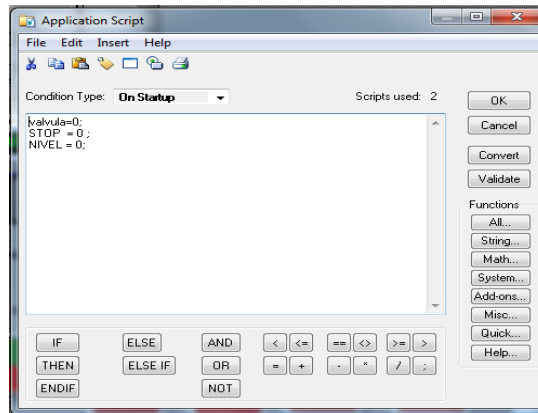


Figura C-91: Configuración de Script

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La ventana de aplicación del Script utilizado en esta práctica se muestra en la figura C-92. En ella se muestran las condiciones que deben cumplirse una vez que dicha aplicación se encuentra abierta. Es decir mientras la aplicación se encuentre corriendo debe cumplirse cada condición para ejecutarse el programa.

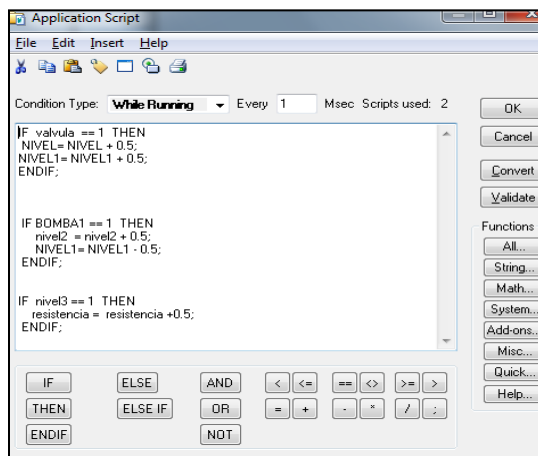


Figura C-92: Configuración de Script de aplicación.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Ya culminada la programación de la misma se procede hacer clic en Runtime para simular el proceso de las prácticas 1 y 2. Cabe destacar que aparecerá una ventana

que indica la LICENCIA del programa esto porque el software se encuentra trabajando en modo demo. Se procede hacer clic y saldrá la ventana que se muestra en la figura C-93.

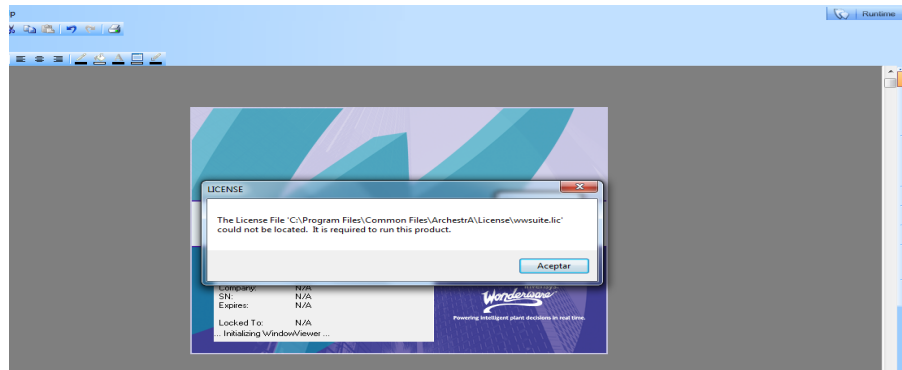


Figura C-93: Simulación utilizando Runtime.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

A continuación se presenta la figura C-94 para mostrar a través del simulador su representación a través del Runtime.

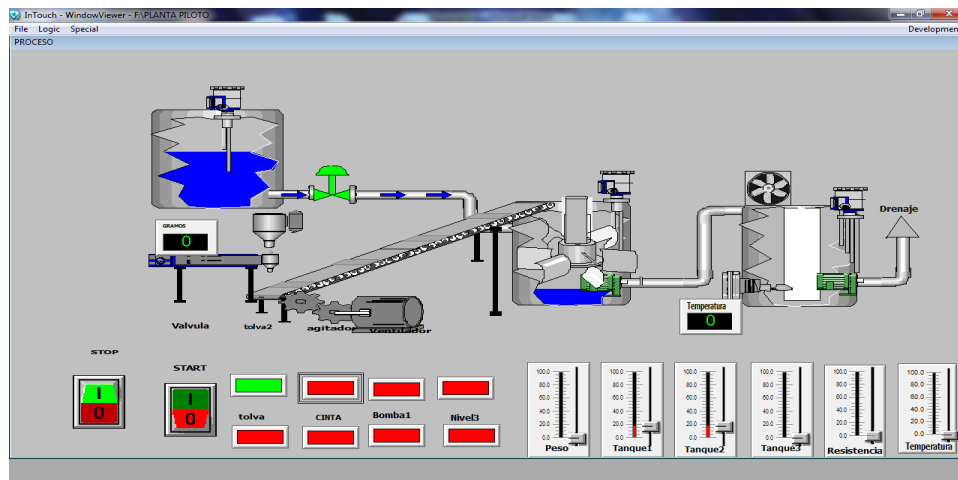


Figura C-94: Vista de la Simulación a través del Runtime.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En esta parte se realiza el ajuste de las variables de entradas asumiendo que las que dichas variables provienen de una planta física. Para ello se encuentran las variables ya creadas en el programa como Nivel, nivel1 nivel3 y todas las demás para representar el comportamiento del proceso. Ver la figura C-95.

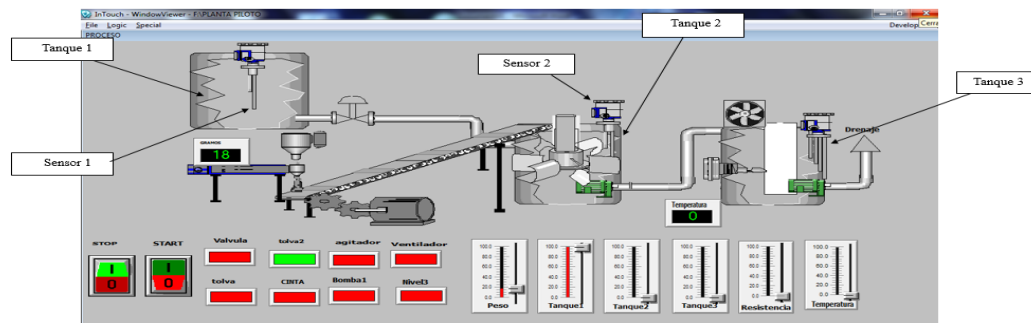


Figura C-95: Representación de INTOUCH de la planta piloto

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para dar inicio de la animación se procesa a pulsar el botón START con lo cual una vez iniciado el proceso en el automático, se activara la salida electroválvula generando su apertura; en la figura C-96 se observa el cambio de estado de la electroválvula a color verde permitiendo la circulación del agua hacia el tanque 2 lográndose hacer un control de nivel a través de los sensores discretos de ambos tanques.

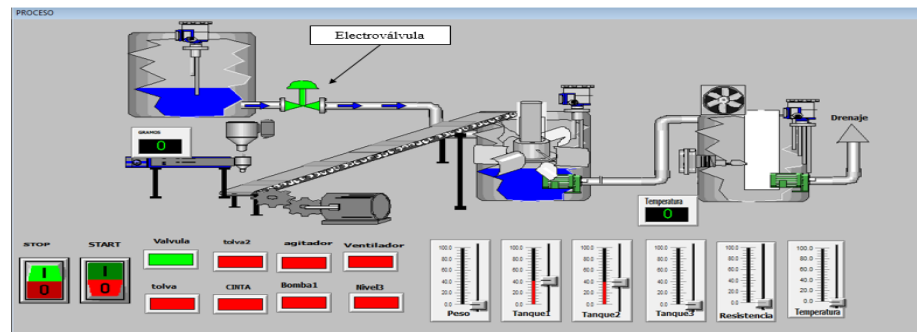


Figura C-96: Animación de control de nivel tanques 1 y 2.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Una vez completado el nivel del tanque T2 la salida tolva2 se activa permitiendo que se muestre la caída de la sustancia de la tolva1 a la tolva 2 tal como se observa en la figura C-97. También se puede ver en la celda de carga un Display que indica el peso que está siendo medido por la celda de carga.

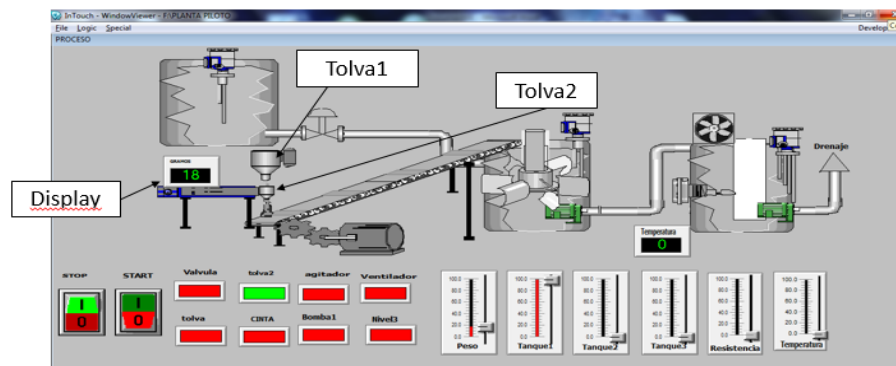


Figura C-97: Animación de control de peso.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La figura C-98 muestra la activación de las salidas tolva2, agitador y cinta. En ella se puede ver como la sustancia cae en la cinta y esta es transportada hasta el tanque2 donde es agitada durante un tiempo determinado.

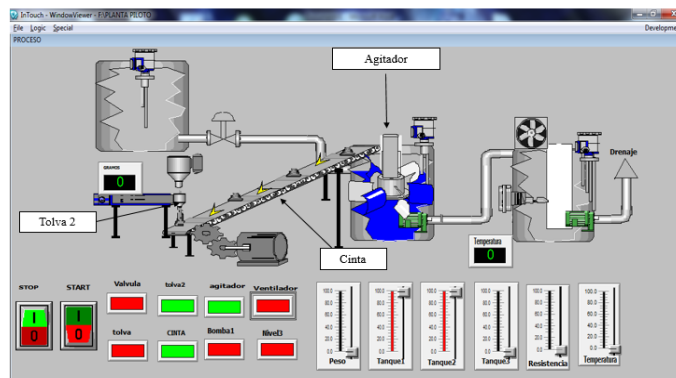


Figura C-98: Animación de traslado de sustancia al tanque2.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La bomba 1 es la encargada de depositar la mezcla en el tanque3 una vez que esta ha sido mezclada durante el tiempo establecido en la programación. La salida bomba 1 se coloca en verde permitiendo la circulación de la mezcla del tanque 2 al tanque 3. Ver la figura C-99.

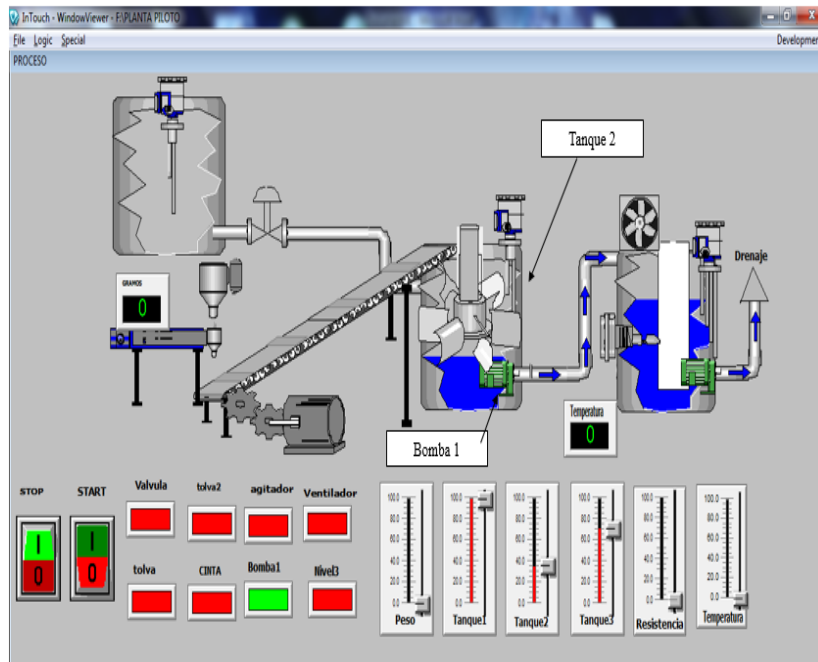


Figura C-99: Animación de control de nivel tanque3.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

El nivel 3 es detectado a través del sensor de alto nivel del tanque 3. Se tiene la activación de dicho sensor. La animación de la respuesta del controlador es representada con la resistencia de color rojo indicando su máxima entrega de potencia en forma de calor. También se observa un Display que funciona como indicador de temperatura para observar el comportamiento de la misma gracias a la medición de la temperatura con el termopar. Ver figura 100.

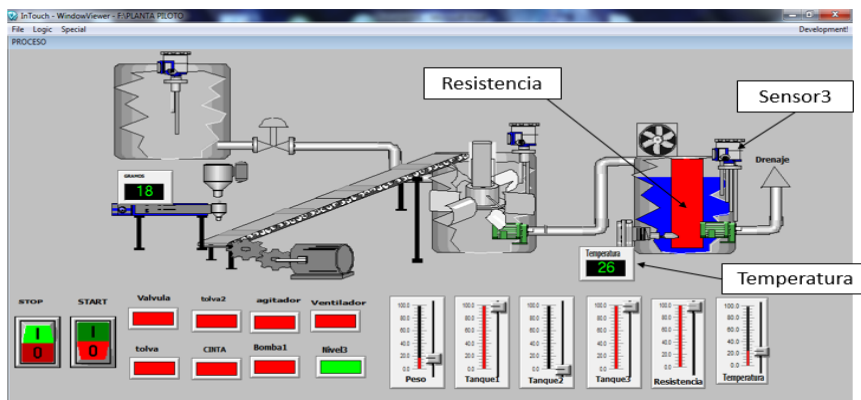


Figura C-100: Animación de control de Temperatura.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Una vez que la temperatura en el tanque va aumentando se tiene la animación de la resistencia de calor que va cambiando de color para indicar su disminución de entrega de energía. Además se cuenta con un indicador de temperatura para monitorear dicha variable en tiempo real tal como se aprecia en la figura C-101.

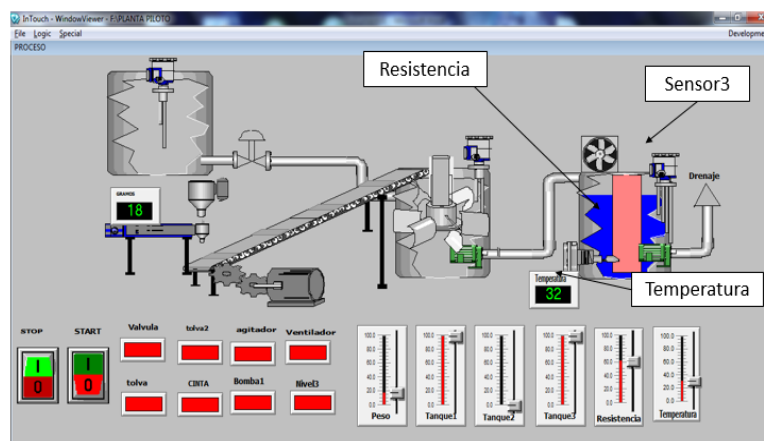


Figura C-101: Animación de control de temperatura con PID.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Para realizar un control de temperatura con un PID, este vigila la variable de proceso y la compara con la variable de referencia y para lograr que la temperatura en el

tanque no sobre pase la deseada se cuenta con un actuador representado por un ventilador que ayuda a enfriar la mezcla para evitar que supere a la temperatura que se tiene en el Set Point. Ver Figura C-102 animación de control de temperatura con PID.

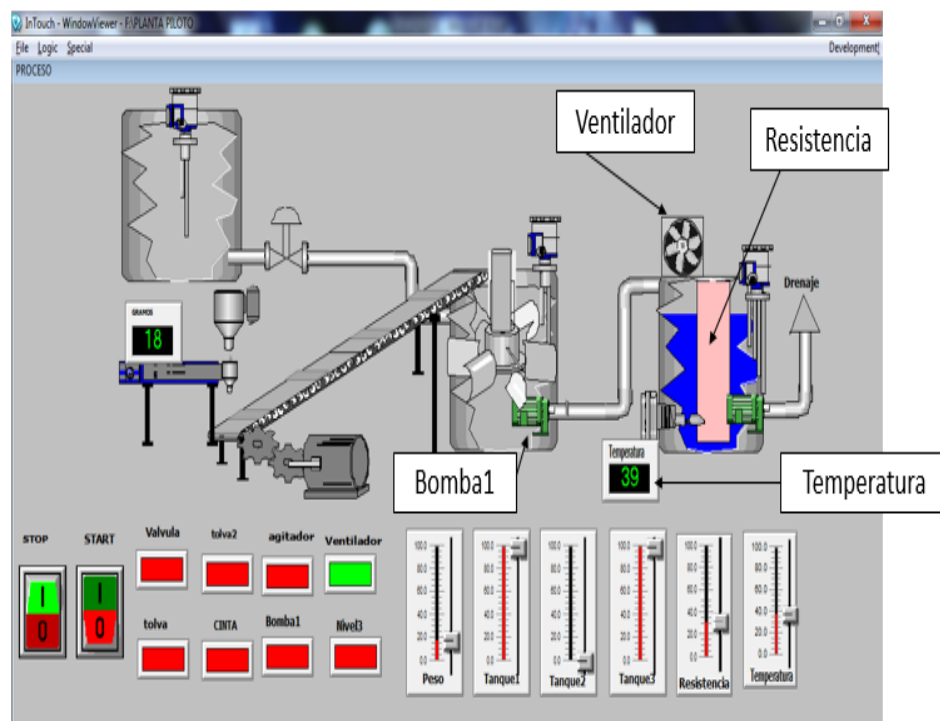


Figura C-102: animación de control de temperatura con PID.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En esta última animación se observa como la resistencia esta de color blanco indicando que ya no está entregando energía en forma de calor y esto se debe a que el controlador ya no está entregando potencia en su laida porque el valor deseado de temperatura ya está alcanzado. En la figura C-103 se muestra tal demostración.

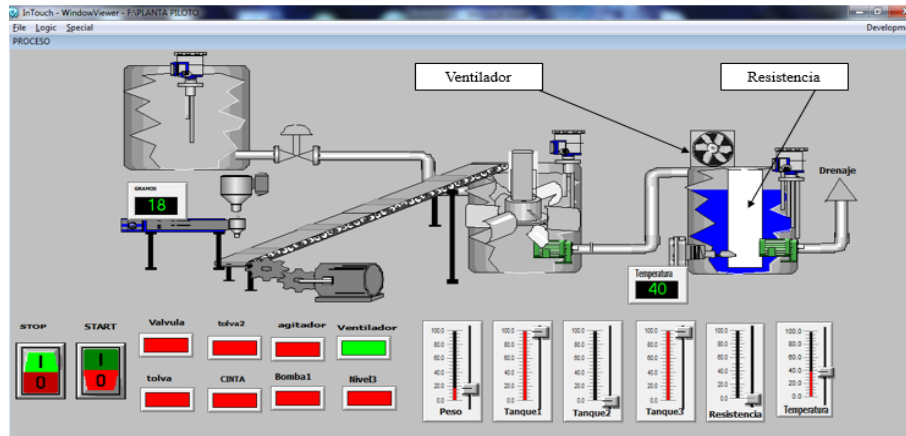


Figura C-103: Animación de monitoreo de la temperatura.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

Post laboratorio

Utilizando el Software Wonderware Intouch desarrolle los sistemas supervisores para los post laboratorios de las prácticas 1 y 2. Realice los Script y animaciones correspondientes a lo exigido en cada práctica. Elabore un informe de la práctica realizada junto a sus recomendaciones. También establezca un cuadro con las diferencias existentes entre las animaciones de la práctica 4 y el post laboratorio 4.

Práctica N° 5. Introducción a la comunicación básica MPI a través del protocolo S7

N° de sesiones: 1

Objetivo General

Configurar una red MPI de comunicación a través de la interfaz MPI con autómatas S7-300.

Objetivos Específicos:

- Configurar a nivel de software una red MPI usando el programa Net Pro.
- Estudiar la operación de la función de sistema SFC 68 X_PUT.

- Configurar el hardware y Software en STEP 7 de una red 1 a 1 con autómatas S7-300.
- Realizar un programa usando la planta piloto para el intercambio de datos entre dos autómatas a través de las funciones de sistema X_PUT.

Pre-laboratorio

Previo a la implementación de esta práctica es necesario entender ciertos conceptos como los que se especifican a continuación:

- Bloques de comunicación SFC 68 "X_PUT" y SFC 69 X_GET configurando cada uno de sus parámetros.
- Conceptos de comunicación MPI Siemens.
- Estudiar la manera en que trabajan los Bloques X_PUT Y X_GET cuando la CPU pasa de RUN a STOP.

Se recomienda revisar el trabajo de grado:

“Diseño de experiencias prácticas de automatización industrial con una red de PLCs HMIs y Sistema SCADA”, de Castillo Carlos (2011).Universidad José Antonio Páez.

Laboratorio

En una planta de producción se posee un PLC S7-300 que solo tiene entradas digitales disponibles y otro PLC S7-300 que solo tiene salidas digitales disponibles. Se requiere controlar un proceso de llenado de un tanque y mezcla de sustancias en dicho tanque con los elementos disponibles de los autómatas.

Para ello se propone configurar una red de comunicación MPI 1 a 1 con autómatas S7-300 en la cual se envíen datos de un autómata a otro mediante la función de sistema SFC67 (X_PUT), estos datos serán procesados por el segundo PLC para ejecutar las salidas de control correspondiente.

Desarrollo

Antes de crear el proyecto y agregar los autómatas que formarán parte de la red se recomienda crear un proyecto para asignar las direcciones a las distintas CPU's, esto para que cada estación tenga la dirección deseada en la red y no existan conflictos con

las posiciones físicas de los PLC's y las direcciones asignadas por software. Para lograr esto, se mostrara a continuación los pasos a seguir:

Para iniciar acceda a la configuración de hardware de la estación a la cual le asignará la dirección, en este caso, se le asignará la dirección 2, pues será la primera en la red tal como se muestra en la figura C-104.

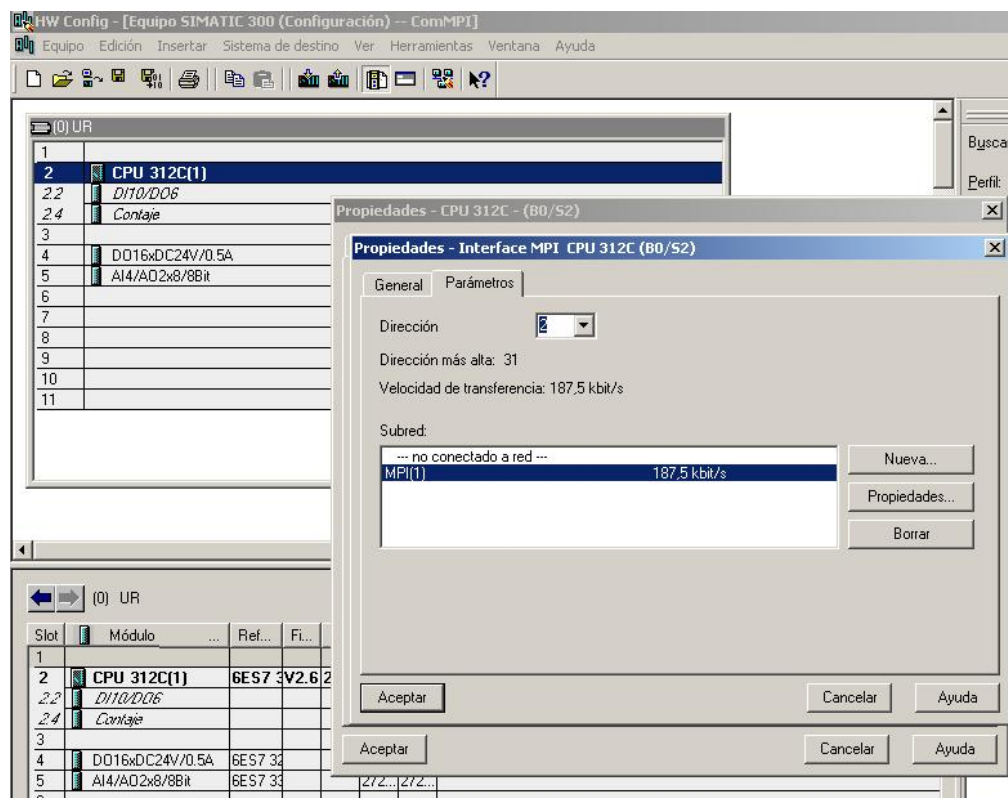


Figura C-104: Configuración de la dirección MPI del Primer PLC.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Luego en el administrador Simatic establezca otro equipo S7-300 que será el interlocutor al cual se le enviarán los datos como se muestra en la figura C-105.

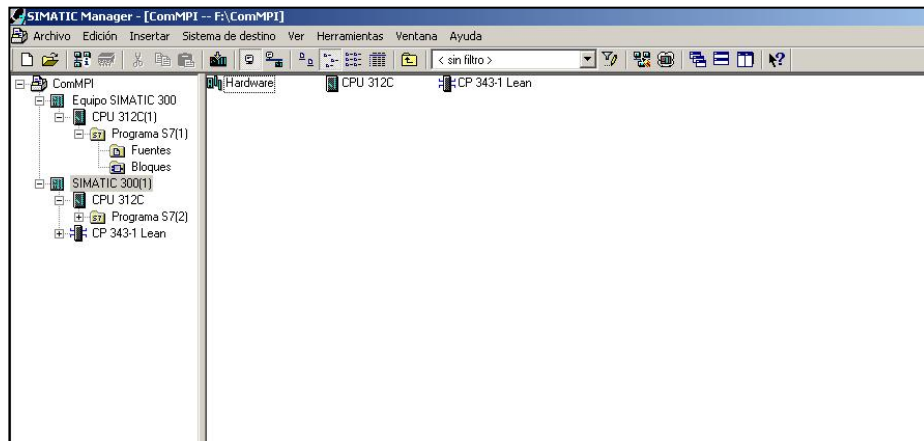


Figura C-105: Configuración de los dos autómatas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Después de esto, se configura el hardware al segundo autómatas y se le establece la dirección MPI 4, a continuación se observa dicho procedimiento en la figura C-106.

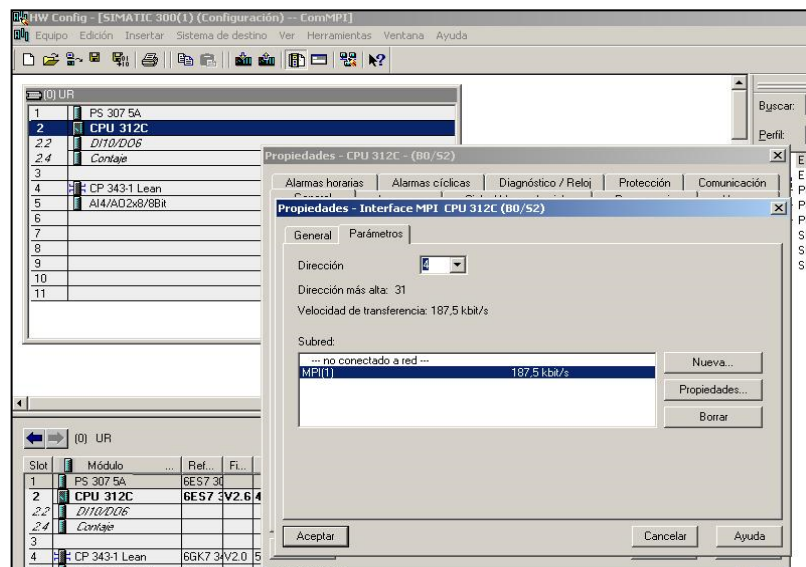


Figura C-106: Configuración de la dirección MPI del segundo Interlocutor.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Ya hecho esto se procede a observar y configurar la red en software NET PRO, se deben visualizar las dos estaciones usadas con las direcciones correctas como se muestra en la figura C-107.

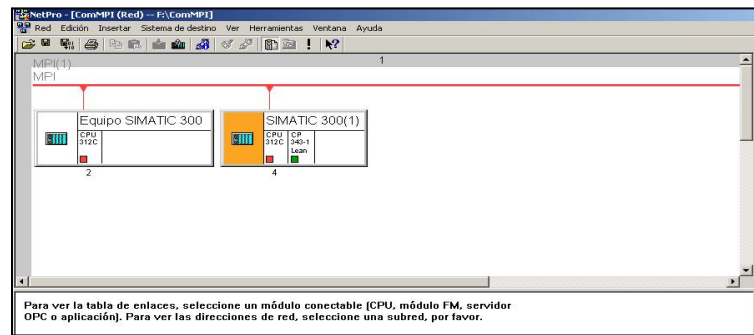


Figura C-107: Configuración de la red MPI en el software NET-PRO.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Con el paso anterior se habrá configurado y observado la red. Se puede entonces programar y usar los bloques destinados a la comunicación, en este caso el SFC 68 X_PUT. Este se encuentra en la librería Standard de Siemens que se muestra a continuación en la siguiente imagen C-108.

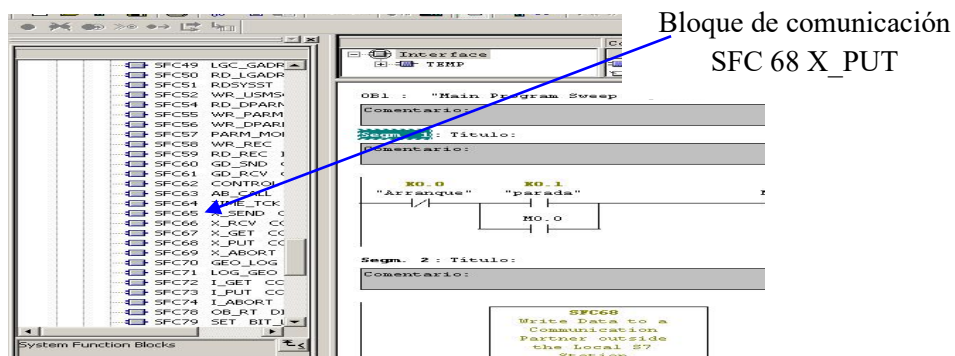


Figura C-108: Ubicación de la SFC 68 en la librería.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

A continuación se configura el Bloque SFC 68 en el primer PLC con dirección 2, se asignan todos sus parámetros. En este caso el parámetro REQ se le asigna a la marca M0.0 que activará la transmisión, al parámetro DEST_ID se le asigna la dirección MPI 4 que es la del PLC interlocutor al que se le van a enviar los datos, al parámetro VAR_ADDR se le designa el Byte MB10 que es el sitio de memoria a donde se van enviar los datos del otro PLC y al parámetro SD se le asigna el área de memoria PEB 124 que es el área que pertenece a las entradas del PLC del que se está enviando la información como se muestra a continuación en la siguiente imagen C-109.

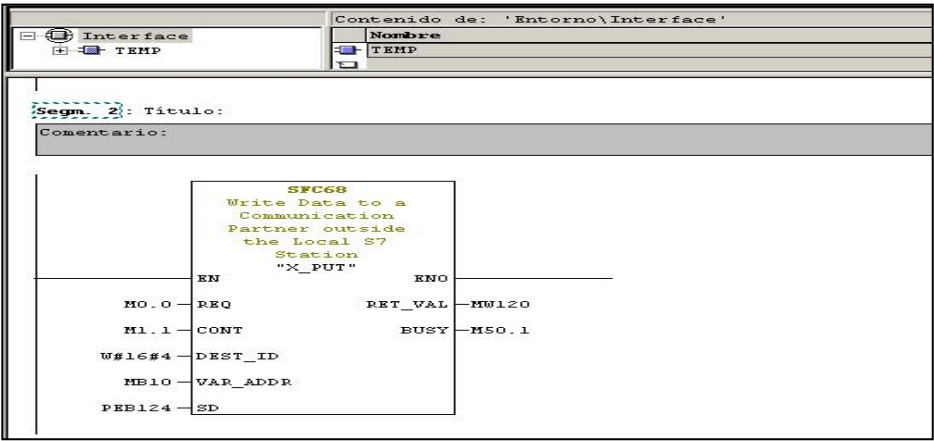


Figura C-109: Configuración del bloque SFC 68 X_PUT.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Luego de haber enviado los datos al interlocutor a su byte interno MB10, se realiza el programa que procesa esos datos para su posterior salida. En este caso se envían en MB10 los bits asociados a los sensores para que activen los elementos de la planta piloto, como se puede apreciar en la siguiente figura C-110, con esto ya se habrá configurado una red MPI con salidas en el interlocutor.

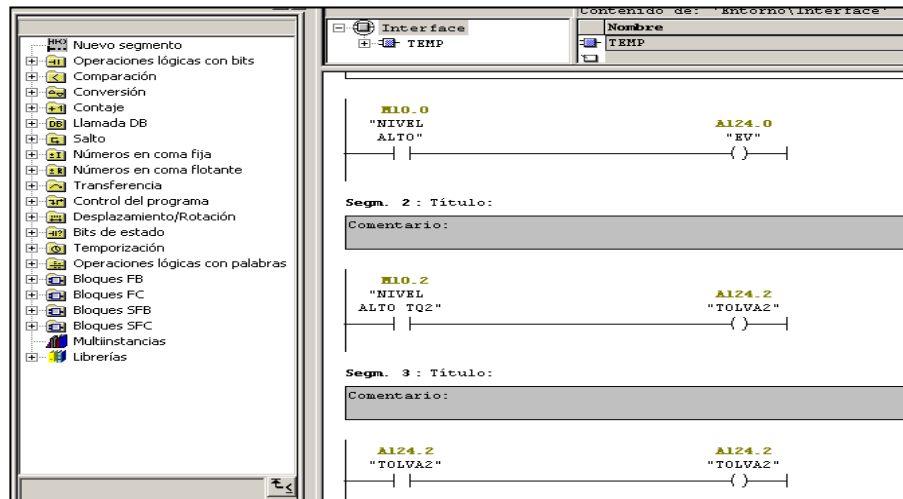


Figura C-110: Procesamiento de las salidas a través de la marca MB10 con los datos enviados desde la Estación 2.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Post Laboratorio

Para un mejor entendimiento y manejo de los bloques de comunicación MPI se recomienda realizar una práctica adicional en la que se use el bloque para obtención de datos desde un interlocutor, el SFC 69 o X_GET. Para ello configure el hardware correspondiente y conecte ambos equipos direccionándolos correctamente como se explicó en la práctica anterior con el STEP 7. Active los bits correspondientes a la memoria MB12 en el interlocutor y a continuación deben ser adquiridos desde la estación primaria usando el bloque X_GET para la activación de unas salidas del proceso de la estación 1. Además de esto configure el ya estudiado bloque X_PUT para enviar datos a la memoria MB10 del interlocutor y activar las salidas del proceso que controla la segunda estación configurada con la dirección 4.

Práctica N° 6. Comunicación del SCADA con el PLC S7-300 para el control de la planta piloto.

N° de sesiones: 1

Objetivo General

Configurar los enlaces de comunicación a través del software IBH y OPClink.

Objetivos Específicos:

- Desarrollar el sistema SCADA de la planta piloto del Laboratorio de automatización.
- Configuración del Access name del Wonderware Intouch.
- Configurar los enlaces de comunicación a través del enlace de comunicación IBH y la herramienta OPC Link para la comunicación entre el Intouch y el PLC Siemens S7-300.
- Diseñar el sistema de control para la planta piloto del laboratorio de Automatización.
- Realizar la conexión entre el PLC S7-300 y el sistema SCADA para ejecutar las pruebas de comunicación y control.

Pre-laboratorio

Antes de realizar esta práctica es necesario entender los puntos que se especifican a continuación:

- Estudiar el software IBH y OPClink
- Configurar el Access name del Wonderware Intouch.

Laboratorio

Se desea realizar la comunicación entre el software Intouch y el PLC S7-300 aplicado a la práctica uno dando la animación en tiempo real de los elementos de la planta piloto. Para ello utilice los enlaces de comunicación IBH OPC y OPClink. El IBH OPC es un servidor OPC un servidor que permite la conexión entre equipos y Siemens SIMATIC S7 y S7 para su traducción en protocolo OPC para control de procesos. En este caso servirá para comunicar el PLC S7-300 con el SCADA Intouch

Para iniciar la configuración de comunicación entre el IBH OPC y el OPCLink se procede hacer clic en el icono IBH OPC Editor. Ver figura C-111.



Figura C-111: Icono del IBH OPC Editor.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Teniendo en cuenta que el editor del IBH recibe los datos del STEP 7 y se los transfiere al Intouch a través del OPCLink. Se debe agregar el autómata es por ello que se procede hacer clic en Insert new PLC, tal como se muestra en la figura C-112.

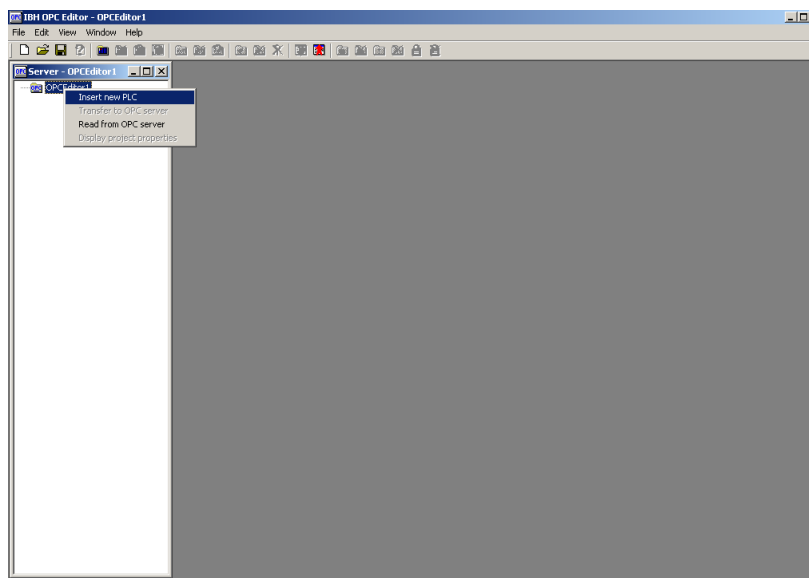


Figura C-112: Asignación del PLC.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Una vez insertado el PLC se procede a configurar el protocolo de configuración. Se selecciona el protocolo S7 Simatic Net. Ver figura C-113.

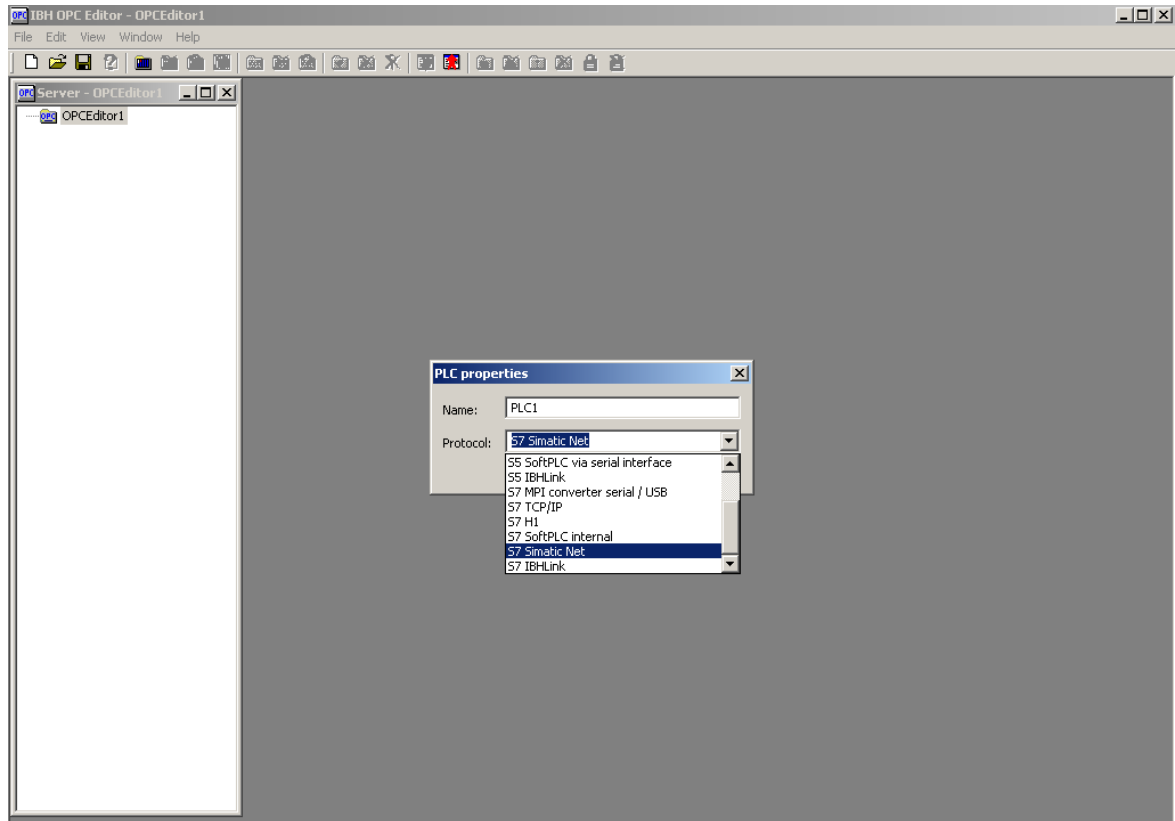


Figura C-113: Configuración del protocolo de comunicación

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Teniendo en cuenta que el editor del IBH recibe los datos del STEP 7 y se los transfiere al Intouch a través del OPClink, se procede a definir las variables de control de Simatic. Para ello se procede hacer clic en Insert new PLC, tal como se muestra en la figura C-114.

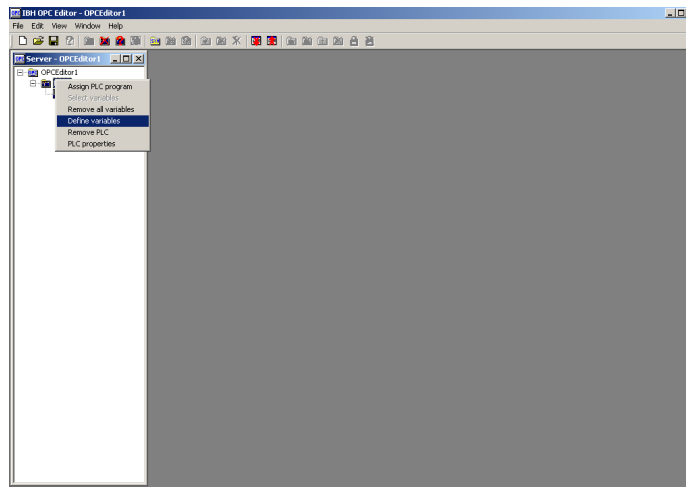


Figura C-114: Definición de variables

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-115 se muestra todas las variables ya definidas y las características de la variable nivel alto TQ1 empleada como ejemplo para mostrar las diferentes propiedades de la misma. El resto de las variables se crean exactamente igual.

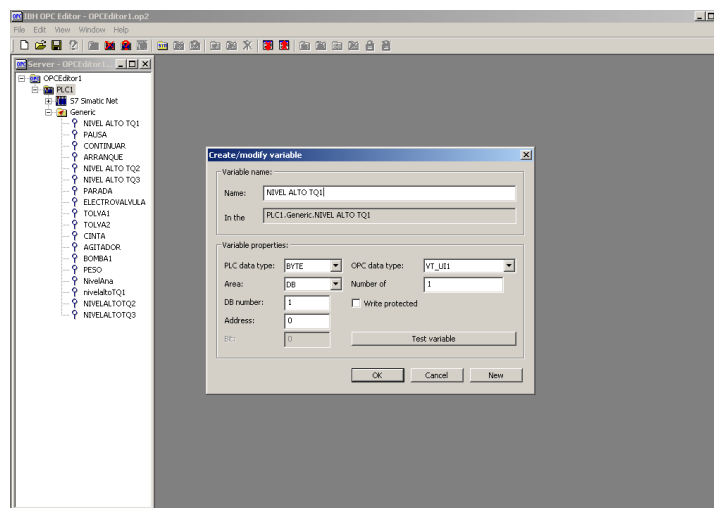


Figura C-115: Conjunto de variables definidas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-116 se muestra la configuración de conexión con el PLC S7-300. Se procede hacer clic en la en la opción de connection settings.

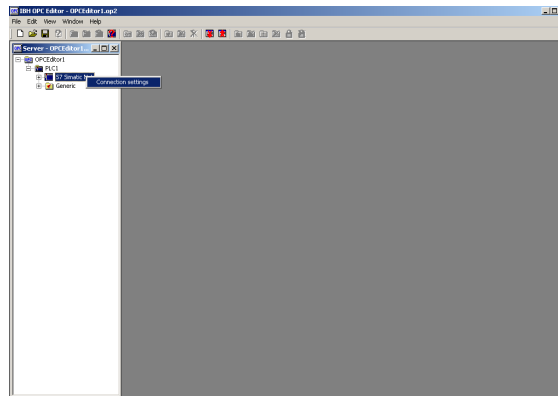


Figura C-116: Configuración de conexión del PLC.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Una vez que se encuentra conectado el autómatas en línea es decir en run se debe hacer una test de comunicación para garantizar que el software IBH se esté conectando con el PLC. Para ello se debe hacer clic en la pestaña de test PLC connection. Si la comunicación es efectiva saldrá una ventana tal como se muestra en la figura C-117 indicando que ha sido una comunicación satisfactoria.

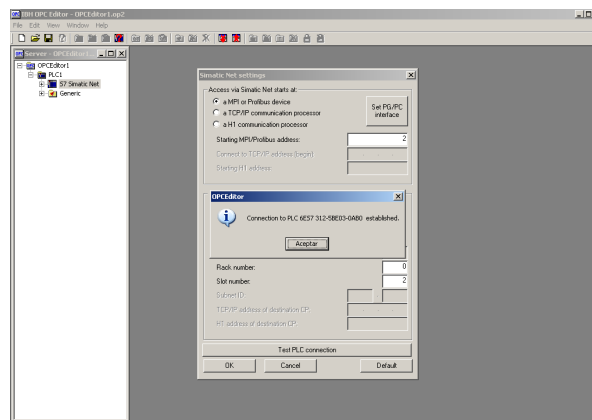


Figura C-117: Test de comunicación con el S7-300.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Luego de terminar todas las configuraciones mostradas anteriormente se procede a transferir el programa tal como se visualiza en la figura C-118. Cabe destacar que la ventana del IBH OPC, debe permanecer abierta para mantener los enlaces de comunicación.

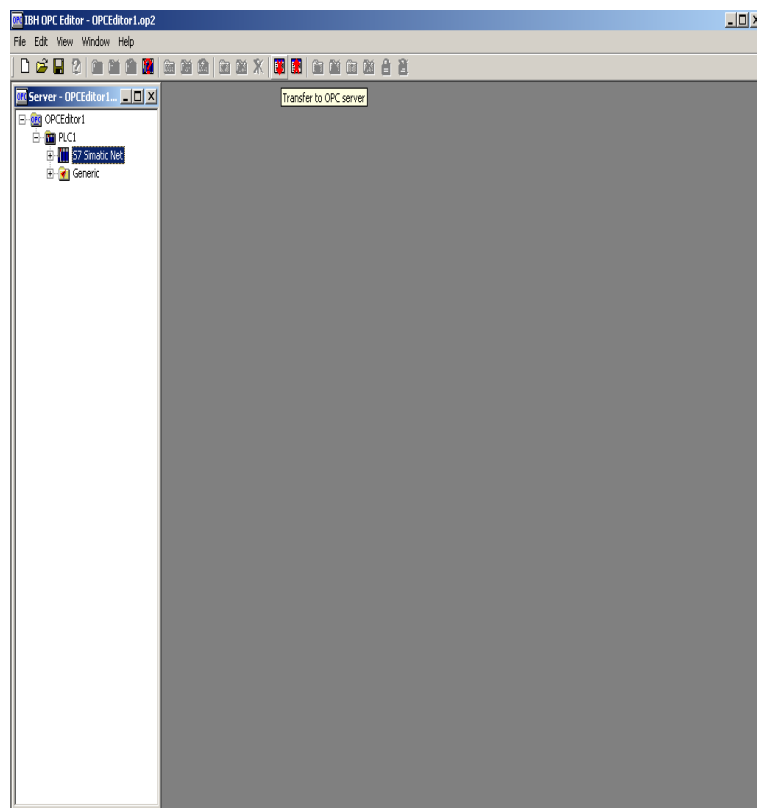


Figura C-118: Transferencia del programa realizado en el IBH OPC.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Al hacer clic en la opción de transferir el programa, se le debe indicar el protocolo de transferencia IBHSoftec.IBHOPC.DA.1 tal como se muestra en la figura C-119.

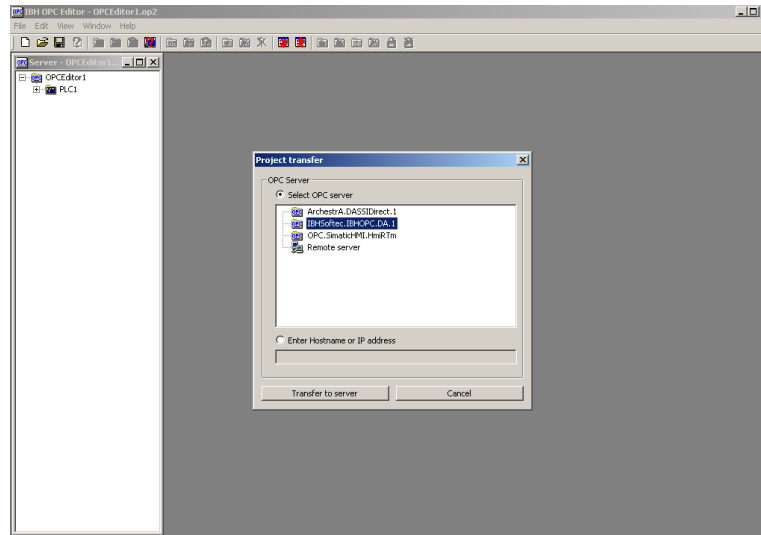


Figura C-119: Protocolo de enlace de comunicación.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-120 se muestra una ventana emergente como resultado de que la configuración ha sido exitosa.

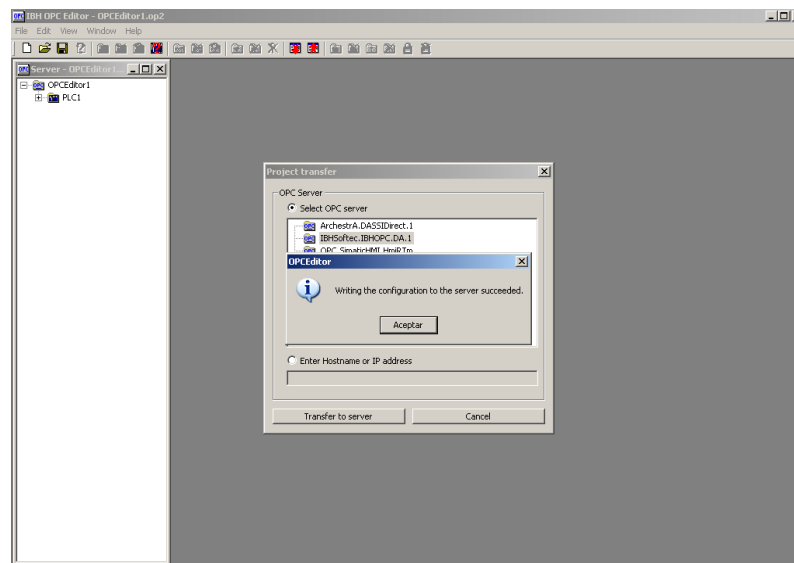


Figura C-120: Ventana de transferencia de datos del IBH.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Finalmente para la comunicación entre el IBH y el Wonderware Intouch se necesita del Software OPCLink. Por lo que se hace click en el icono que muestra la figura C-121.



Figura C-121:

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura C-122 se detalla la definición de tópico en el cual se debe agregar el mismo nombre del PLC que se haya configurado en el IBH OPC.

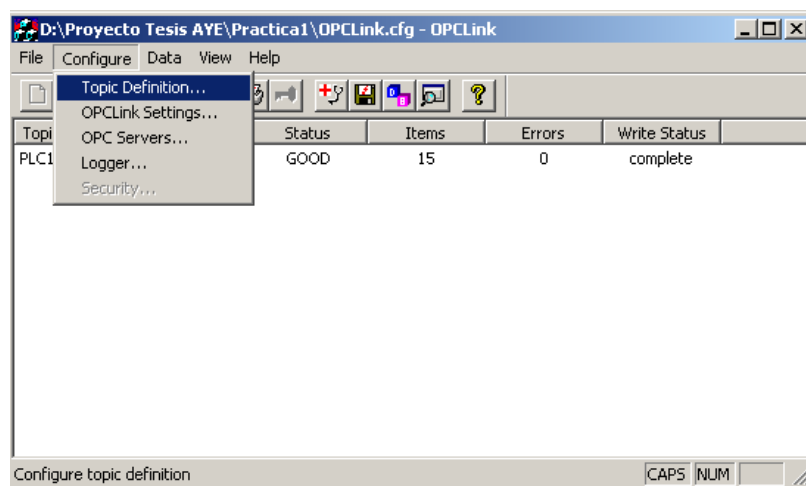


Figura C-122: Ventana definición de tópico.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

La figura C-123 se muestra la configuración del t3pico y el protocolo de enlace entre el OPCLink y el IBH OPC, se hace clic en la pestaña de OK. Para finalizar el enlace de comunicaci3n.

The screenshot shows the 'OPCLink Topic Definition' dialog box. It contains the following fields and controls:

- Topic Name:** A text box containing 'PLC1'.
- Node Name:** A text box with a browse button ('...').
- OPC Server Name:** A dropdown menu showing 'IBHSoftec.IBHOPC.DA.1'.
- OPC Path:** A text box.
- Update Interval:** A text box containing '1000' followed by 'ms'.
- Enable access to update interval:** An unchecked checkbox.
- Poke asynchronously:** A checked checkbox.
- Mode After Poke:** A dropdown menu showing 'None'.
- Transaction Timeout:** A text box containing '180000' followed by 'ms'.
- Poke mode:** A group box containing three radio buttons: 'Control mode' (unchecked), 'Transition mode' (checked), and 'Full optimization' (unchecked).
- Lifecheck Settings:** A group box containing a 'Lifecheck' checkbox (unchecked) and a 'Timeout' text box containing '0' followed by 'ms'.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', 'Browse', and 'Help' are located on the right side of the dialog.

Figura C-123: Enlace de comunicaci3n entre el OPCLink y el IBH OPC

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

APÉNDICE D

MANUAL DE USO DE LA PLANTA PILOTO DE NIVEL, PESO Y TEMPERATURA

La planta piloto de nivel, peso y temperatura, tiene como objetivo principal guiar a los estudiantes en el uso y reconocimiento de los elementos que realmente existen en el ámbito industrial, por lo tanto la mayoría de los elementos que en ella se usan son instrumentos reales ensamblados en tres tanques de vidrio que simularán un proceso industrial. Para el mejor entendimiento se explicará el uso de la maqueta en tres partes, comprendidas por cada tanque correspondiente.

En la figura D-1 se tiene una captura de la planta piloto con sus principales componentes.



Figura D-1: Captura de la planta piloto.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura D-2 se observa el tanque 1 y se encuentran los siguientes componentes:

- **Sensor de Nivel Discreto:** Este está formado por tres electrodos de bronce, uno común a 24 V DC, uno para el nivel bajo y el otro para el nivel alto. Estas salidas van a la barra de conectores del PLC S7-300.
- **Electroválvula de ½”:** Esta tiene como función abrir el flujo del tanque T1 hacia el tanque T2. Esta es activada por una salida del PLC. Viene de la barra de conectores del PLC S7-300.
- **Conectores:** Elementos fundamentales para la conexión entre tanque los actuadores y elementos primarios de medición.

La figura D-2 muestra la representación del tanque uno y sus partes.

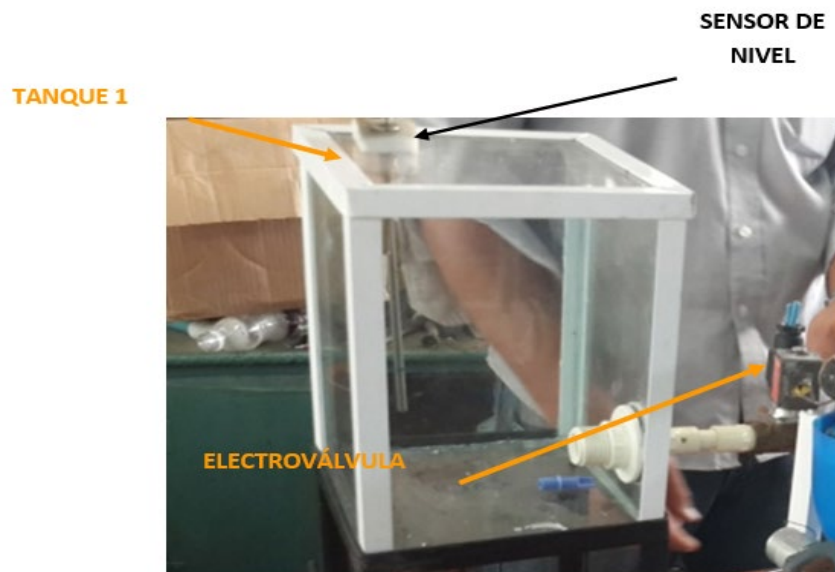


Figura D-2: Partes del tanque1.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura D-3 se muestra el tanque T2 con sus componentes asociados y de los cuales su función depende, se presentaran en el mismo orden en que va ocurriendo el proceso.

- **Tolva de almacenamiento del material sólido:** En ella se reserva la sustancia que se desea pesar.
- **Celda de Carga extensiométrica:** Esta se encarga de medir el peso en la tolva de pesaje. Su salida es amplificada por un amplificador de instrumentación que está en el tablero de instrumentación y de allí va como entrada analógica al PLC.
- **Tolva de Pesaje:** En esta cae el material sólido que viene de la tolva de almacenamiento y el cual es pesado por la celda de carga.
- **Cinta Transportadora:** Esta se encarga de transportar el material sólido que cae de la tolva de pesaje hasta el Tanque 2.
- **Motor vibrador de la tolva de almacenamiento:** Este motor tiene como función hacer vibrar la tolva para que el material caiga en la tolva de pesaje de forma fácil y fluida.
- **Compuerta de la tolva de pesaje:** Esta tiene como función abrir o cerrar la salida desde la tolva de pesaje hasta la cinta transportadora.
- **Agitador:** Este tiene como función mezclar el material sólido con el líquido que se encuentre en el tanque 2. Es activado desde el PLC y debe ser conectado en la barra de conectores.
- **Sensor de Nivel Discreto:** Este está formado por tres electrodos de bronce, uno común a 24V, uno para el nivel bajo y el otro para el nivel alto. Estas salidas van a la barra de conectores que van al PLC S7-300.
- **Bomba 1:** Esta se encarga de transportar la mezcla realizada desde el tanque 2 hasta el tanque 3. Es activa desde el PLC.

Las partes de la planta piloto son detalladas en la figura D-4.

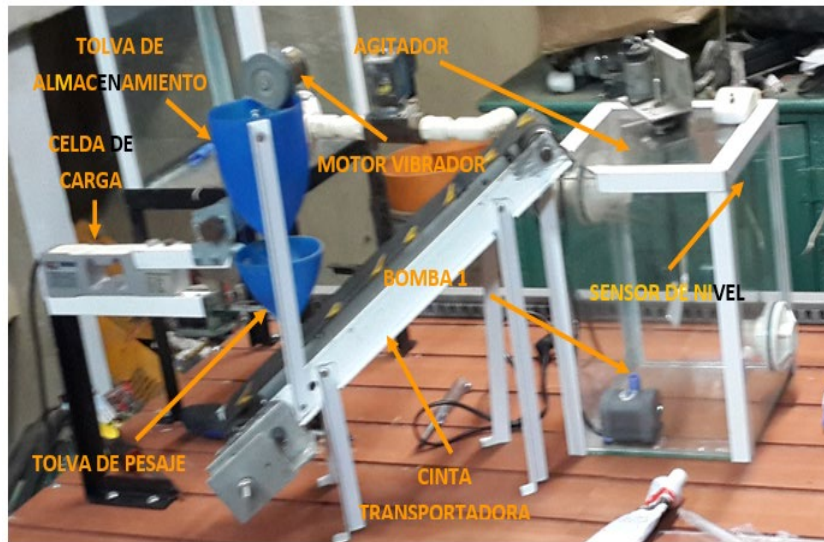


Figura D-4: Partes de la planta piloto.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Seguidamente se muestra la figura D-5 con más detalle algunos componentes relacionados con el tanque 2.

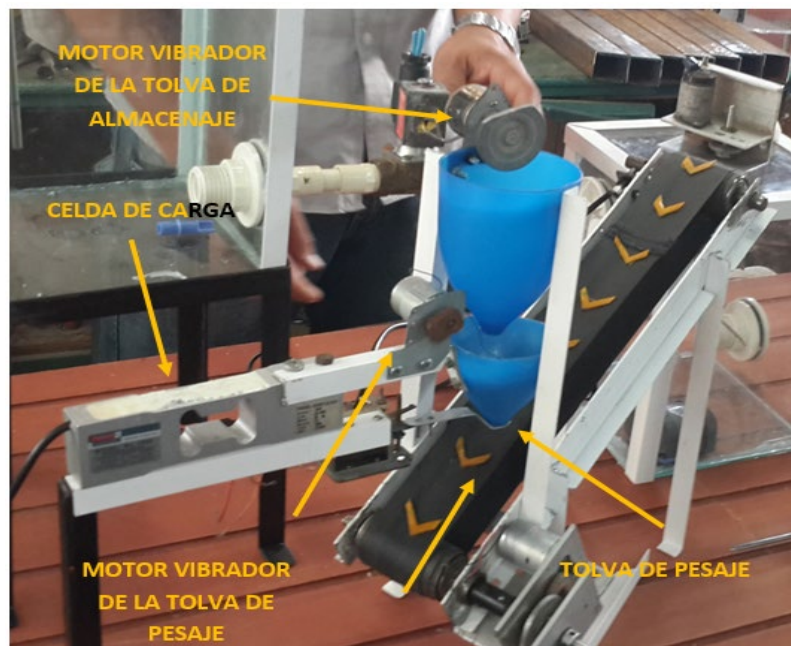


Figura D-5: Detalles de la cinta transportadora y celda de carga.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Se presenta a continuación el último tanque o tanque 3, en este se pueden apreciar los siguientes componentes e instrumentos:

- **Un Ventilador de tipo Extractor:** Este tiene como función enfriar la mezcla que se encuentra en el tanque 3. Es activado desde el PLC a través de uno de los cuatro relés 24VDC de la tarjeta de conmutación.
- **Sensor de Nivel analógico:** Este consiste en 5 electrodos configurados en forma de escalera que tienen un arreglo de resistencias y van a una sola salida que varía de voltaje a medida que varía el nivel del líquido. Tiene como función medir el nivel del tanque3.
- **Resistencia de Calentamiento:** Esta se encarga de calentar el líquido que este en el tanque 3. Es activada de forma proporcional con una señal analógica proveniente del PLC la cuál es procesada por una tarjeta electrónica que convierte esa señal en un voltaje que va desde 0 hasta 60 VAC de forma proporcional a la señal del PLC.
- **Termocupla tipo K:** Esta es una Termocupla tipo K con bulbo de acero inoxidable. Se encarga de sensar la temperatura del líquido en el tanque T3, su señal es enviada a una tarjeta amplificador de instrumentación y de allí es enviada al PLC.
- **Bomba 2:** Tiene la función de sacar la mezcla del tanque 3 luego de que se haya terminado el proceso de calentamiento.

En la figura D-6 se pueden observar los componentes del tanque 3.

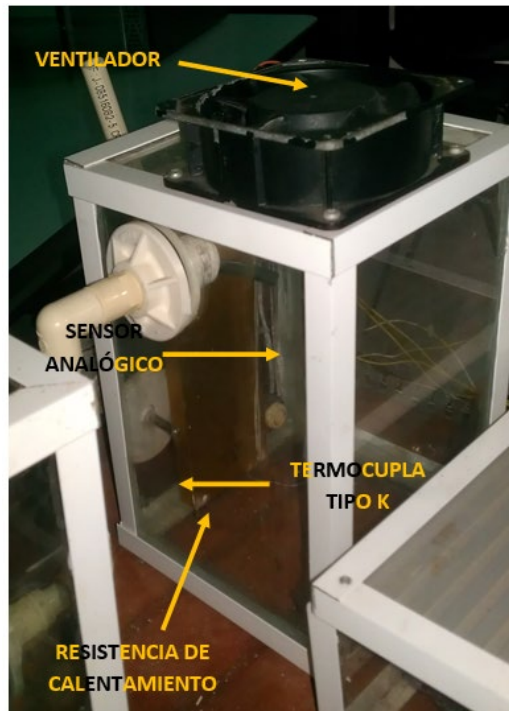


Figura D-6: Componentes del tanque3.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Además de los tres tanques como componentes principales de la maqueta, también existen componentes adicionales para el total funcionamiento del proceso. A continuación se describirán estos y sus partes.

El primero de ellos el tablero de Circuitos de Instrumentación y conmutación. Sus partes son las siguientes:

- **Tarjeta de conmutación:** Está compuesta por 4 relés 24VDC que se encargan de conmutar o accionar los 4 instrumentos 110 VAC de la planta piloto, los cuales son la Electroválvula, Las Bombas 1 y 2 y el ventilador extractor.
- **Circuito amplificador de Instrumentación:** De este existen dos. Tiene como finalidad aumentar el voltaje que viene de la celda de carga y de la Termocupla y luego enviarlos ya estandarizados al PLC S7-300.

- **Circuito Detector de cruce por cero:** Este circuito se encarga de detectar el cruce por cero de la alimentación alterna y enviar la señal del cruce en forma de pulsos a la tarjeta que procesa y alimenta la Resistencia de Calentamiento.
- **Circuito Controlador de Voltaje AC:** Esta tarjeta se encarga de Suministrar el voltaje a la Resistencia de Calentamiento. El nivel de voltaje entregado a la resistencia es proporcional a la señal enviada desde el PLC.

A continuación se presenta la figura D-7 con las tarjetas de instrumentación identificando sus partes:

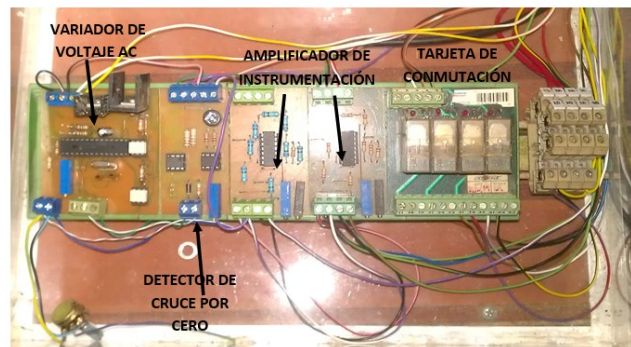


Figura D-7: Tarjetas de Instrumentación.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Otro componente importante de la planta piloto es la fuente de alimentación para los circuitos de instrumentación. Esta genera Voltajes de 5V y -5V. Ver figura D-8.

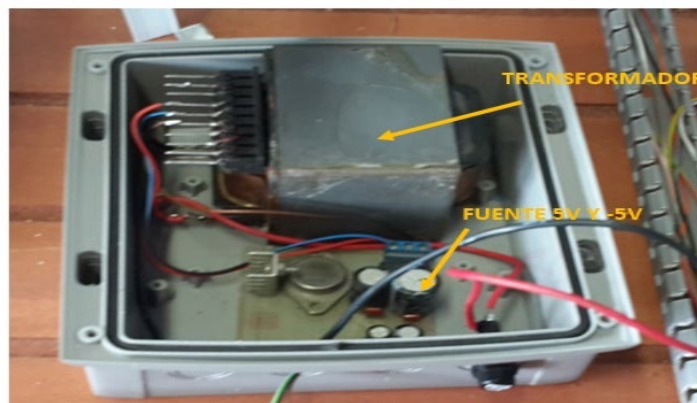


Figura D-8: Fuente de alimentación.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Por último se observa un componente importante, la barra de conexiones. Esta es de mucha importancia ya que en esta se encuentran los conectores de todos los instrumentos de la planta piloto hacia el PLC S7-300. Ver figura D-9

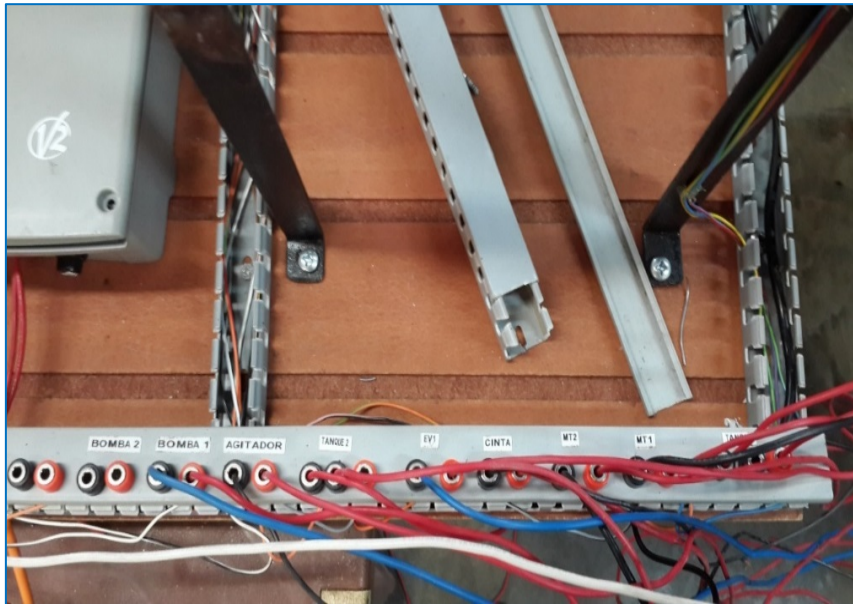


Figura D-9. Bornera de conexiones de los componentes de la planta.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015).

En la bornera se muestran las diferentes entradas de los actuadores que posee la planta para la conexión de cada uno solo basta con conectar el actuador que se desea probar a través de un cable hasta la salida del módulo del PLC correspondiente a la asignada en la programación del STEP 7.

APÉNDICE E

PLANOS DE LA MAQUETA Y EL MÓDULO 2 DEL PLC SIEMENS S7-300.

Plano eléctrico del módulo 2

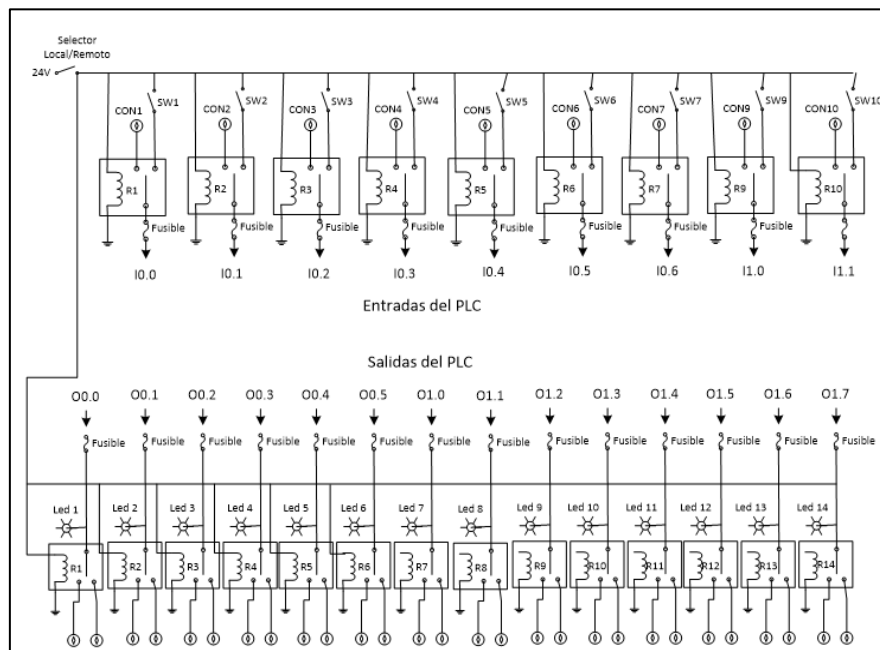


Figura E-1: Plano eléctrico del módulo 2.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Detector de Cruce por Cero

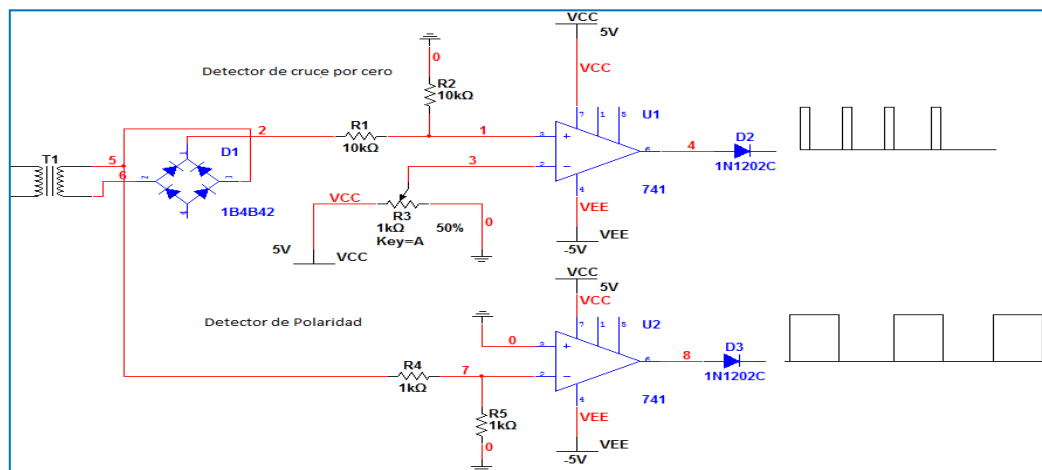
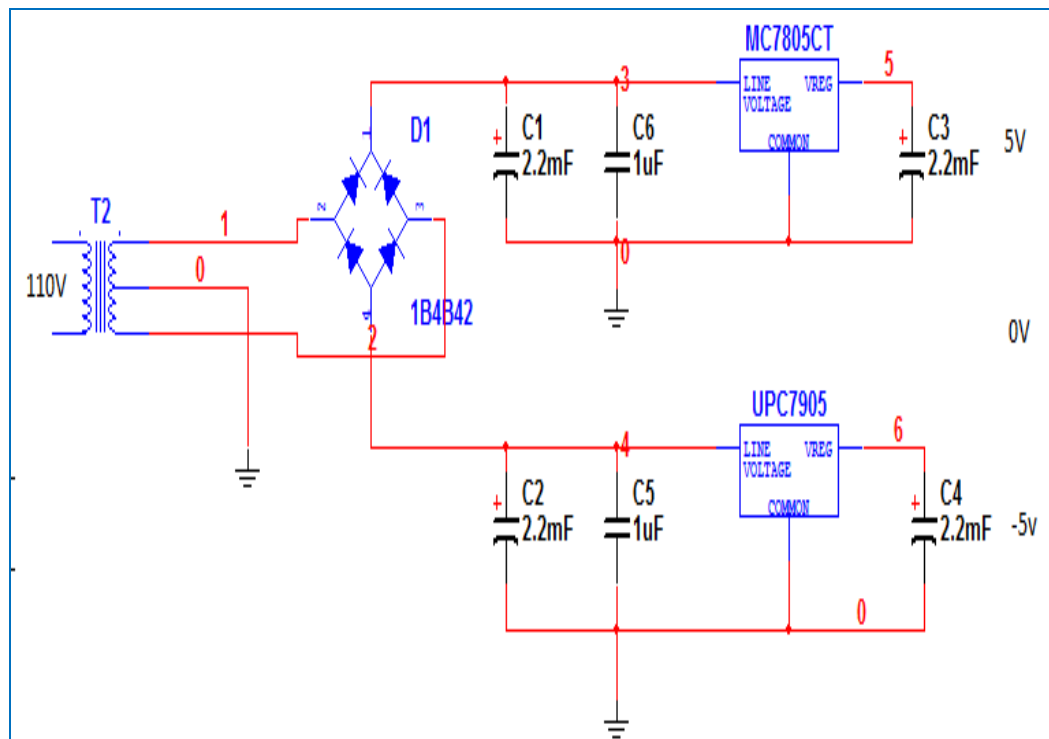


Figura E-2: Circuito de cruce por cero.

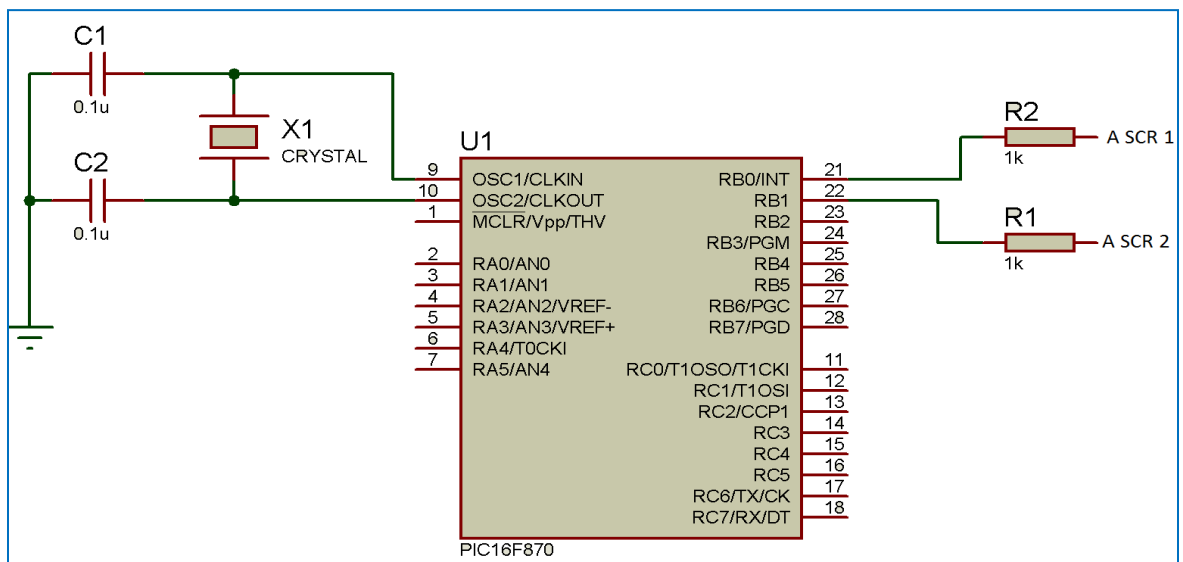
Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)



Fuente dual 5V / 0V / -5V

Figura E-3: Circuito de la fuente dual 5V / 0V / -5.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)



Circuito de Control con PIC 16F870

Figura E-4: Circuito del microcontrolador PIC 16F870.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Circuito de Potencia para el Control de Potencia de la Resistencia de Calentamiento

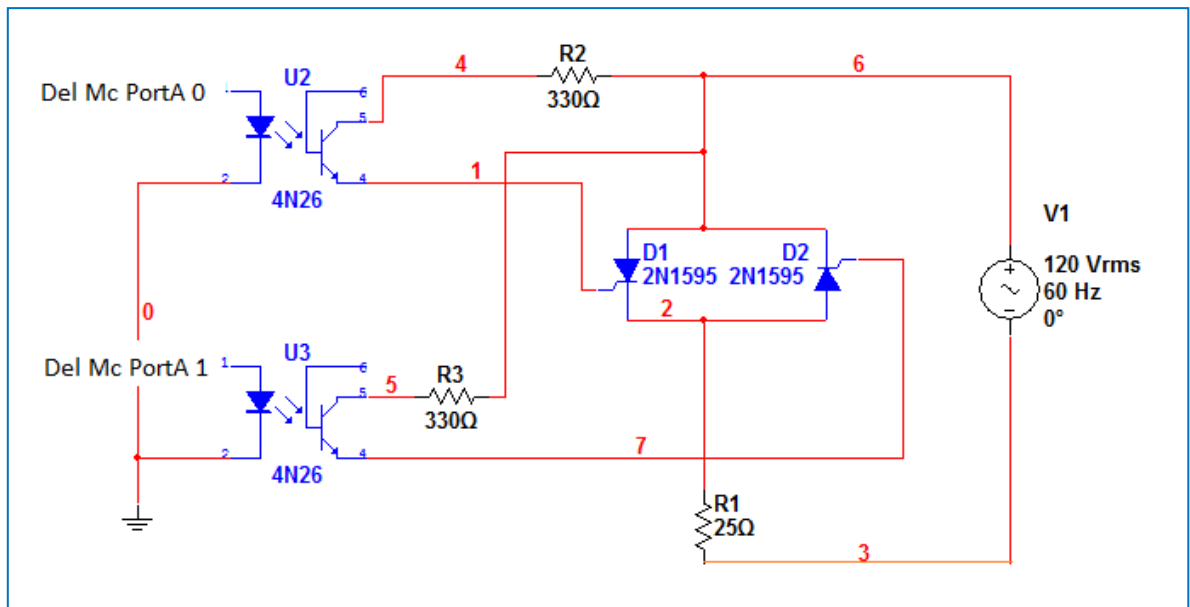
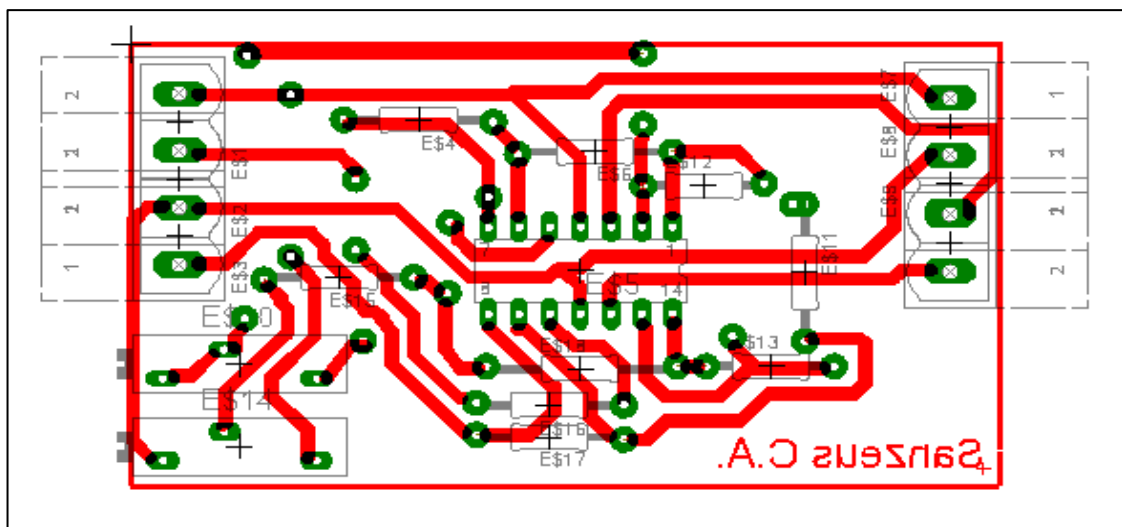


Figura E-5: Circuito de potencia de la resistencia Calentadora.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)



Amplificador de instrumentación

Figura E-6: Circuito del Amplificador de instrumentación.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Fuente Dual 5V 0V -5V

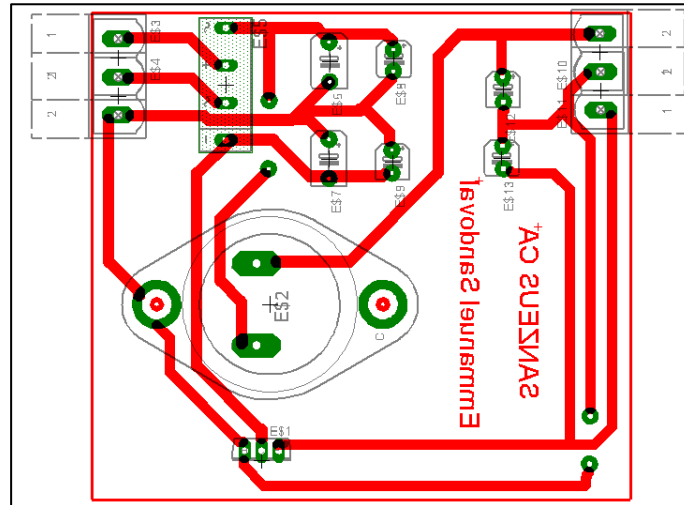


Figura E-7: Circuito de la fuente Dual 5V 0V -5V
Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Circuito de control con PIC16F870

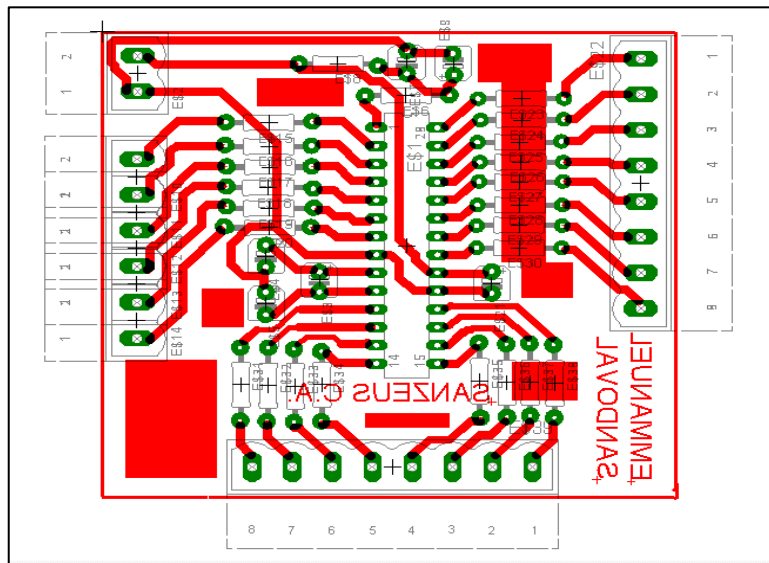


Figura E-8: Circuito de control impreso del PIC 16F870.
Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

APÉNDICE F

MANUAL DE USO DEL MÓDULO N° 2 DEL PLC SIEMENS S7-300

A continuación se presenta un manual para orientar en el uso del Módulo o banco de pruebas con el S7-300. En síntesis el módulo del PLC S7-300 tiene como finalidad facilitar la implementación de prácticas de automatización para el aprendizaje de los alumnos de pregrado y postgrado de la Universidad José Antonio Páez. En la figura F-1 se tiene una vista frontal del módulo:

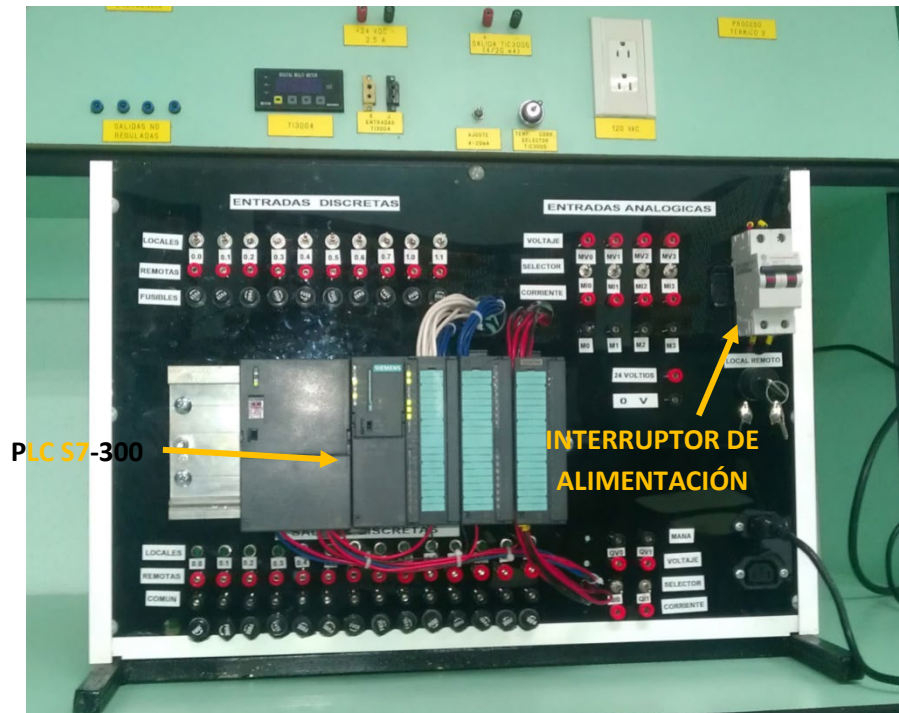


Figura F-1 Vista frontal del módulo.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

A continuación se muestra la tabla 18 donde se describen los componentes eléctricos usados en el módulo de pruebas.

Tabla 18. Componentes eléctricos usados en el módulo de pruebas.

Elemento	Especificaciones	Requerimientos	Dispositivos Requeridos
Breaker de Control	Breaker de control 4 Amp. Marca General Electric.	N/A	N/A
Fuente de energía Siemens	PowerSitop PS307 5 A salida 24 V DC Modelo: 307-1EA00-0AA0	Alimentación de 110 V AC	N/A
Controlador Simatic S7-300	CPU 312 C módulo integrado DI10/DO6 x 24 V DC modelo: 312-5BE03-0AB0 Memoria Micro MemoryCard de 64 KB Modelo: 6ES7953-8LF20-0AA0	Fuente de alimentación Simatic de 24 V DC	Se requieren 16 relés de bobina de 24 V DC y contactos para 24 V DC y 110 V AC para 5 A.
Módulo Mixto de Entradas y salidas analógicas.	Módulo SM334 AI/AO Simatic modelo: 334-1BH02-0AA0	Fuente de alimentación Simatic de 24 V DC	N/A
Conectores Tipo Banana	Conector de Tipo Banana de Color Rojo y Color Negro.	N/A	N/A
Interruptores Tipo Bate.	Interruptores Tipo Bate de doble polo 2 posiciones.	N/A	N/A

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

A continuación se explicará el funcionamiento y la forma de uso de todas las partes del módulo de forma detallada.

Se comenzará por las entradas digitales, están compuestas por 10 entradas digitales representadas por 10 conectores tipo banana de color rojo y están identificadas desde la I0.0 hasta la I1.1 correspondientes a las 10 entradas digitales integradas de la CPU 312C. Por debajo de los conectores se encuentran 10 fusibles correspondientes a cada entrada, estos se instalarán para la protección de cada entrada del PLC. Por encima de las entradas se encuentran 10 interruptores tipo bate, estos fueron instalados con la finalidad de conmutar cada una de las entradas cuando el banco de prueba está en modo local. Para su uso se deben activar los interruptores de cada entrada en modo local y conectar los plugs banana a los dispositivos externos en modo remoto. Ver figura F-2.



Figura F-2 Vista de las entradas digitales.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura F-3 se muestra un ejemplo de cómo conectar las entradas digitales en modo remoto con ejemplos de posibles tipos de entradas.

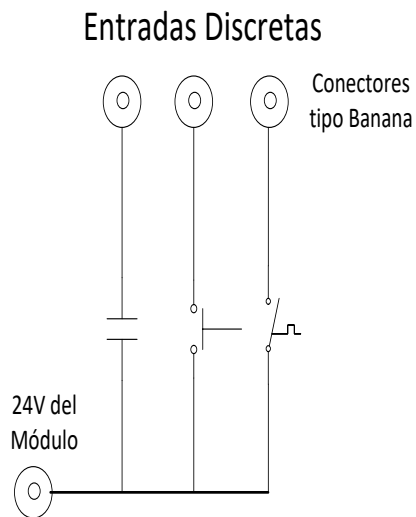


Figura F-3 Ejemplo de conexión de las entradas digitales.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Se seguirá con las Salidas discretas, en esta se encontrarán 14 salidas discretas que pertenecen a las 6 salidas integradas del CPU 312C y a las 8 primeras salidas de módulo de salida SM-322. Están enumeradas desde la O0.0 hasta la O 1.7. Físicamente están representadas por conectores tipo banana de color negro y encima de estos existe una luz piloto que indica que salida esta activada. Cabe mencionar que cuando el banco de pruebas del PLC ésta en modo local solo se activan las luces piloto y cuando ésta en modo Remoto se activan las salidas que eléctricamente es un contacto seco normalmente abierto y las luces simultáneamente. Por debajo de los conectores tipo banana se encuentran también un grupo de fusibles correspondientes a cada salida, estos están destinados a proteger las salidas del PLC. Las salidas discretas se ilustran en la figura F-4.

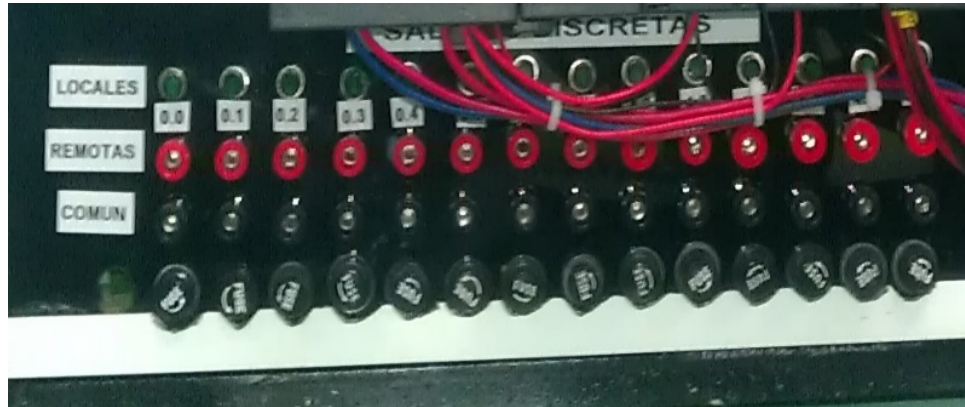


Figura F-4 Vista de las salidas digitales.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura F-5 se muestra el modo de conectar las salidas digitales en modo Remoto.

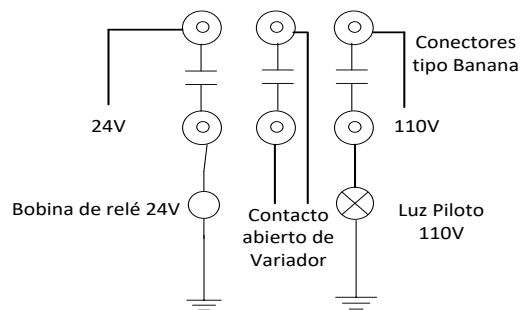


Figura F-5: Ejemplo de conexión de las salidas digitales.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Seguidamente se pueden observar las entradas analógicas, estas son las pertenecientes al módulo de entradas/salidas AI/AO SM-334, al igual que en los casos anteriores a estas se accede a través de conectores tipo banana. Estos están identificados en este caso como los canales M0, M1, M2 y M3 donde el positivo para voltaje está en la parte superior y son de color rojo, debajo de estos existen cuatro selectores uno para cada canal respectivamente en el que se puede seleccionar si la entrada es de corriente o de voltaje. En el mismo orden debajo de estos están los conectores de entrada de corriente y por último están los conectores a negativo de las

entradas llamados Mana, que es donde se conectan el negativo de cada canal sea de voltaje o de corriente. La figura F-6 muestra una vista de las entradas analógicas del módulo.



Figura F-6 Vista de las entradas analógicas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Tomando en cuenta que están relacionadas se presentan ahora las salidas analógicas, igual pertenecientes a los canales de salida analógica del módulo AI/AO SM-334, en este caso son dos canales QV0, QV1 y sus conectores están distribuidos de la siguiente manera: en la parte de arriba dos conectores tipo banana negros para en negativo de cada canal Mana, debajo de estos dos conectores rojos dan acceso a la salida de voltaje analógico. Seguidamente se encuentran dos selectores para intercambiar si la salida es a corriente o a voltaje y por último los dos conectores pertenecientes a la salida por corriente. Es de recordar que las entradas y salidas analógicas funcionan tanto en modo remoto como local. Ver figura F-7.



Figura F-7: Salidas Analógicas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la figura F-8 se muestra cómo hacer la conexión de las entradas y salidas analógicas con sus posibles sensores o actuadores.

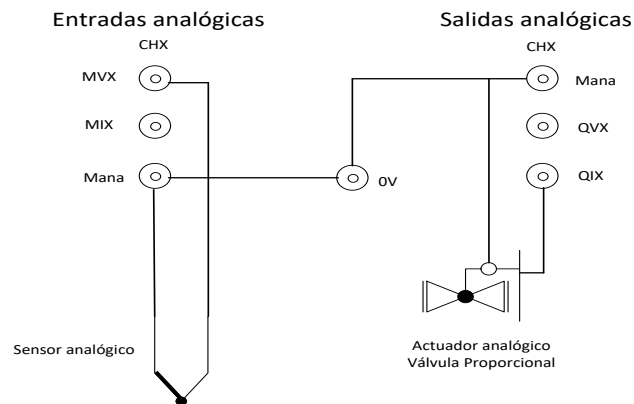


Figura F-8: Ejemplo de conexión de las entradas y salidas analógicas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

En la parte central de la estructura se encuentra la parte más importante del banco de pruebas, como lo es el CPU 312C, El módulo de salidas discretas SM-322 y la el Módulo analógico mixto SM-334 y la fuente de alimentación PS-05. En estos

van conectado todo el cableado de entradas y salidas antes descritas y es en el CPU donde se aloja el programa de las diferentes prácticas que se harán con el banco de pruebas.

Por último y también de mucha importancia se ubica a la derecha del panel de pruebas; en la parte superior un Breaker de control de 5A, el cual es el interruptor de la alimentación 110V de todo el sistema. En el centro se ubica un selector de dos posiciones para alternar modo remoto o local y en la parte inferior dos conectores para el 110V, Uno para la entrada 110V y otro para la alimentación de la planta piloto. En la figura F-9 se detalla la CPU 312C, la fuente de alimentación y los módulos SM-322 y SM-334.

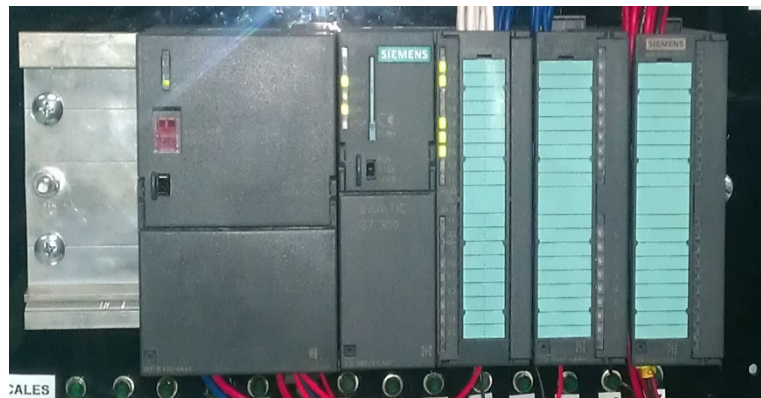


Figura F-9: Componentes Siemens CPU, SM-322 y Sm-334.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Se recomienda luego de realizar los programas probarlos con el módulo de pruebas primero en modo local y después de verificado su buen funcionamiento proceder a probarlos en modo remoto.

Conexión de las entradas digitales en modo remoto

En la figura F-10 se muestra un ejemplo de la conexión de las entradas al módulo de pruebas, la entrada proviene de la barra de conexiones de la maqueta.

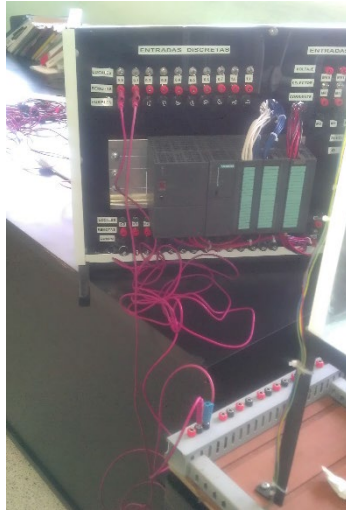


Figura F-10: Ejemplo de conexión de las entradas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Conexión de las salidas digitales en modo remoto

En la figura F-11 se observa el detalle de la conexión de las salidas digitales del módulo hacia la planta piloto.



Figura F-11: Ejemplo de conexión de las salidas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

Conexión de las salidas analógicas

Por último se muestra la conexión de las entradas analógicas en la figura F-12.



Figura F-12: Ejemplo de conexión de las entradas analógicas.

Fuente: Zerpa y Sandoval (2015)

ANEXOS

ANEXO A

CONFIGURACIÓN DEL BLOQUE PID EN S7-300

Fuente: Zaira, A (2011). Apéndice D de su trabajo especial de grado “Ingeniería básica de la automatización del sistema de control de una planta de nitrato de amonio en solución”. Universidad de Carabobo.

D.1 Configuración de un bloque PID

Antes de programar el bloque de control PID con el PLC S7-300, es necesario primero conocer dos bloques de organización como son el OB35 (alarma cíclica), el cual permite hacer el llamado cada cierto tiempo a los bloques PID que estén en el sistema; y el OB100 (arranque), el cual permite que dichos bloques se reinicien cada vez que se arranca el proceso.

En las siguientes figuras (D.1, D.2), se puede observar los pasos a seguir para insertar el bloque OB35 en el formato KOP, el cual se va a ejecutar el tiempo especificado en la configuración del hardware.

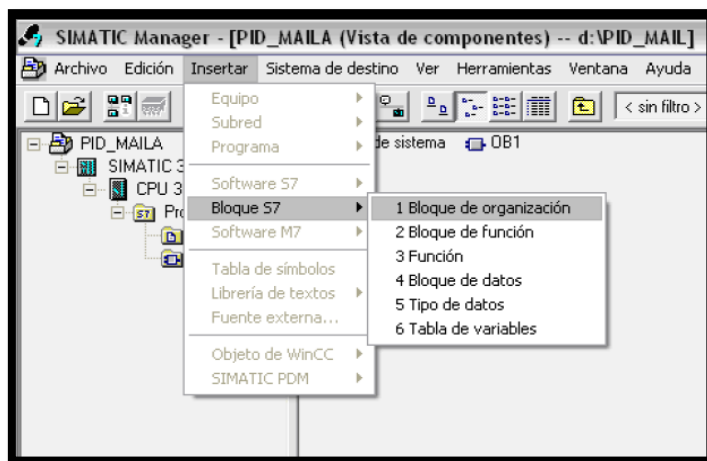


Figura D.1. Ventana principal del SIMATIC Manager

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

En el Simatic Manager, en el menú “insertar”, se selecciona “Bloque S7” y luego “bloque de organización”, y aparece la ventana de la figura D.2, donde en la pestaña “General 1ª parte”, en “Nombre”, se escribe el nombre del bloque a insertar, que en este caso es “OB35”.

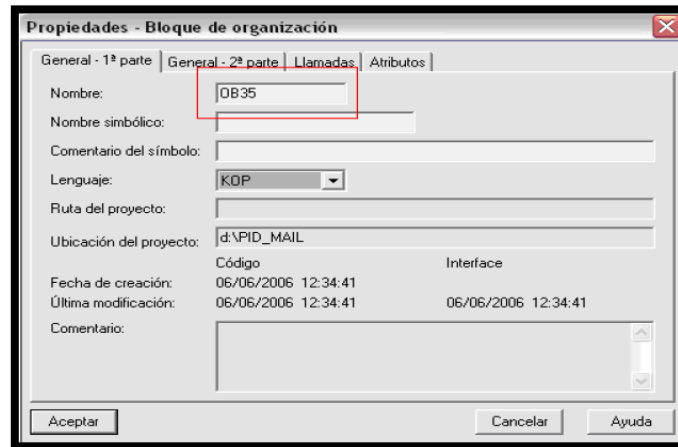


Figura D.2. Ventana de propiedades del bloque de organización

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Los mismos pasos mostrados anteriormente, aplican para insertar el bloque OB100 en la programación, la diferencia radica en cambiar el número en la sección de “nombre” cuando se abre la ventana de propiedades.

Una vez insertado el bloque de organización OB35 y OB100, en la pantalla principal del Simatic Manager, se observan los bloques, como se observa en la figura D.3.

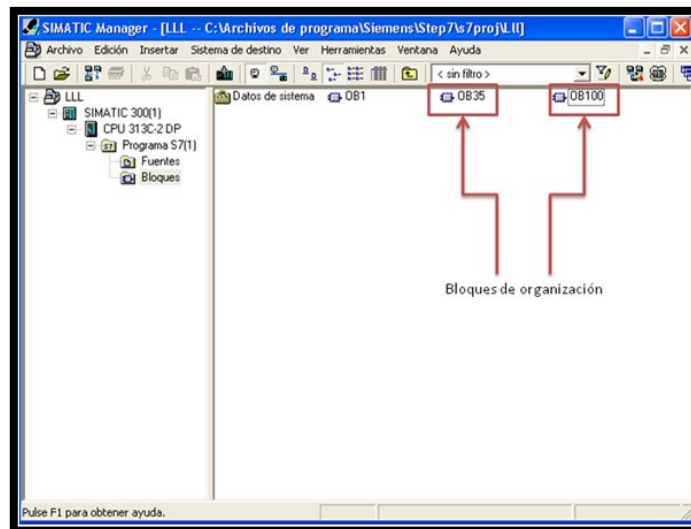


Figura D.3. Ventana principal del Simatic Manager

Fuente: Propia

Una vez que se agregan los dos bloques de organización ya mencionados, se procede a abrir el OB35 dándole doble clic sobre el ícono con su nombre, que aparece en la pantalla principal del Simatic Manager, de la figura D.3, y se procede insertar el bloque de función (CONT_C), el cual se encuentra en la librería Standard Library – PID Control Blocks. Como puede observarse en la figura D.4, al darle doble clic sobre el bloque que se desea agregar a la programación, en este caso “FB41 CONT_C”, aparece en el segmento seleccionado la imagen correspondiente.

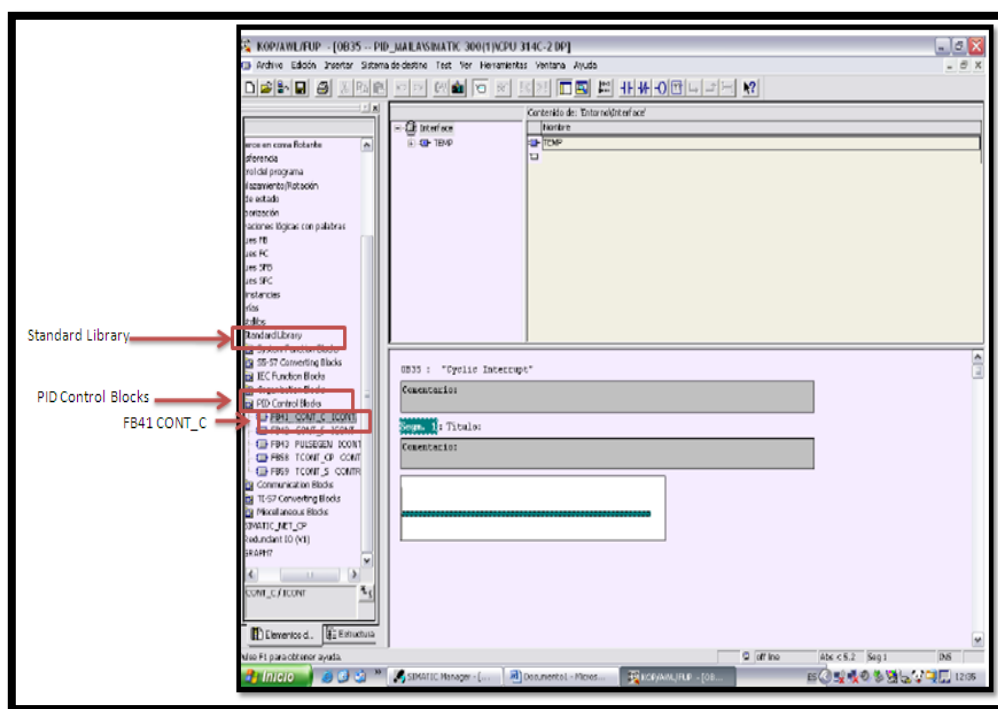


Figura D.4 Ventana del bloque OB35

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Al insertar el bloque en el segmento deseado, se abrirá una ventana como la que aparece en la figura D.5, preguntando si se desea crear una DB de instancia asociada a esta función. Se selecciona la opción “sí” y se le asigna un nombre, por ejemplo, DB141. Es recomendable colocarle un nombre simbólico, de este modo, todos los parámetros que guarda esta DB aparecen con dicho nombre.

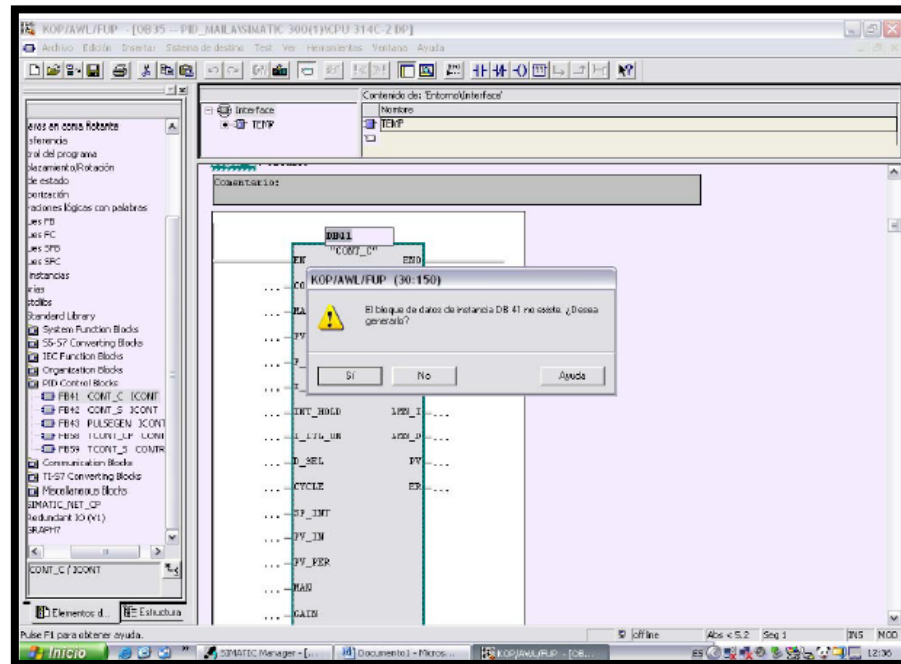


Figura D.5. Ventana de propiedades del bloque de organización

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Para colocar el nombre simbólico a cualquier bloque, el procedimiento consiste en hacer clic derecho sobre el ícono con el nombre del bloque, que aparece en la pantalla principal del Simatic Manager, se selecciona “Propiedades de objeto”, como se indica en la figura D.6. Luego se abre la ventana de propiedades para bloque de datos, donde se coloca en “Nombre simbólico” la identificación que se desee, tal y como se puede visualizar en la imagen D.7, donde se le asignó “Bloque PID” para identificar a la DB141.

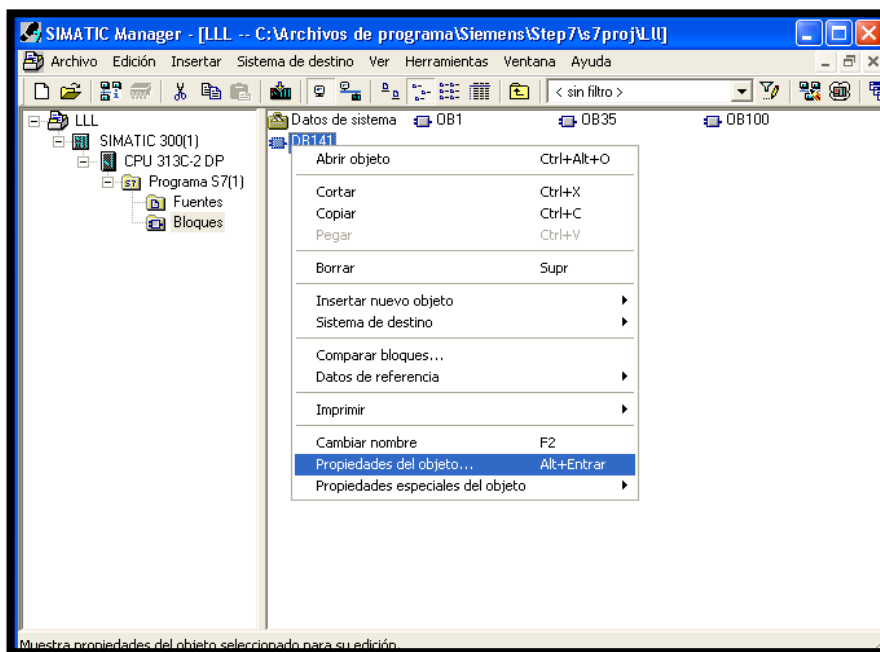


Figura D.6. Primer paso para colocar nombre simbólico a la DB141
Fuente: Propia

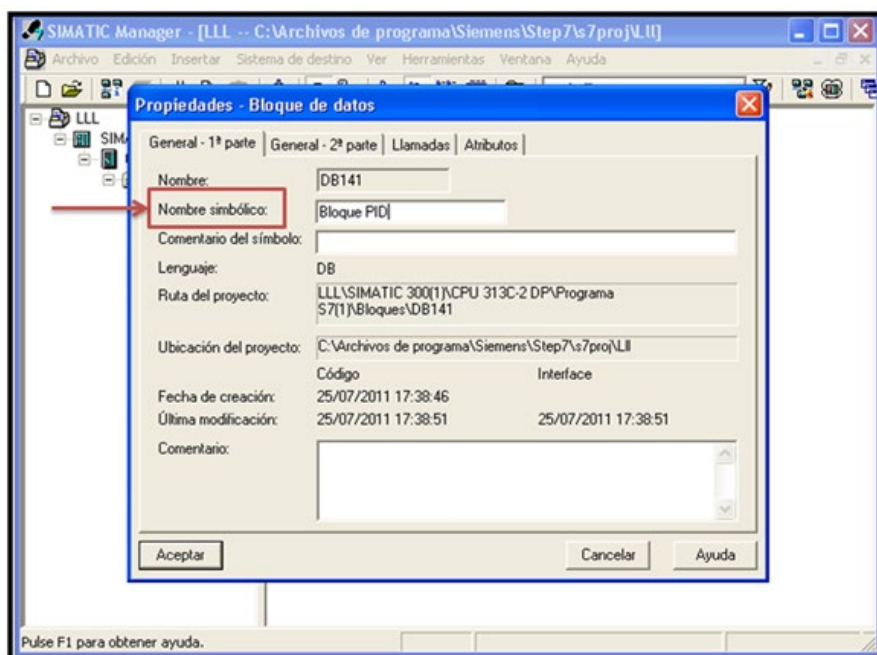


Figura D.7. Segundo paso para colocar nombre simbólico a la DB141
Fuente: Propia

Ya teniendo el bloque de función FB141 ubicado en el OB35, se procede a definir los parámetros necesarios, como son: PV_PER, LMN_PER y COM_RST, que forman parte de las entradas y salidas de esta función.

Estos parámetros constituyen la “conexión” entre el proceso, la tarjeta analógica y el regulador. En vista que PV_PER representa la dirección de la entrada analógica a la que se está cableando el sensor y LMN_PER la dirección de la salida analógica a la que está cableado el actuador.

También se encuentra COM_RST, el cual es un bit que se utiliza para reiniciar el FB. Normalmente, ese bit para se programa en el bloque OB100, de la siguiente manera:

- En el primer segmento, a un bit interno (Mx.i) se le fija en “1” y se le asigna el nombre simbólico de “reset”.

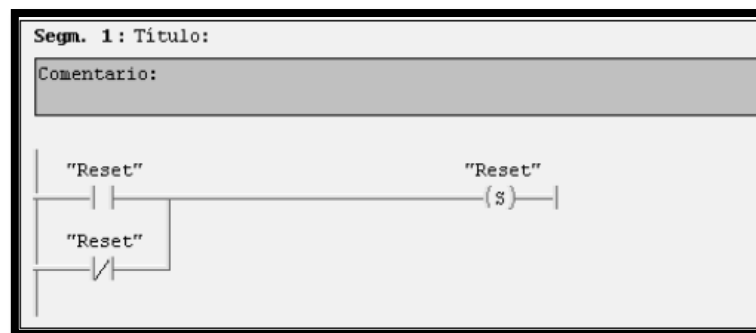


Figura D.8 Primer segmento de programación en el OB100

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

- En el segundo segmento se realiza el llamado a la función FB41, introduciendo el valor del bit “reset” en el parámetro COM_RST. Esta acción coloca en cero los valores de salida del regulador.

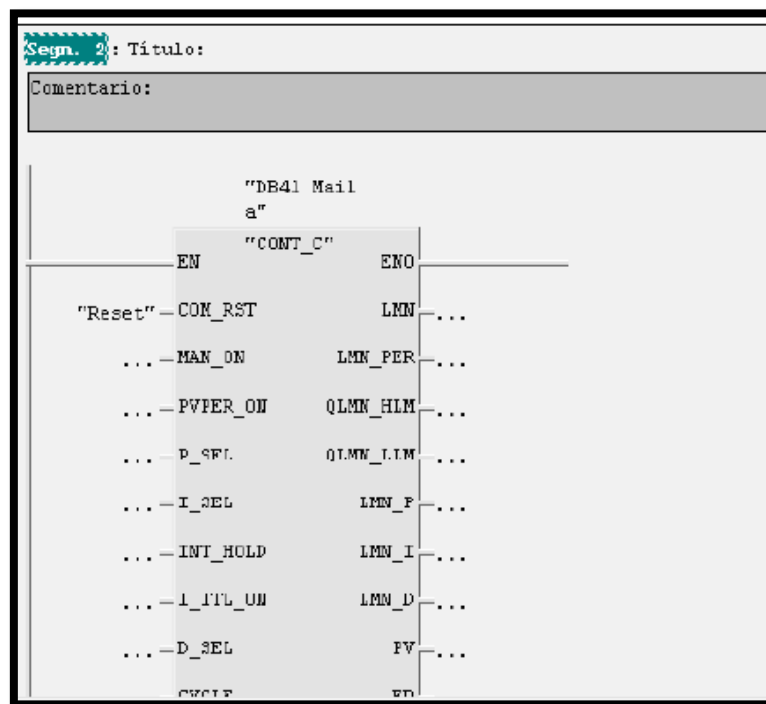


Figura D.9 Segundo segmento de programación en el OB100

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

- En el tercer segmento, al mismo bit de “Reset” se fija en “0”. Así, en la ejecución del bloque OB35 seguirá con su funcionamiento normal.

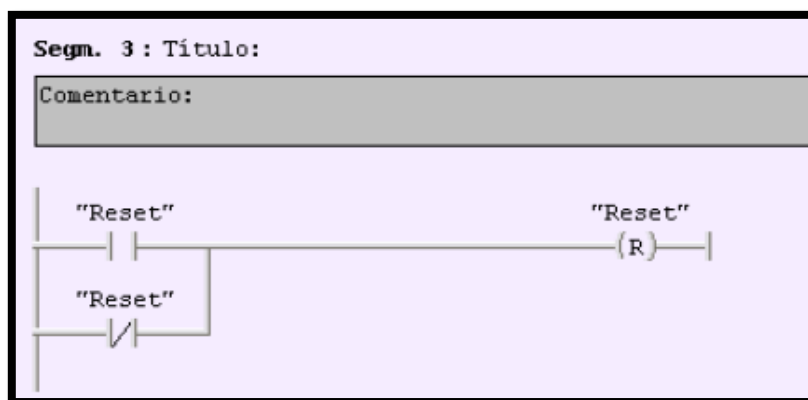


Figura D.10. Tercer segmento de programación en el OB100

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Finalmente el bloque quedará como se observa en la figura D.8. Sólo se configuraron los tres parámetros mencionados anteriormente, los demás se podrán leer y escribir en la DB de instancia correspondiente, como se explicará en la sección *D.3 Parametrización del regulador FB41 por medio de la herramienta “Parametrizar regulador PID”* y la sección *D.4 Parametrización del regulador FB41 por medio de la herramienta “Tabla de variables”*

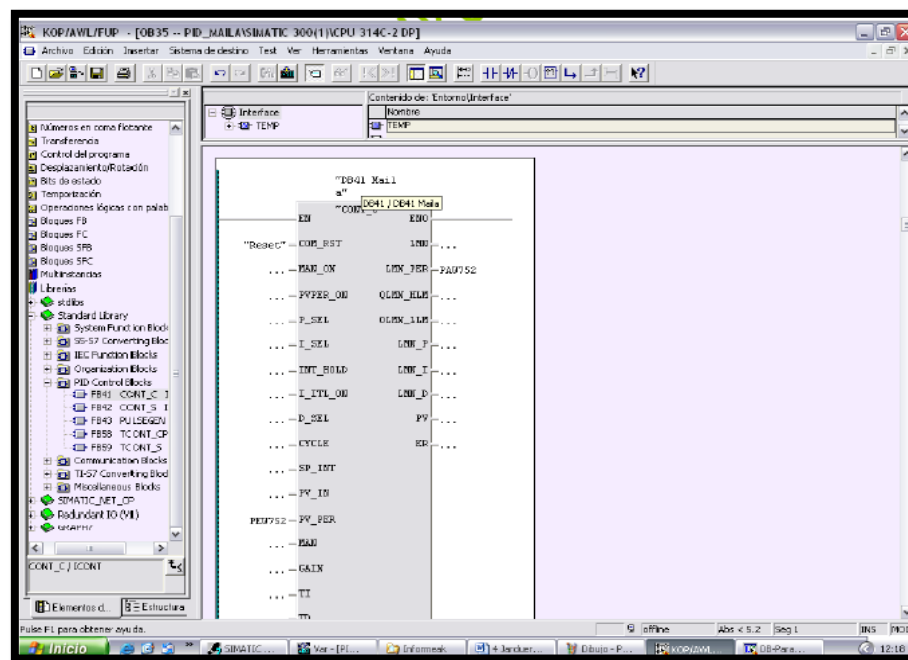


Figura D.11. Ventana de programación en el OB35

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

D.2 Configuración de más de un bloque PID

Cuando se necesita insertar más de un bloque PID en la programación los pasos a seguir son los que se muestran a continuación:

Primero se debe agregar a la programación el bloque propietario siemens el FB41 CONT_C en caso de que no se encuentre en el software. Este bloque se encuentra en la Standard Library, y para insertarlo, se hace un clic derecho sobre el nombre y se selecciona “insertar” del menú que se despliega, o simplemente se le da doble clic

sobre el nombre del bloque a insertar, cómo se explicó en la sección *D.1 Configuración de un bloque PID*. En la imagen D.12 se aprecia dentro de un cuadro rojo el bloque a insertar y la imagen del mismo dentro del segmento de programación, después de haber seguido los pasos anteriores.

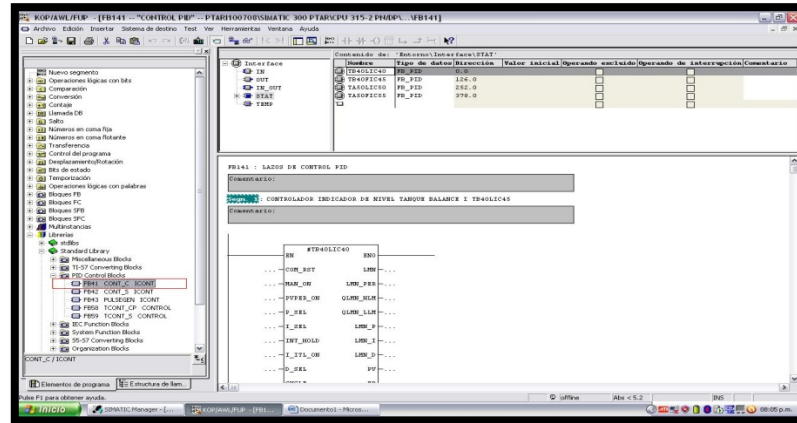


Figura D.12. Ejemplo de ubicación del bloque CONT_C en el OB35

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Una vez realizado lo descrito en el primer paso, se puede verificar en la pantalla principal del Simatic Manager, que dentro de los bloques insertados en el programa, aparezca el FB41 correspondiente al bloque “CONT_C”, como puede apreciarse en el ejemplo de la imagen D.10, donde el bloque especificado aparece dentro de un recuadro rojo.

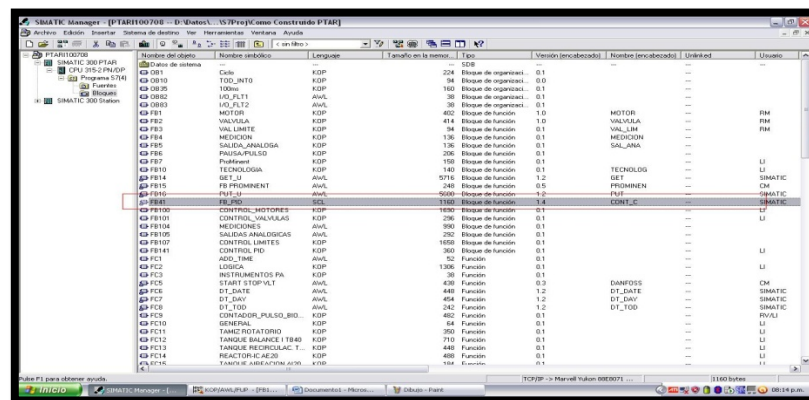


Figura D.13. Ejemplo de la pantalla principal en el Simatic Manager

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Ahora se prosigue a insertar un bloque de función (FB) el cual será utilizado para hacer los llamados tantas veces sea necesario al bloque PID (FB41) el número de bloque puede ser cualquiera que se encuentre disponible (FB1, FB10....FB1000).

Para insertar el nuevo bloque de función, se realiza el mismo procedimiento para crear un bloque de organización, sólo que ahora en el menú “insertar” de la ventana principal del Simatic Manager, se seleccionará “Bloque S7-Bloque de función”. Esto puede apreciarse en la figura D.14.

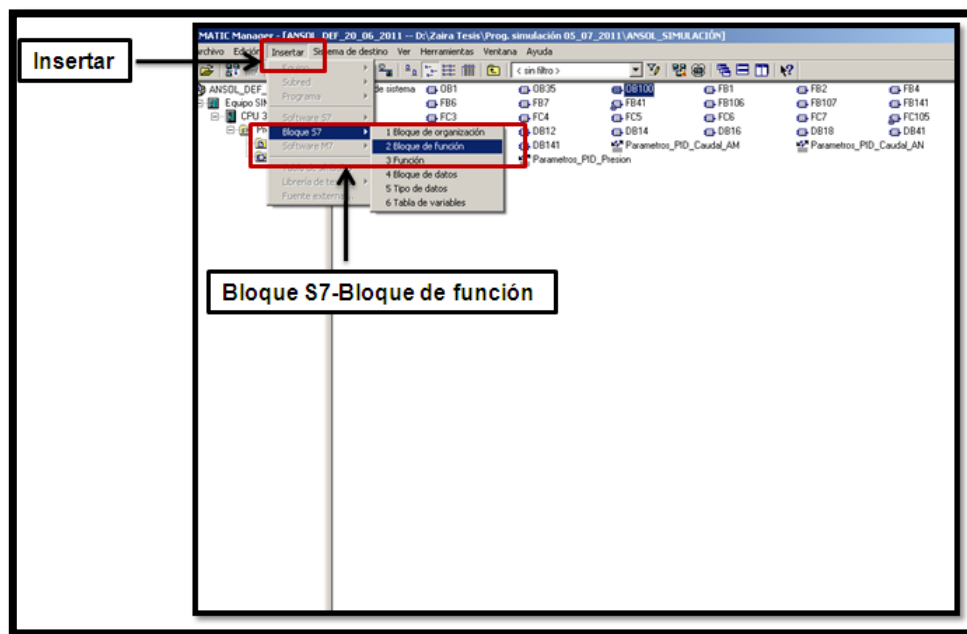


Figura D.14. Ejemplo para insertar un bloque de función (FB)

Fuente: Propia

Al llevar a cabo los pasos anteriores, se abrirá la ventana que se observa en la figura D.15, donde se procede a escribir el nombre del FB a insertar, en este caso se escribe FB141, si se desea se le puede colocar también el nombre simbólico.

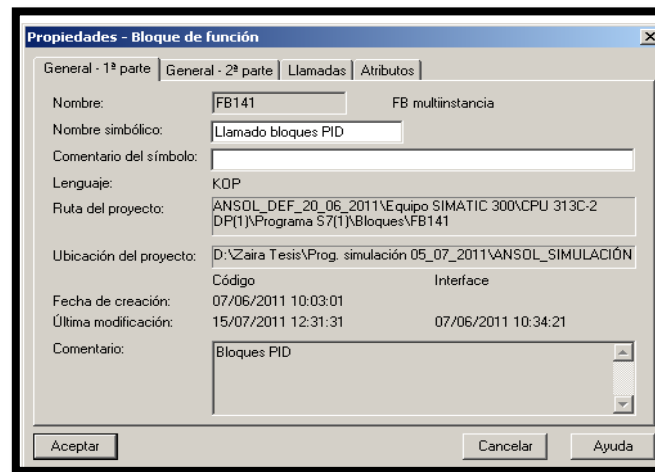


Figura D.15. Ejemplo para insertar un bloque de función (FB)
Fuente: Propia

Una vez creado el bloque, se procede a abrirlo haciendo doble clic sobre el ícono con su nombre que aparece en la ventana principal del Simatic Manager, y se crean las variables tipo STAT en la tabla de declaración de variables, para cuantos controladores se vayan a utilizar.

Es de importancia saber que en la tabla de declaración de variables se definen tanto las variables locales, que pueden ser temporales “temp” y estáticas “stat” (sólo FB’s) como los parámetros formales de bloque, que pueden ser de entrada “in”, de salida “out” o de entrada_salida “in_out”. En este caso, se hará uso únicamente de las variables tipo STAT, pero de igual forma a continuación se describen cada uno de los parámetros y variables nombradas anteriormente.

Parámetros

in: Son valores de entrada al bloque. Pueden ser constantes, direcciones absolutas o simbólicas.

out: Son valores que devuelve el bloque al programa que lo llamó después de la ejecución del bloque. Pueden ser direcciones absolutas o simbólicas.

in_out: Recogen y mandan información. . Pueden ser direcciones absolutas o simbólicas.

Variables

temp: Variables o datos locales que se usan dentro del bloque y no salen fuera. Pierden su valor cuando se abandona el bloque.

stat: Variables que mantienen su valor al salir del módulo. Los FC no permiten este tipo de variables. Sólo para bloques FB.

Ya aclarado los tipos de datos que se pueden configurar en la tabla de declaración de variables, se procede a continuar con la creación de las variables tipo STAT en el FB141, o en el bloque de función que se haya creado en el paso anterior. Para ello se deben seguir los pasos que se visualizan en la figura D.16.

Donde primero se debe escribir en la columna de “Nombre”, la identificación del regulador, el cual puede ser cualquiera que al programador le parezca conveniente, incluso puede utilizar el nombre con el que aparece el regulador en el plano de instrumentación y tuberías (P&ID) de la planta a automatizar. El segundo paso consiste en escribir el tipo de dato, aquí se escribe “FB41” (nombre de la FB asociada al bloque de función “CONT_C”) y al darle “enter”, la columna de “Tipo de datos” cambia automáticamente al nombre simbólico colocado, que en este caso es “CONT_C”.

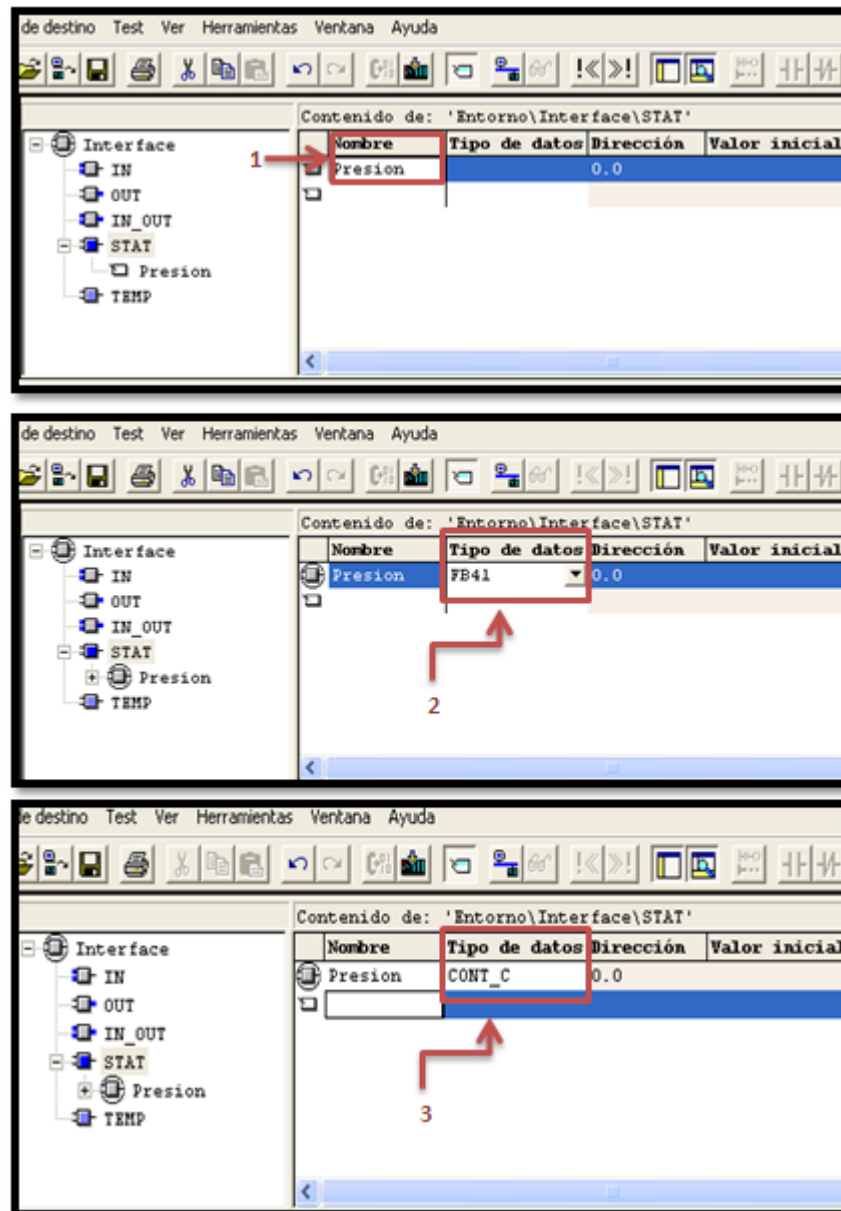


Figura D.16. Pasos a seguir para crear una variable STAT

Fuente: Propia

Se repite el mismo procedimiento, para cuantos controladores se vayan a utilizar. En la figura D.17, se observa que se crearon cuatro (4) variables STAT, relacionadas a cuatro (4) controladores.

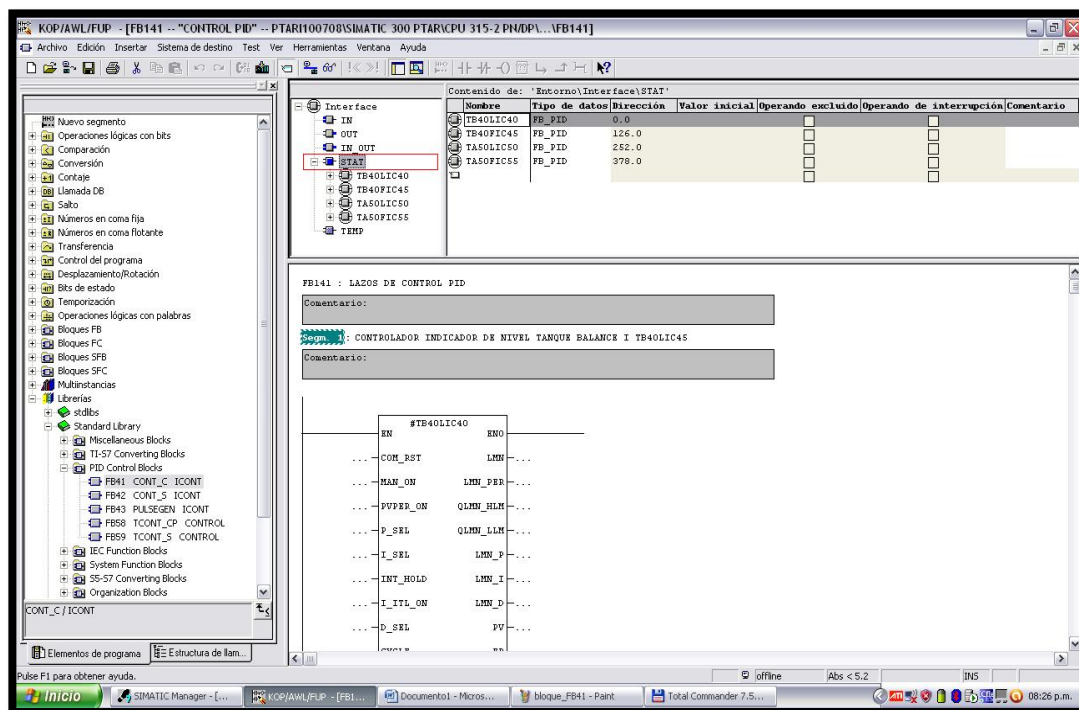


Figura D.17. Ejemplo de programación en el FB141

Fuente: Propia

Ya creadas las variables tipo STAT, que se desean agregar en el bloque de función, en este caso FB141, se procede a realizar todos los llamados a dichas variables. Para ello, en el primer segmento se inserta un cuadro vacío pulsando el botón que se muestra en la imagen D.18.

Una vez insertado el cuadro vacío, aparecerá un recuadro entrada de datos, como se observa en la figura D.19, donde se coloca el nombre de la variable STAT previamente creada.

En la imagen D.20, se tiene un ejemplo de escritura de una de las variables STAT creadas en el recuadro (#Presión).

Finalmente, al darle “enter”, aparece el bloque de función “FB41 CONT_C”, con el nombre asignado, como se aprecia en la figura D.21.

Este procedimiento se repite sucesivamente hasta tener todos los bloques PID creados en la tabla de declaración de variable.

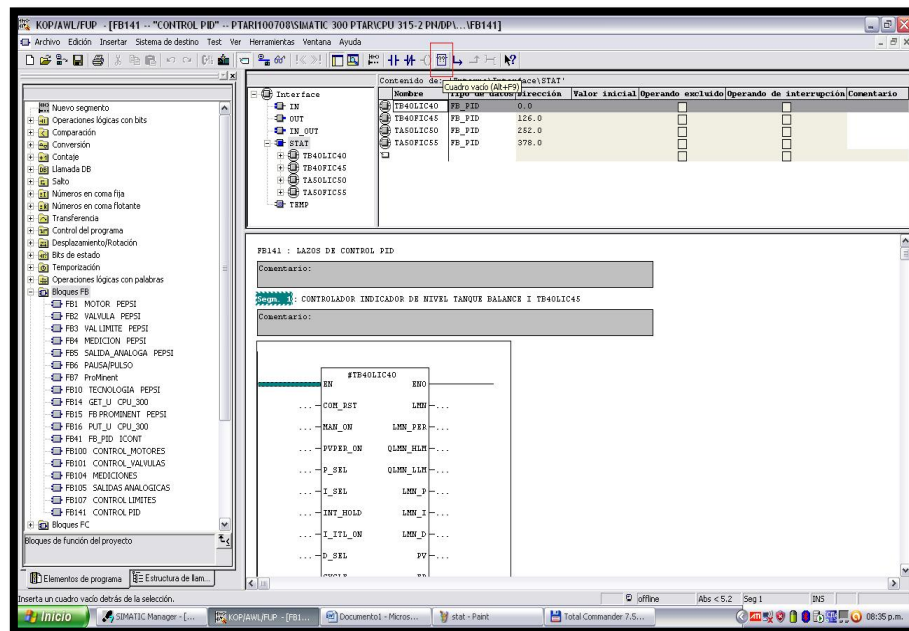


Figura D.18. Primer paso para insertar bloque “CONT_C” al FB141
Fuente: Propia

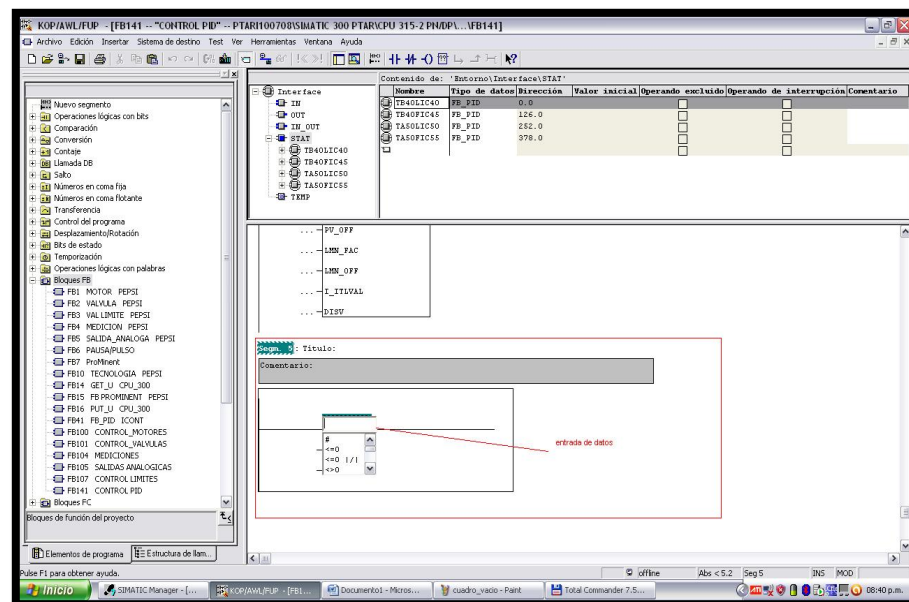


Figura D.19. Segundo paso para insertar bloque “CONT_C” al FB141
Fuente: Propia

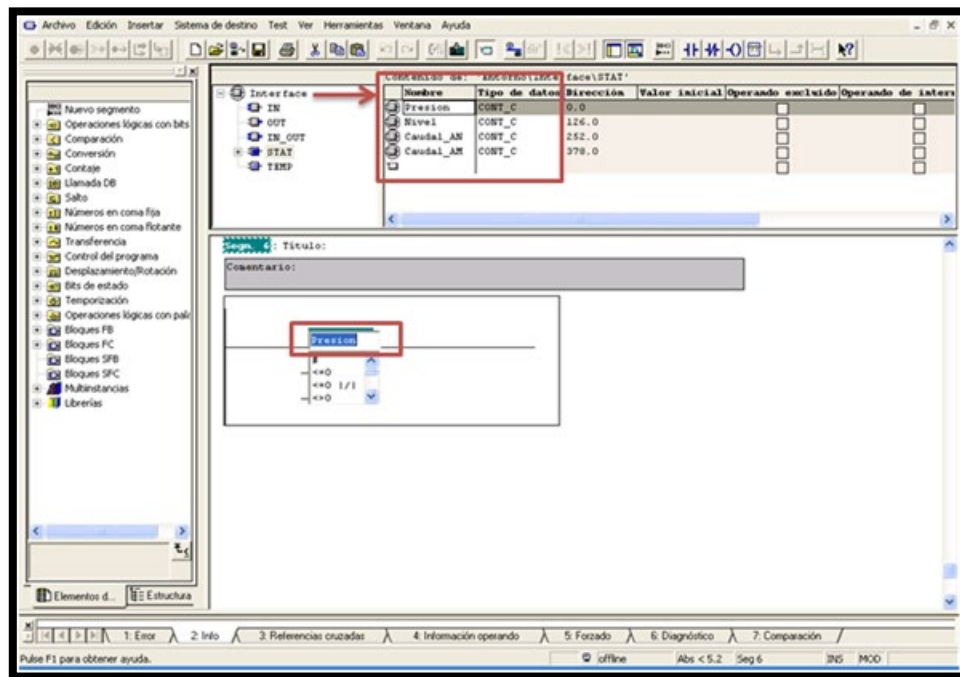


Figura D.20. Tercer paso para insertar bloque “CONT_C” al FB141
Fuente: Propia

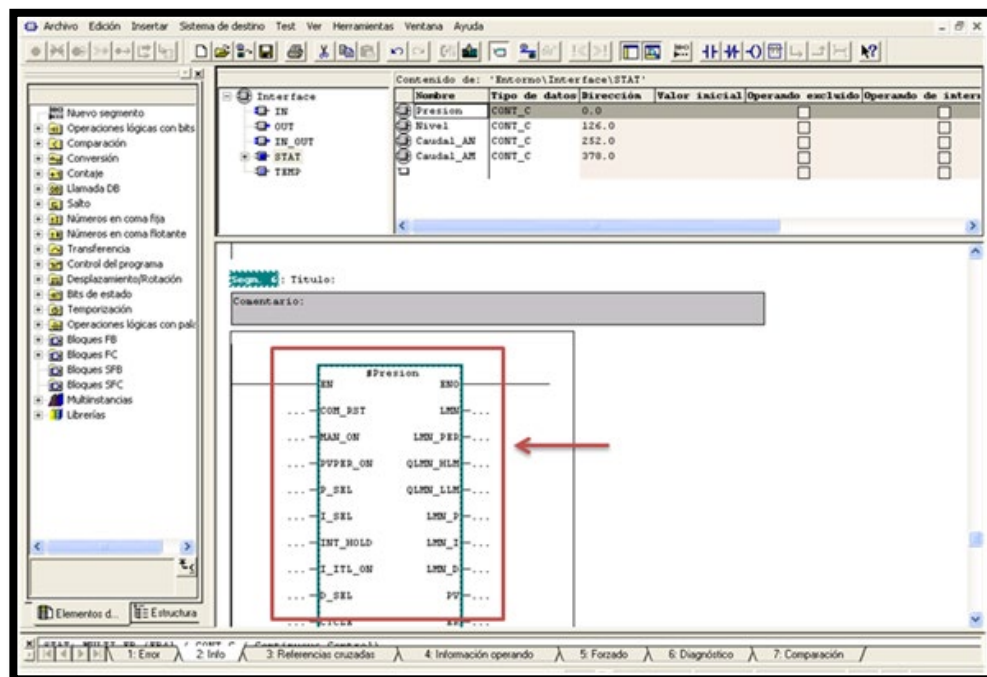


Figura D.21. Cuarto paso para insertar bloque “CONT_C” al FB141
Fuente: Propia

Ahora en el OB35 se va a realizar el llamado en este caso a la FB del control PID, para ello:

- Se abre el OB35 en un segmento nuevo, se busca en la ventana de vista general / bloques FB el bloque FB correspondiente y se arrastra al segmento como se muestra en la imagen D.12:

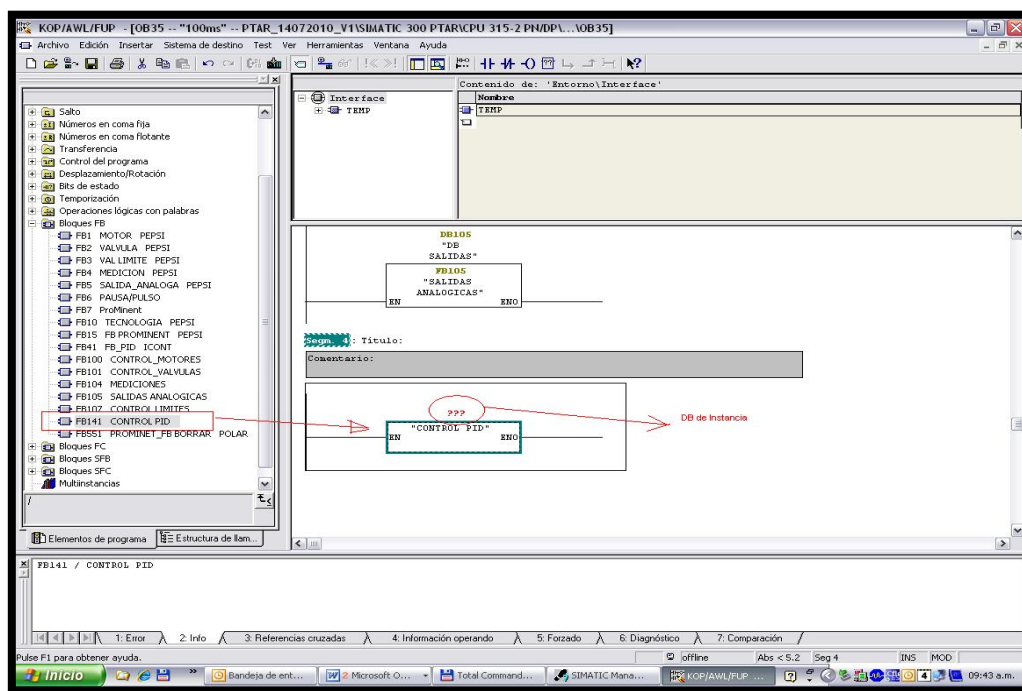


Figura D.22. Ventana de programación en el OB35

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

- En donde están los signos de interrogación en rojo se coloca el bloque de datos a utilizar por ejemplo DB141. Aparecerá el mensaje de que el DB no existe y si se desea crear, por lo que se debe seleccionar la opción “Sí”, obteniendo la creación de la DB de instancia asociada al FB141 (bloque de función creado en el presente ejemplo).

Se debe tener en cuenta que los bloques de función FB son bloques programables. Un FB es un bloque "con memoria", dispone de un bloque de datos DB asignado como memoria (bloque de datos de instancia) y los parámetros que se transfieren al

FB, así como las variables estáticas “stat”, se memorizan en el DB de instancia, mientras que las variables temporales se memorizan en la pila de datos locales. Es decir, los datos memorizados en el DB de instancia no se pierden al concluir el tratamiento del FB, mientras que los datos memorizados en la pila de datos locales si se pierden al concluir el tratamiento del FB.

Finalmente se tiene listo el llamado del bloque de función relacionado a los controladores en el OB35, en este caso “FB141”. En la figura D.23, se tiene un esquema con la configuración creada en el presente apartado. Se puede observar que desde el OB35 se realiza el llamado al FB141 asociado a su DB de instancia DB141, y a su vez desde FB141 se realiza el llamado cuatro (4) veces al bloque FB CONT_C (FB41), correspondiente a las cuatro (4) variables STAT creadas en la tabla de declaración de variables.

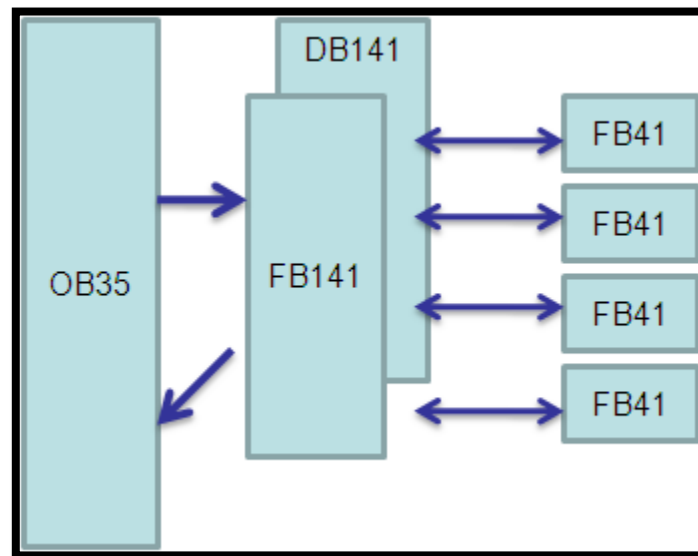


Figura D.23. Esquema de los llamados en el OB35

Fuente: Propia

La razón por la cual se realiza el llamado en el OB35 y no en el OB1, es que los controles PID se consideran críticos y en el OB35 el bloque se ejecuta cada 100 ms y no cada ciclo de reloj de la CPU como sucede en el OB1.

D.3 Parametrización del regulador FB41 por medio de la herramienta “Parametrizar regulador PID”

Existen dos opciones para parametrizar esta función, la primera es visualizando toda la DB y la segunda consiste en utilizar una herramienta que ofrece el entorno STEP7 conocida como: “Parametrizar regulador PID”, a la cual se puede tener acceso como se observa en la figura D.24, en el menú principal, se da clic sobre “inicio”, se selecciona “SIMATIC-STEP 7” y finalmente “Parametrizar regulador PID”. Esta herramienta aplica sólo cuando existe en el programa un solo bloque PID o varios con las mismas características, pero cuando se tiene más de un bloque de regulación se recomienda configurar sus parámetros visualizando toda la DB y haciendo uso de la herramienta “Tabla de variables” la cual se explicará en el apartado D.4. *Parametrización del regulador FB41 por medio de la herramienta “Tabla de variables”.*

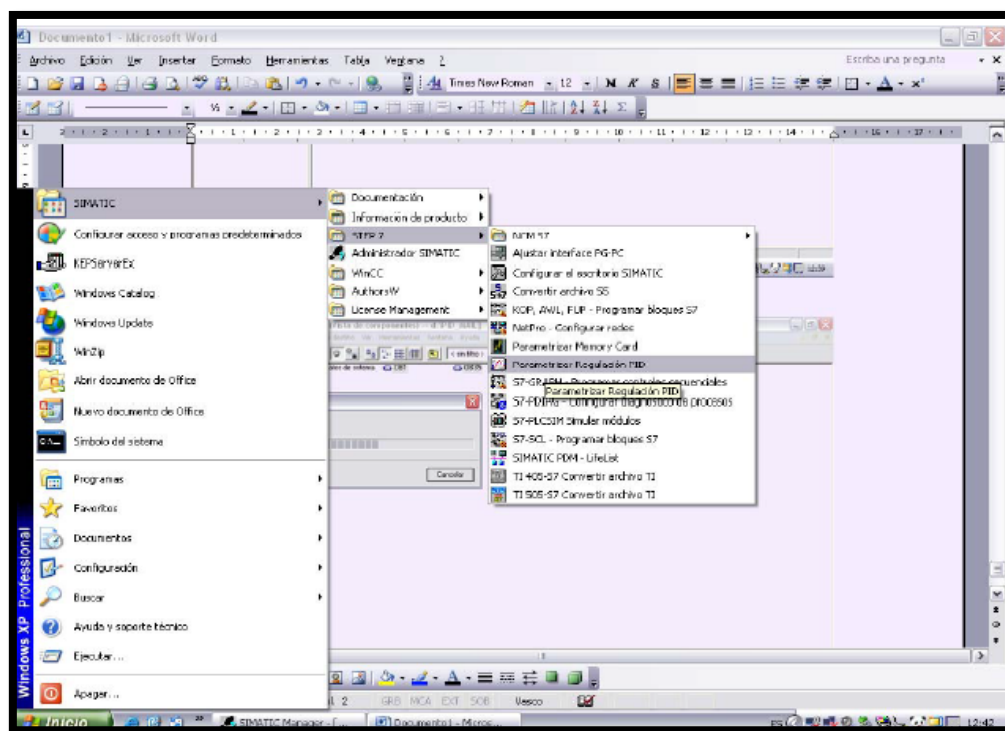


Figura D.24. Pasos a seguir para acceder a “Parametrizar regulador PID”

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Con la opción **“Parametrizar regulador PID”** no se puede parametrizar todos los valores de la DB, pero permite cambiar fácilmente los más importantes como son: GAIN, Ti, Td, MAN, MAN_ON, entre otros. A continuación se muestran imágenes con los pasos a seguir para la configuración de los parámetros haciendo uso de la herramienta **“Regulación PID”**.

Una vez que se tiene acceso a **“Parametrizar regulador PID”**, se abre la pantalla que aparece en la figura D.25, donde al darle clic a **“Archivo-Abrir”**, se tiene acceso a la ventana que se observa en la figura D.26, donde se selecciona la DB asociada al bloque **“CONT_C”** utilizado, y se puede configurar en opción **“online”** u **“offline”**, según se seleccione.

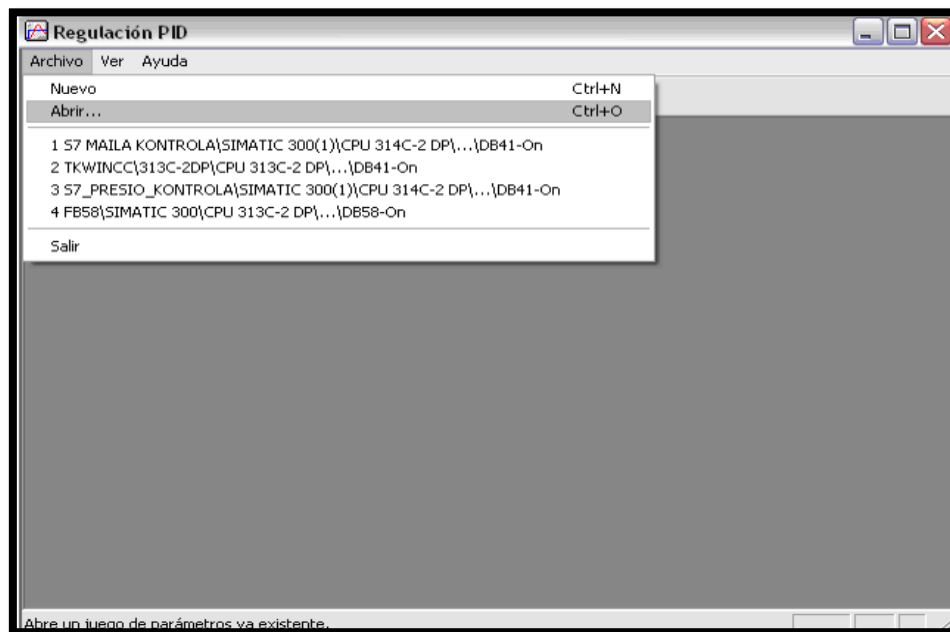


Figura D.25. Ventana de regulación PID
Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

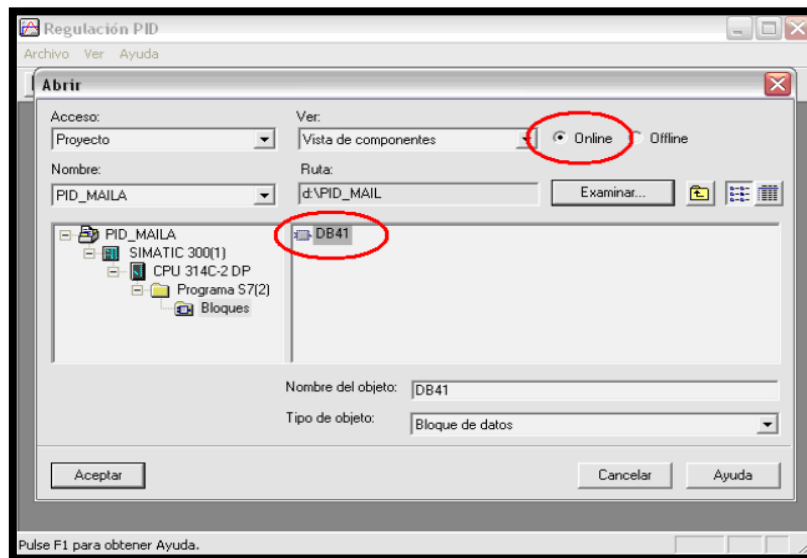


Figura D.26. Ventana para acceder a la DB correspondiente al bloque de regulación

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

En la figura D.27, se muestra finalmente la ventana donde se realizan las modificaciones a los parámetros de la tabla D.26:

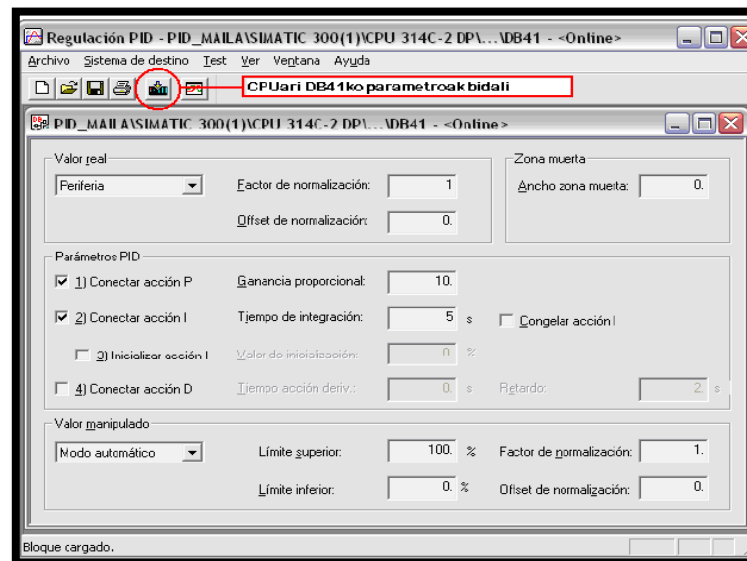


Figura D.27. Ventana de configuración de la DB correspondiente al bloque de regulación

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Los rangos que aparecen en esta pantalla están relacionados con los siguientes parámetros del DB, como aparece en la tabla D.1:

Tabla D.1: Parámetros del regulador “CONT_C”

Parámetros PID	
Nombre	Descripción
PV_PER.	Periferia: Se lee desde la entrada
PV_IN	Interno: Se lee desde la entrada.
PV_FAC	Factor de normalización
PV_OFF	Offset de Normalización
DEADB_W	Ancho zona muerta
P_SEL	Conectar acción P
GAIN	Ganancia proporcional
I_SEL	Conectar acción I
Ti	Tiempo integración
INT_HOLD	Congelar acción I
I_ITL_ON	Inicializar acción I
I_ITLVAL	Valor de inicialización
D_SEL	Conectar acción D
Td	Tiempo de acción derivada
TM_LAG	Retardo
MAN_ON = “0”	Modo automático
MAN_ON = “1”	Modo manual
LMN_HLM	Límite superior
LMN_LLM	Límite inferior
LMN_FAC	Factor de normalización
LMN_OFF	Offset de Normalización

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Ante cualquier cambio de parámetro, los datos de esta DB se deben mandar a la CPU, dándole clic al símbolo encerrado en rojo de la imagen D.16.

Es importante tener en cuenta que el entorno atrás descrito, no permite cambiar la consigna (SP_INT) ni el valor que guarda el modo manual (MAN), para ello, se utiliza la tabla de variables que se explicará en el siguiente segmento.

D.4. Parametrización del regulador FB41 por medio de la herramienta “Tabla de variables”

Para tener la conexión con los parámetros SP_INT, MAN y con cualquiera de la DB, es recomendable crear una tabla de variables. En la figura D.17 se indica como insertar la tabla requerida, en “Insertar-Bloque S7-Tabla de variables” y en la D.28 muestra la ventana donde se le asigna tanto el nombre de la tabla como el simbólico.

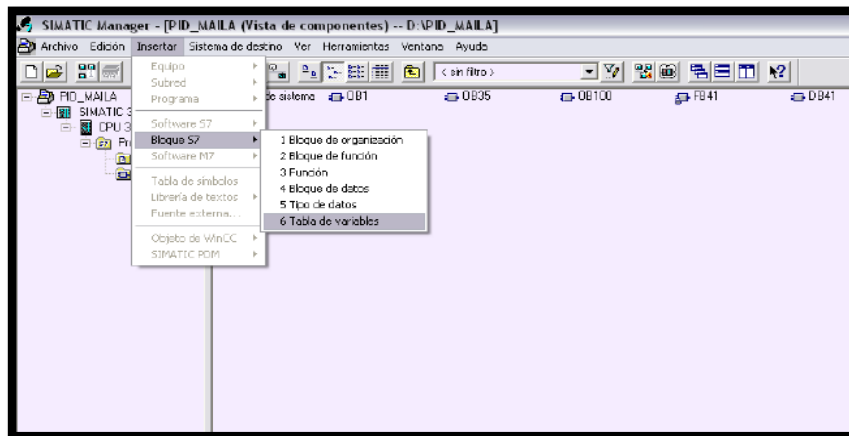


Figura D.28. Primer paso para insertar tabla de variables
Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

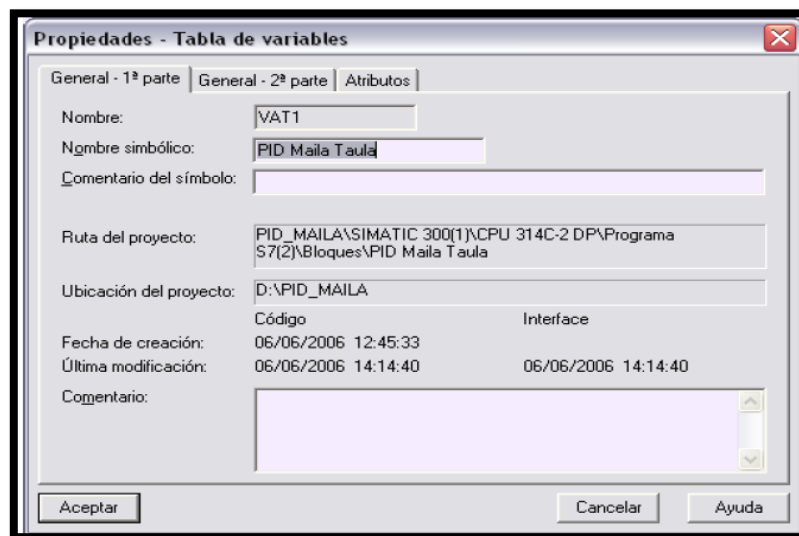


Figura D.29. Ventana de propiedades tabla de variables
Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Al darle aceptar se crea el símbolo de la tabla de variable con su nombre, y al darle doble clic aparece la ventana que se puede observar en la figura D.30.

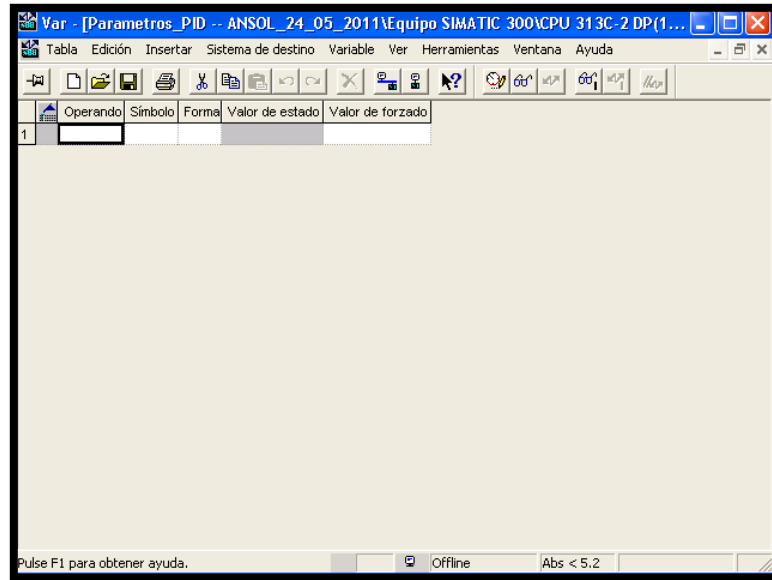


Figura D.30. Ventana de una tabla de variables

Fuente: Propia

En la tabla mostrada anteriormente se procede a escribir los operandos que se requieren configurar por esta vía, por lo general son los relacionados a la sintonización del lazo de control cuando se realizan las pruebas, ellos son: la ganancia proporcional (GAIN), el tiempo integral (Ti) y el tiempo derivativo (Td). Una vez definidos los parámetros que quiero visualizar en la tabla de variables, procedo a buscar las direcciones correspondientes o el nombre simbólico. Ambos aparecen en la tabla de parámetros de la DB asociada a los bloques PID existentes en la programación, en este caso sería la DB141.

Para tener acceso a la DB correspondiente al bloque PID, para poder visualizar las direcciones de los parámetros que se desean anexar en la tabla de variables creada, se prosigue como se muestra en la figura D.28, clic derecho sobre el ícono con el nombre de la DB, y se despliega el menú, donde se debe seleccionar “Abrir objeto”.

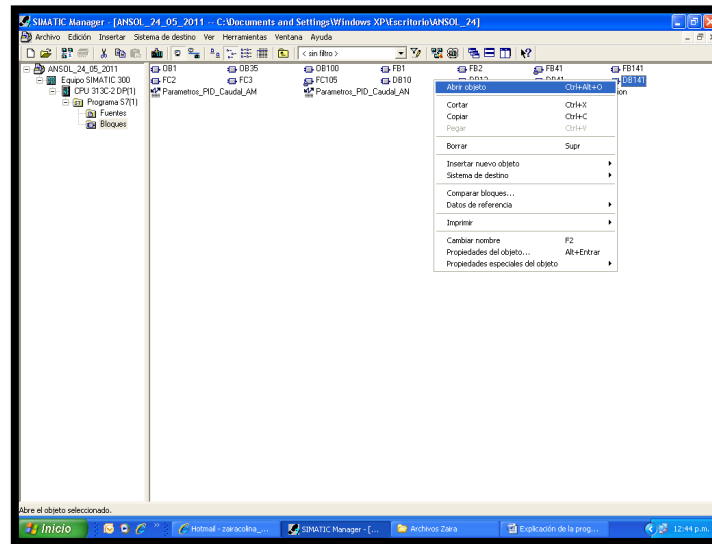


Figura D.28. Primer paso para tener acceso a las direcciones de los parámetros

Fuente: Propia

Al darle clic se abre la siguiente ventana, donde se selecciona la opción “Sí”, como se observa en la figura D.29.

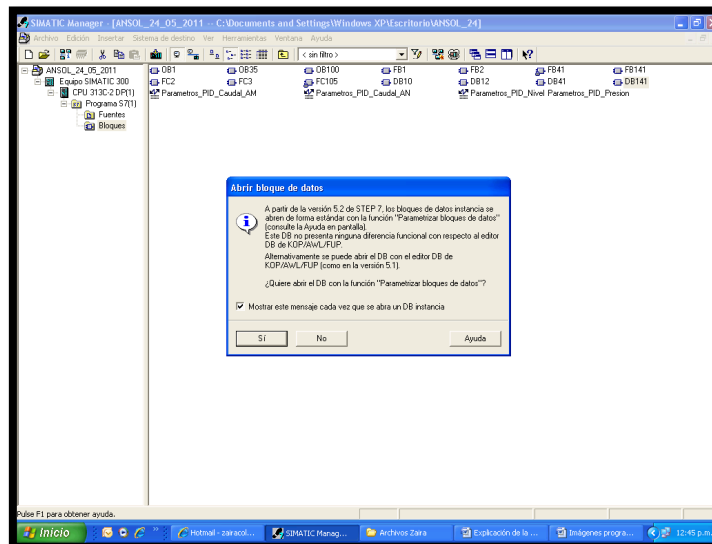


Figura D.29. Segundo paso para tener acceso a las direcciones de los parámetros

Fuente: Propia

Y aparece la tabla que se muestra en la figura D.24, a continuación.

	Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actual	Comentario
38	108.0	stat	Presion.sRestInt	REAL	0.000000e...	0.000000e...	
39	112.0	stat	Presion.sRestDif	REAL	0.000000e...	0.000000e...	
40	116.0	stat	Presion.sRueck	REAL	0.000000e...	0.000000e...	
41	120.0	stat	Presion.sLmn	REAL	0.000000e...	0.000000e...	
42	124.0	stat	Presion.sbArwHlOn	BOOL	FALSE	FALSE	
43	124.1	stat	Presion.sbArwLLmOn	BOOL	FALSE	FALSE	
44	124.2	stat	Presion.sblLimOn	BOOL	TRUE	TRUE	
45	126.0	stat:in	Nivel.COM_RST	BOOL	FALSE	FALSE	complete res
46	126.1	stat:in	Nivel.MAN_ON	BOOL	TRUE	TRUE	manual value
47	126.2	stat:in	Nivel.PVPER_ON	BOOL	FALSE	FALSE	process vari
48	126.3	stat:in	Nivel.P_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	proportional
49	126.4	stat:in	Nivel.I_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	integral actio
50	126.5	stat:in	Nivel.INT_HOLD	BOOL	FALSE	FALSE	integral actio
51	126.6	stat:in	Nivel.I_ITL_ON	BOOL	FALSE	FALSE	initialization c
52	126.7	stat:in	Nivel.D_SEL	BOOL	FALSE	FALSE	derivative ac
53	128.0	stat:in	Nivel.CYCLE	TIME	T#1S	T#1S	sample time
54	132.0	stat:in	Nivel.SP_INT	REAL	0.000000e...	0.000000e...	internal setpo
55	136.0	stat:in	Nivel.PV_IN	REAL	0.000000e...	0.000000e...	process vari

Figura D.30. Ventana con las direcciones de los parámetros

Fuente: Propia

Para poder visualizar los parámetros del DB con un nombre simbólico en la tabla de variables es necesario primero asignarles al bloque de datos DB41 un nombre simbólico, tal y como se muestra en la imagen D.15 y D.16. Los pasos consisten en dar clic derecho sobre el ícono con el nombre de DB41, y en el menú que se despliega se debe seleccionar “Propiedades del objeto”, una vez abierta la ventana, se escribe en “Nombre simbólico” el nombre que se desee colocar para identificar la DB.

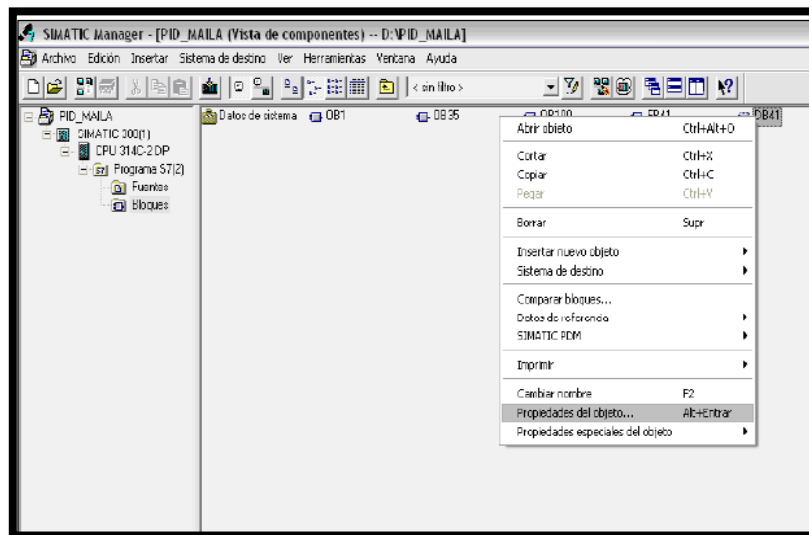


Figura D.31. Primer paso para la creación del nombre simbólico de la DB41

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

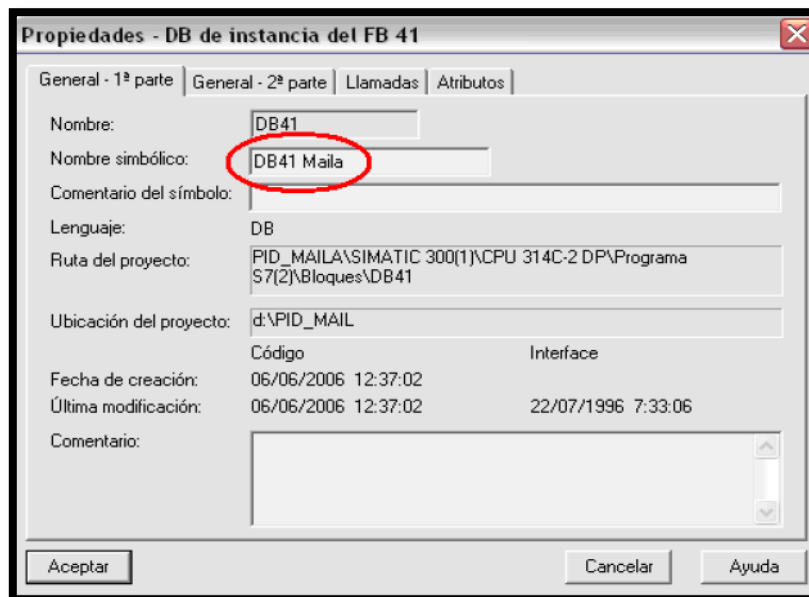


Figura D.32. Segundo paso para la creación del nombre simbólico de la DB41

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

Ya asignado el nombre simbólico y en base a la lista de parámetros que puede visualizarse en la DB asociada al bloque, el próximo paso es escribir la dirección o el nombre, y colocar el tipo de dato. Es importante que para escribir el nombre, se

debe colocar primero entre comillas el nombre simbólico de la DB asociada a los bloques PID creados (DB141), punto el nombre simbólico de la extensión que aparece en la tabla anteriormente nombrada, al presionar “enter”, se asigna automáticamente la dirección relacionada al parámetro; como se puede observar en la figura mostrada a continuación, por defecto en la columna “Forma de visualización” sale “HEX” de hexadecimal, al hacer clic se puede cambiar el tipo de dato correspondiente, en este caso sería “REAL”.

Tal y como se puede observar en la figura D.20, todos los parámetros aparecen con el nombre simbólico.

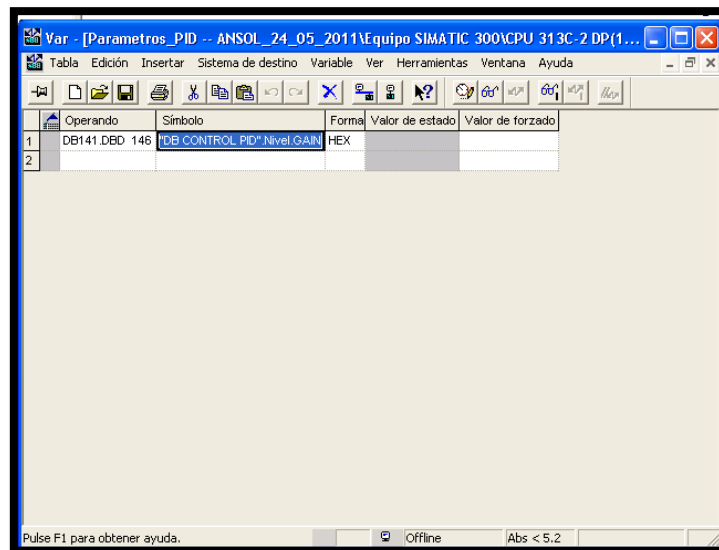


Figura D.33. Ejemplo de adicionar una dirección a la tabla de variables

Fuente: Propia

Para insertar algún comentario, se debe realizar los siguientes pasos mostrados en la figura D.21, en el menú “insertar” se selecciona “línea de comentario”, y automáticamente aparece el espacio para escribir el título.

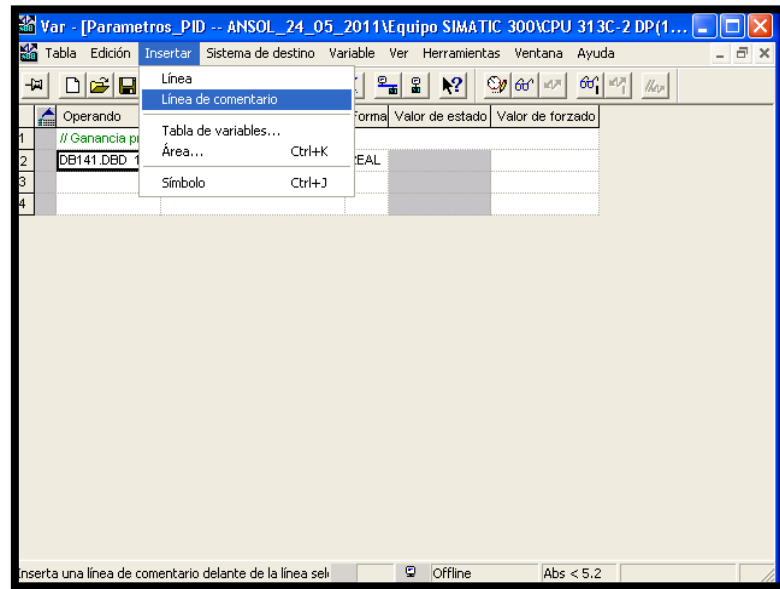


Figura D.34. Ejemplo de adicionar un comentario a la tabla de variables
Fuente: Propia

Finalmente escribir el comentario deseado y repetir el mismo procedimiento tantas veces sea necesario, hasta completar la tabla de variables que se desea.

Lo que queda es escribir en la columna de “Valor de estado” si se quiere, el valor inicial de los parámetros o la dirección asociada al mismo. Esto se puede hacer offline y online. Cada cambio que se realice Online se realiza automáticamente sin necesidad de ir cargando a cada rato.

Así que respetando la dirección y el tipo de dato de cada parámetro, se completa la tabla de variables. En la imagen D.35, se pueden ver los datos de un regulador automático, que recibe el valor PV de la función PV_PER. Se trata de un regulador del tipo PI y los datos corresponden a la regulación de nivel con el 30 % de la consigna.

Var - [PID Mailla Taula -- @PID_MAILA\SIMATIC 300(1)\CPU 314C-2 DP\...					
Tabla Edición Insertar Sistema de destino Variable Ver Herramientas Ventana Ayuda					
	Operando	Símbolo	Formato	Valor de estado	Valor de forzado
1	//B alorre digitalak PID-aren kontrolerako				
2	DB41.DBx 0.0	"DB41 Mailla"COM_RST	BOOL	false	
3	DB41.DBx 0.1	"DB41 Mailla"MAN_ON	BOOL	false	
4	DB41.DBx 0.2	"DB41 Mailla"PVPER_ON	BOOL	true	
5	DB41.DBx 0.3	"DB41 Mailla"PI_SEL	BOOL	true	
6	DB41.DBx 0.4	"DB41 Mailla"LI_SEL	BOOL	true	
7	DB41.DBx 0.7	"DB41 Mailla"DI_SEL	BOOL	false	
8	DB41.DBd 2	"DB41 Mailla"CYCLE	TIEMPO	T#20ms	T#20ms
9					
10	//Konsigna eta itxerako balore manuala				
11	DB41.DBd 6	"DB41 Mailla"SP_INT	REAL	30.0	30.0
12	DB41.DBd 16	"DB41 Mailla"MAN	REAL	50.0	50.0
13					
14	//Prozesuko baloreak Hewadaximalean eta erreallean				
15	DB41.DBd 52	"DB41 Mailla"PV	REAL	29.91898	
16	DB41.DBw 14	"DB41 Mailla"PV_PER	HEX	W#16#2C50	
17					
18	//Eregulazioko errorea				
19	DB41.DBd 96	"DB41 Mailla"ER	REAL	0.00101845	
20					
21	//PID parametroak				
22	DB41.DBd 20	"DB41 Mailla"KAIN	REAL	10.0	10.0
23	DB41.DBd 24	"DB41 Mailla"TI	TIEMPO	T#5s	T#5s
24	DB41.DBd 28	"DB41 Mailla"TD	TIEMPO	T#0ms	T#0ms
25					
26	//Ereguladorearen itxerian PID parametroen proportzioak				
27	DB41.DBd 80	"DB41 Mailla"LMN_P	REAL	0.0101845	
28	DB41.DBd 84	"DB41 Mailla"LMN_I	REAL	42.83087	
29	DB41.DBd 88	"DB41 Mailla"LMN_D	REAL	0.0	
30					
31	//Ereguladorearen itxerak, % portzentatetan eta penilerako formatoan				
32	DB41.DBd 72	"DB41 Mailla"LMN	REAL	43.64105	
33	DB41.DBw 76	"DB41 Mailla"LMN_PER	HEX	W#16#2F22	
34					

Figura D.35. Ejemplo de una tabla de variables

Fuente: Innovación en la tecnología Tknika [28]

ANEXO B

Reglas de sintonía de controladores PID

Métodos de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID

Los controladores PID son ampliamente usados en los sistemas de control industrial. Se aplican a la mayoría de los sistemas de control. Pero se aprecia más su utilidad cuando el modelo de la planta a controlar no se conoce y los métodos analíticos no pueden ser empleados.

El controlador PID recibe una señal de entrada (generalmente es el error $e(t)$) y proporciona una salida (acción de control $u(t)$.)

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{\tau_i} \int_{-\infty}^t e(t) dt + \tau_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Entonces, la función de transferencia del controlador PID es

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right)$$

Donde K_p es la ganancia proporcional, T_i el tiempo integral y T_d es el tiempo derivativo. El esquema habitual de uso del controlador PID es:

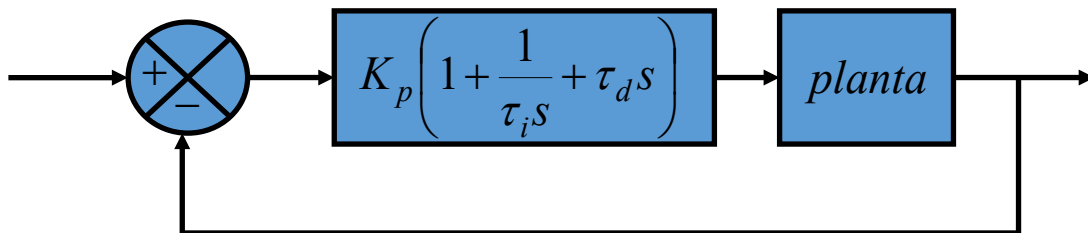


Figura1. Control PID de una planta.

Reglas de Ziegler-Nichols para sintonización de controladores PID

Ziegler y Nichols propusieron una serie de reglas para afinar controladores PID con base a una respuesta experimental. Definieron dos métodos.

Primer método. Se obtiene experimentalmente la respuesta de la planta a una entrada escalón y si la respuesta no tiene oscilaciones y además posee un retardo tal que se forma una “ese”, puede obtenerse los parámetros del controlador PID utilizando el primer método. En la figura 2 se observa la respuesta en forma de s.

Esta respuesta se caracteriza con el tiempo de atraso L y la constante de tiempo T . Y se puede aproximar por un sistema de primero orden con atraso de transporte

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1}$$

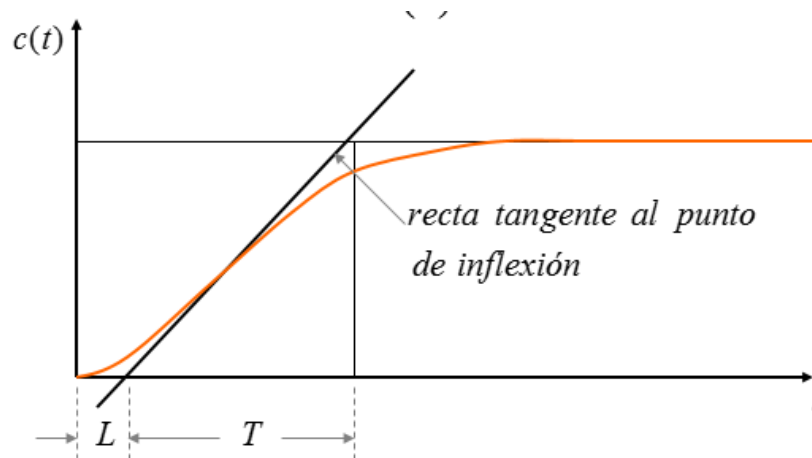


Figura 2. Curva experimental en forma de “ese”

Para obtener L y T , se traza una recta tangente al punto de inflexión de la respuesta, la intersección con el eje del tiempo y con el valor final de la amplitud forman las distancias L y T .

Con L y T , se obtienen los parámetros del controlador PID utilizando la tabla 1.

Tipo de controlador	K_p	τ_i	τ_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Tabla 1. Valores de sintonización, método uno

Segundo método. Se utiliza para sistemas que pueden tener oscilaciones sostenidas. Primero se eliminan los efectos de la parte integral y derivativa. Después, utilizando solo la ganancia K_p , haga que el sistema tenga oscilaciones sostenidas. El valor de ganancia con que se logre esto se llama ganancia crítica K_{cr} , que corresponde a un periodo crítico P_{cr} .

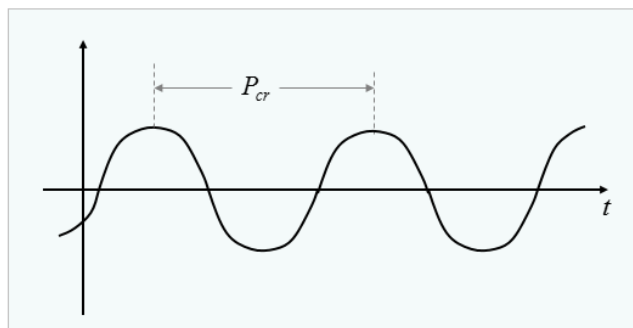


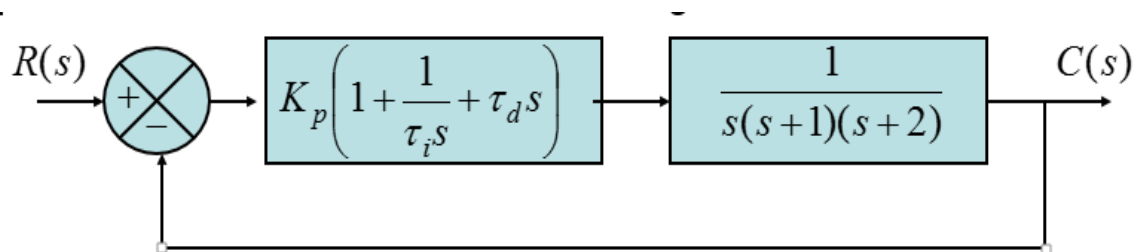
Figura 3. Oscilación sostenida

Con los valores de K_{cr} y P_{cr} se calculan los valores de los parámetros del controlador PID, utilizando la tabla 2.

Tipo de controlador	K_p	τ_i	τ_d
P	$0.5K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{2}P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

Tabla 2. Valores de sintonización, método dos

Ejemplo: Utilice las reglas de Ziegler-Nychols para encontrar los parámetros del controlador PID del siguiente sistema de control



Solución:

Como el sistema tiene un integrador, se usa el método dos. Se cancela la parte integral y derivativa del controlador. Se obtiene la función de transferencia de lazo cerrado

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K_p}{s^3 + 3s^2 + 2s + K_p}$$

De la ecuación característica se obtiene el valor de la ganancia que produce oscilaciones sostenidas

$$s^3 + 3s^2 + 2s + K_p = 0$$

$$(j\omega)^3 + 3(j\omega)^2 + 2(j\omega) + K_p = 0$$

$$-j\omega^3 - 3\omega^2 + j2\omega + K_p = 0$$

$$K_p = 6 \quad \omega = \sqrt{2}$$

El valor de ganancia es la ganancia

$$K_{cr} = 6$$

Mientras que el período crítico se obtiene de $\omega = \sqrt{2}$

$$P_{cr} = \frac{2\pi}{\omega} = 4.4428$$

Por último se calculan los parámetros del controlador PID

$$K_p = 0.6 K_{cr} = 3.6$$

$$\tau_i = 0.5 P_{cr} = 2.2214$$

$$\tau_d = 0.125 P_{cr} = 0.55536036$$

$$G_c(s) = 3.6 \left(1 + \frac{1}{2.2214s} + 0.55536s \right)$$